

2. TASARIM KRİTERLERİ

2.1. Birinci Öncelikli Tasarım Kriterleri

2.1.1. Karayolları Sınıflandırması

5539 sayılı Karayolları Genel Müdürlüğü'nün Kuruluş ve Görevleri Hakkında Kanununun 15. Maddesine göre Karayolları Genel Müdürlüğü'ne ait yollar 3 sınıfa ayrılmış ve aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır.

- **Otoyollar:** Üzerinde erişme kontrolünün uygulandığı devlet yollarıdır. Genel olarak otoyollar ücretlidir. Erişme kontrollü karayolu, özellikle transit trafiğe tahsis edilen, belirli yerler ve şartlar dışında giriş ve çıkışın yasaklandığı, yaya, hayvan ve motorsuz taşıt ve araçların giremediği ancak izin verilen motorlu taşıtların yararlandığı ve trafiğin özel kontrole tabi tutulduğu karayoludur.
- **Devlet yolları:** Önemli bölge ve il merkezlerini deniz, hava ve demiryolu istasyon, iskele, liman ve alanlarını birbirine bağlayan birinci derecede ana yollardır.
- **İl yolları:** Bir il sınıırı içinde ikinci derece öneme haiz olan ve şehir, kasaba, ilçe ve bucak gibi belli başlı merkezleri birbirlerine ve il merkezine ve komşu illerdeki yakın ilçe merkezlerine, devlet yollarına, demiryolu istasyonlarına, limanlara, hava alanlarına ve kamu ihtiyacının gerektirdiği diğer yerlere bağlayan yollardır.

Bu üç sınıfa ait yol ağları kamu yararı, Milli Savunma ihtiyaçları ve bu ağların gelişmesine tesir eden ekonomik amiller gözönünde tutulmak suretiyle Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından tespit ve Bayındırlık Bakanlığı Yüksek Fen Kurulunca incelendikten sonra, Bayındırlık Bakanının onayı halinde uygulanır. Düzeltmeler, değiştirmeler ve eklemeler de aynı usule bağlı olarak yapılır.

Bu tanımlama idari bir sınıflandırma olup çok genel olarak yolun işlevini de belirtmektedir. Ancak ülkemiz karayolu ağının hareketlilik ve erişebilirlik kavramları esasına göre detaylı işlevsel sınıflandırılmasının yapılması gereklidir. Karayolu işlevsel sınıflandırması, karayolu ağı üzerindeki tüm yolların verdiği hizmet karakterine göre gruplandırılmasıdır. Sözkonusu sınıflandırma sistemine göre karayolları standartları ve hizmet seviyeleri, inceleme altına alınan karayolunun işlevine veya trafik hacmine göre değişiklik göstermektedir. İşlevsel sınıflandırma karayolu projelendirmesi ve ulaşım planlamasına sistematik bir yaklaşım getirebilecektir. Uygulamada yol sınıfının seçiminde başlangıç ve ekonomik ömür sonundaki trafik hacmi en belirleyici unsur olarak göz önüne alınsa da yolun karayolu ağı üzerindeki konumu da önemlidir. İşlevsel sınıflandırma karayollarını hareketlilik ve erişebilirlik kriterlerine göre arterler, toplayıcı yollar ve bölgesel yollar olarak gruplandırmaktadır. Bu kapsamda arter olarak belirlenen yollarda hareket kabiliyeti arttıkça daha yüksek trafik hacmine ve yüksek standartlara ulaşılacak buna karşılık düşük trafik hacmine sahip bölgesel yollarda ise erişebilirliğe olanak sağlayan sosyal nitelikli düşük standartlara ihtiyaç duyulacaktır.

Bu çalışmada ise Karayolları Genel Müdürlüğü'nün sorumluluğundaki yollar, Tablo 2.1 de görüldüğü gibi kent dışı ve kentsel (kent geçişleri) olmak üzere iki gruba ayrılmış ve daha önce yapılan çalışmalar esas alınarak geometrik sınıflamaları yapılmıştır. Otoyollar bu El Kitabı kapsamına dahil edilmemiştir.

Tablo 2.1 – Karayolu Geometrik Sınıflaması

KENT DIŞI YOLLAR	
	Otoyollar
	Çok Şeritli Yollar
	İki Şeritli Yollar
	1.Sınıf Yollar
	2.Sınıf Yollar
	3.Sınıf Yollar
	4.Sınıf Yollar
KENTSEL YOLLAR (KENT GEÇİŞLERİ)	
	Çevre Yolları
	Çok Şeritli Yollar
	İki Şeritli Yollar
	Kent İçinden Geçen Yollar
	Çok Şeritli Yollar
	İki Şeritli Yollar

Çok şeritli yollar, her bir yöndeki trafik için en az iki şeridi bulunan, 3 km'den daha kısa olmamak koşulu ile trafiğin periyodik olarak kesintiye uğratılabileceği erişim kontrolsüz veya yarı erişim kontrollü karayollarıdır. Çok şeritli bölünmüş veya çok şeritli bölünmemiş (fiziki ayırıcı olmayıp çizgi ile bölünen) yollar olarak iki grupta ele alınacaktır.

İki şeritli yollar, herbir şeridin farklı yönlerdeki trafik akımı için tahsis edildiği, görüş mesafesi elverdiği ölçüde yavaş giden aracı geçmek için karşı şeridin kullanıldığı karayollarıdır. Geçmişte yapılan çalışmalar ve ülkemiz şartlarına uygunluğu dikkate alınarak karayolları ağının önemli bir bölümünü oluşturan iki şeritli kent dışı yollar, kendi içinde 4 sınıfta ele alınmıştır. Genel bir ilke olarak Devlet yollarının en az 1. ve 2. Sınıf, İl yollarının ise en az 3. ve 4. Sınıf yol standardında olması önerilmektedir.

Çevre yolları ve kent içinden geçen yollar yine çok şeritli yollar ve iki şeritli yollar olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Çevre yolları transit trafiğin kent içinden geçme zorunluluğu ya da ihtiyacını kaldırmak amacıyla yapılan ve kenti kuşaklayan karayollarıdır. Nüfusun çoğunun ticaret, sanayi ve yönetimle ilgili işlerle uğraşan tarımsal etkinliklerin olmadığı ve nüfusu 5000'den büyük yerler kentsel alan olarak kabul edilmiştir.

2.1.2. Topoğrafik Yapı

Karayollarının geometrik tasarımında geçilen arazinin kullanım şekli, bölgenin fiziki özellikleri ve topoğrafyası önemli bir yer kaplamaktadır. Arazi durumu, jeolojik özellikler, iklim, zemin ve drenaj durumu yatay ve düşey eksen ile enkesit özelliklerine etki etmektedir. Arazi durumu düz, dalgalı ve dağlık olarak üç grupta değerlendirilmektedir.

Düz Arazi: Düşey ve yatay eksenin oluşturulmasında engel teşkil etmeyen, düz veya çok az dalgalı arazi kesimleridir. Görüş mesafesinin yeterli olması nedeniyle, yapım zorluğu doğurmamakta ve önemli maliyetler gerektirmemektedir.

Dalgalı Arazi: Düşey ve yatay eksenin tasarımında bazı kısıtlamalar getiren, dalgalı, tepelik, orta derecede alçalma ve yükselmenin olduğu yüksek tepelerin nadiren yer aldığı arazi kesimleridir.

Dağlık Arazi: Güzergah belirleme ve tasarımında ciddi olarak kısıtlamaların ortaya çıktığı, uzun dik eğimler ve sınırlı görüş mesafesine yol açan arızalı, tepelik ve dağlık arazi kesimleridir. Boyuna ve enine yükseklik değişimleri çok fazla olup, uygun yatay ve düşey eksen sağlayabilmek için kademeli (palyeli) yamaç kazılarına sıklıkla gerekliliktedir.

2.1.3. Trafik Akımının Temel Özellikleri

Trafiği tanımlamak için kullanılan üç temel değişken

- Hacim veya Akım Oranı
- Hız
- Yoğunluk

olarak ele alınacaktır.

2.1.3.1. Hacim-Akım Oranı

Hacim ve akım oranı belli bir zaman periyodu içinde yolun belli bir kesiminden veya noktasından geçen trafik miktarının ölçümüdür.

Hacim: Verilen bir süre içerisinde belirlenen bir yol kesiminden veya noktasından geçen toplam taşıt sayısıdır. Yıllık, günlük, saatlik veya 15 dakikalık periyotlarla ifade edilebilir.

Yıllık Ortalama Günlük Trafik (YOGT): Toplam yıllık trafik hacminin bir yıldaki gün sayısına bölünmesiyle elde edilir. Ancak, bütün yol kesimlerinde sürekli sayım imkanı olmadığından YOGT değeri mevsimlik sayımlardan ve örtü sayımlarından belli bir hata oranı kabul edilerek hesaplanmaktadır.

Akım Oranı: Belirli bir yol kesiminden veya noktasından bir saatten daha kısa süre içinde (genellikle 15 dakika) geçen taşıt sayısının saatlik olarak ifadesidir. Hacim ve akım oranı arasındaki fark önemlidir.

Hacim belirlenen bir zaman aralığında gözlenen veya tahmin edilen gerçek taşıt sayısıdır. Akım oranı ise bir saatten daha az bir zaman aralığında o noktadan geçen taşıt sayısının saatlik eşdeğeri olarak ifade edilir.

Zirve Saat Faktörü: En yüksek saatlik trafik hacminin aynı saat içinde verilen bir zaman periyodundaki maksimum akım değerine oranıdır.

K-Faktörü: Yıl içinde gözlemlenen en yüksek saatlik trafik hacminin (10.,20.,30.,50., veya 100.saat) yıllık ortalama günlük trafiğe göre değişimi k-faktörü olarak ifade edilir. Genel olarak 30. en yüksek saat trafiği, zirve saat olarak kabul edilir. YOGT artarken K-Faktörü genellikle azalmaktadır. En yüksek K-faktörü genellikle rekreasyon alanlarındaki yollarda meydana gelir. Bunu kırsal, kent girişi (banliyö) ve kentsel yollar takip eder. K-Faktörü sınır değerleri Tablo 2.2 de verilmektedir.

Tablo 2.2 – K-Faktörü Sınır Değerleri

Yol Tipi	K Faktörü
Kent dışı	0,12 - 0,25
Kent girişi (geçişi)	0,10 - 0,13
Kent içi	0,07 - 0,10

Trafik Kompozisyonu: Trafikte seyir halindeki araçlar sahip oldukları farklı boyut ve ağırlıklara göre işletme özellikleri gösterirler. Ağır taşıtlar daha yüksek fiziki ağırlıklarının yanı sıra otomobillerden daha yavaş hareket edip daha fazla yer işgal ederler. İşletme özelliklerinin aynı birimle ifade edilebilmesi için ağır taşıtlar binek otomobil eşdeğeri cinsinden dikkate alınır. Eşdeğer binek otomobil sayısı, eğime ve geçiş görüş uzaklığına bağlı olarak değişir. Bu nedenle toplam trafik içindeki ağır taşıt oranı, yolun kapasitesinin belirlenmesinde önemli bir faktördür.

Trafik Tahminleri: Yeni bir karayolu yapımı yada iyileştirilmesinde, mevcut trafik hacminin yanında projenin ömrü boyunca taşıyabileceği trafiğin tahmin edilmesi esastır. Proje ömrü genellikle 20 yıl olarak kabul edilir.

2.1.3.2. Hız

Hız, seyahat edenlerin alternatif güzergah veya taşıma modu seçerken dikkate aldıkları en önemli faktördür. Yeni bir karayolu, yol kullanıcıları tarafından zaman, uygunluk ve tasarruf edilen para açısından değerlendirilir.

Taşıtların hızları, sürücülerin yeteneğinin ve araçlarının özelliklerinin yanında karayolunun fiziksel özelliklerine, yol kenarından yapılan müdahale oranlarına, hava durumuna, diğer taşıtların varlığına ve hız limitlerine bağlıdır.

Kamu tarafından kullanılacak herhangi bir mühendislik yapısının tasarımından beklenen hizmet, güvenli ve ekonomik bir şekilde karşılanmalıdır. Bu nedenle karayolunun tasarım hızı sürücülerin çoğunluğunun talebine cevap vermelidir. Tasarımın düşük oranda aşırı hız yapan sürücülerini dikkate alınarak yapılması ekonomik değildir. Bu amaçla herhangi bir yoldaki tasarım hızı belirlenirken o yola veya benzer yola ait işletme hızları, %85'lik hızlar ve seyahat hızlarının belirlenmesi önem taşımaktadır.

2.1.3.3. Yoğunluk

Belli bir anda belirli bir yol veya şerit uzunluğunu işgal eden taşıt sayısıdır. Yoğunluk kesintisiz akım için kritik bir parametredir. Çünkü yoğunluk trafik işletmelerinin kalitesini gösterir. Yoğunluk bir aracın değerine olan yakınlığını belirtir ve trafik akışı içinde manevra yapma serbestliğini ifade eder. Bu özellikleri ile yoğunluk çok şeritli yollardaki hizmet seviyesini tayin eden belli başlı kriter durumundadır.

2.2. İkinci Öncelikli Tasarım Kriterleri

2.2.1. Tasarım Hızı

Tasarım Hızı, karayolunun çeşitli geometrik elemanlarının belirlenmesi ve boyutlandırılmasında etkili olup, yatay kurp, dever, görüş mesafesi gibi enkesit elemanlarının tasarımı ile doğrudan bağlantılıdır. Şerit genişliği, banket genişliği ve yanal açıklıklar gibi diğer elemanların tasarımı ise Tasarım Hızı ile doğrudan bağlantılı olmasa da taşıt hızlarını etkilemektedir. Yol sınıflarına göre tasarım hızları Tablo 2-3'de verilmektedir.

Karayolunun yatay ve düşey eksenini, standardı, arazi ve trafik durumunun sürücü tarafından farkedilmesi tasarım hızı ile direkt bağlantılıdır. % 85'lik hız, yolun belirli bir noktasında veya kesiminde seyir eden araçların % 85'inden daha azının sürüş hız dağılımlarının maksimum değeridir. Yoldan çıkma türü kazaların yoğun olduğu yatay kurplarda kaza riskini azaltmak amacıyla minimum yatay kurp yarıçapının ve duruş görüş mesafesinin hesaplanmasında aşağıda belirtilen V_{85} hızları kullanılır.

$$\begin{aligned} V_{85} &= V_t + 10 \text{ km/s} & V_t &\geq 100 \text{ km/s} \\ V_{85} &= V_t + 20 \text{ km/s} & V_t &< 100 \text{ km/s} \\ V_t &= \text{tasarım hızı (km/s)} \end{aligned}$$

Tablo 2.3 – Tasarım Hızları

Karayolu Geometrik Sınıflaması		Tasarım Hızları (km/saat)						
		Düz		Dalgalı		Dağlık		
Kent Dışı Yollar	Çok Şeritli Yollar		100	90	90	80	80	60
	İki Şeritli Yollar	1. sınıf	100	80	80	70	70	60
		2. sınıf	80	70	70	60	60	40
		3. sınıf	70	60	60	50	50	30
		4. sınıf	50	40	40	30	30	20
Kentsel Yollar (Kent Geçişleri)	Çevre Yolları	Çok Şeritli	100	60	80	60	80	60
		İki Şeritli	90	60	80	60	60	50
	Kent İçinden Geçen Yollar	Çok Şeritli	80	60	70	50	60	40
		İki Şeritli	70	50	60	30	60	30

2.2.2. Tasarım Taşıtı

Trafikte hakim taşıt tipinin yol ile uygunluğunu sağlamak amacıyla taşıtların boyutları, ağırlıkları, işletme özellikleri ve trafikteki yoğunluğu dikkate alınarak belirlenen tasarım taşıtı, tasarım kriterlerinden birisidir. Karayolları tasarımına etki eden en önemli taşıt özellikleri ön-dış tekerin minimum dönüş yörüngesi, iç-arka tekerin çizdiği yörünge ve dingil mesafesidir. Taşıtlar, yol güvenliğinin temel elemanlarından biri olup, sahip oldukları karakteristik özellikleri ile performansları, güvenli yol tasarım ilkelerinin belirlenmesinde etkin bir rol oynamaktadır.

2.2.2.1. Tasarım Taşıtları ve Boyutları

Yolların tasarımı için taşıt tasarım boyutları ve minimum dönüş yarıçapları Tab. 2.4'de verilmekte olup, bazı taşıtların boyutları Şek. 2.1'de görülmektedir. Ancak taşıtların boyutları birbirinden çok farklı olsa da güvenli yol tasarımları için tasarım taşıtının genişliği 2,55 m ve yüksekliği 4,00 m olarak alınıp şerit genişliği ve gabari yükseklikleri belirlenmektedir.

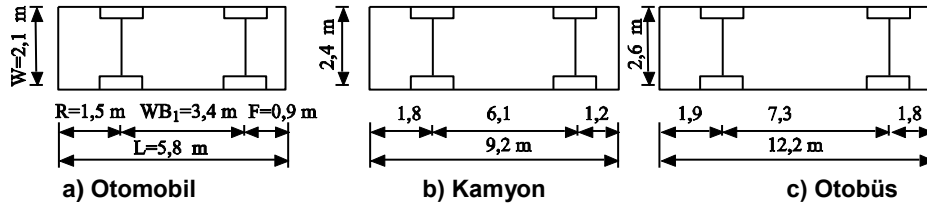
Tablo 2.4 – Tasarım Taşıtları ve Boyutları

Tasarım Taşıt Tipi	Sembol	Boyutlar (m)								Minimum tasarım dönüş yarıçapı
		Boyutlar			Asılı Kısım		Dingil Mesafesi			
		H	W	L	F	R	WB ₁	WB ₂	WB ₃	
Otomobil	P	1,3	2,1	5,8	0,9	1,5	3,4	-	-	7,3
Kamyon	SU	3,4-4,1	2,4	9,2	1,2	1,8	6,1	-	-	12,8
Otobüs	BUS-12	3,7	2,6	12,2	1,8	1,9	7,3	1,1	-	13,7
Körüklü otobüs	A-BUS	3,4	2,6	18,3	2,6	3,1	6,7	5,9	-	12,1
Treyler (orta)	WB-12	4,1	2,4	13,9	0,9	0,8	3,8	8,4	-	12,2
Treyler (büyük)	WB-15	4,1	2,6	16,8	0,9	0,6	4,5	10,8	-	13,7
Treyler (büyük)	WB-19	4,1	2,6	20,9	1,2	0,8	6,6	12,3	-	13,7
Treyler (3 kasalı)	WB-20D	4,1	2,6	22,4	0,7	0,9	3,4	7,0	7,0	13,7
Treyler	WB-33D	4,1	2,6	34,8	0,7	0,8	4,4	12,2	13,6	18,3
Karavan	MH	3,7	2,4	9,2	1,2	1,8	6,1	-	-	12,2
Oto + treyler	P/T	3,1	2,4	14,8	0,9	3,1	3,4	-	-	10,1
Oto + bot	P/B	-	2,4	12,8	0,9	2,4	3,4	-	-	7,3
Karavan + bot	MH/B	3,7	2,4	16,2	1,2	2,4	6,1	-	-	15,2
Traktör	TR	3,1	2,4-3,1	4,9	-	-	3,1	2,7	-	-

H : Yük., W : Gen., L : Uzun., F : Öndeki asılı kısım, R: Arkadaki asılı kısım, WB: Dingiller arası mesafe

Kaynak:AASHTO*

*: A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 2001



Kaynak: AASHTO,2001

Şekil 2.1- Bazı Taşıtların Tasarım Boyutları

Taşıtların maksimum genişliği 2.6 m iken maksimum yüksekliği 4.1 m dir. Uzunlukları ise birbirlerinden çok farklıdır. Ülkemizde kullanılan taşıt boyutları için Karayolları Trafik Yönetmeliği 128. Maddesinde belirtilen ölçüler tasarımda dikkate alınmalıdır. Tab. 2.4’de görülen minimum tasarım dönüş yarıçapı çok yavaş hareket eden (genellikle 15 km/sa hızdan daha az) araçlar için kullanılmaktadır. Daha yüksek hızlar için dinamik etkiler gözönüne alınacağından aracın minimum tasarım dönüş yarıçapı gözönüne alınmaz. Ancak U-dönüş, park sahaları, vb. yerlerde minimum tasarım dönüş yarıçapları kullanılabilir. Kurplarda yüksek hızlarda dönüş yapan araçlar için minimum dönüş yarıçapı aşağıdaki gibi belirlenir.

$$R = \frac{0.0079 V_t^2}{e + f} \quad (2.1)$$

R : Yatay kurp yarıçapı, metre

V_t : Tasarım hızı, km/sa

e : Dever miktarı, % veya metre/metre

f : Yanal sürtünme katsayısı (50 ila 80 km/sa için 0.16 ila 0.14, 80 ila 110 km/sa için 0.14 ila 0.10 arasında değişir)

Araçların dönme karakteristiği şablon olarak Şek. 2.2’de verilmiş olup tasarımlarda araçların bu dönüş yarıçapları esas alınır.

Karayolları Trafik Yönetmeliğinin 128. Maddesine göre ülkemizde araçların boyutları ve ağırlıkları aşağıdaki gibi olmalıdır.

a- Azami genişlik..... : 2.55 metre,
Frigorifik araçlarda yalnız frigorifik yapı genişliği: 2.60 metre,

b-Azami yükseklik : 4.00 metre,

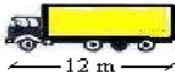


Y
Ü
K
S
E
K
L
İ
K
4 m.

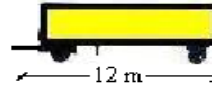
GENİŞLİK : 2.55 m.

Frigorifik araçlarda
frigorifik yapı genişliği
2.60 m.

c- Azami uzunluklar



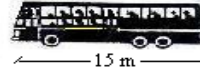
-Otobüs dışındaki diğer motorlu araçlarda: 12.00 m.



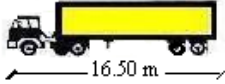
-Römorklarda : 12.00 m.



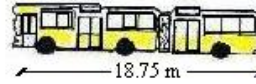
-İki dingilli otobüslerde : 13.50 m.



-İkiden çok dingilli otobüslerde:15.00 m.



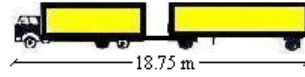
-Yarı römorklu araçlarda: 16.50 m.



-Mafsallı (Körüklü) otobüslerde: 18.75 m.



-Römorklu otobüslerde : 18.75 m.



-Römorklu araçlarda : 18.75 m.

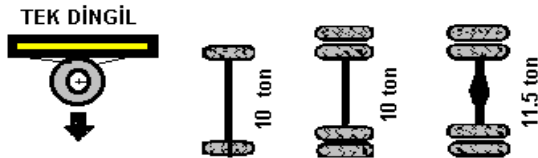
değerlerini geçemez.

d-Azami ağırlıklar :

1-Tek dingilde en çok;

-Tahriksiz tek dingilde: 10 ton,

-Tahrikli tek dingilde: 11.5 ton,



2-İki dingilli aks grubu ağırlığı en çok ;

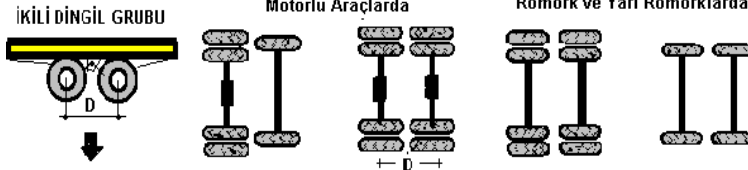
-Motorlu araçlarda aks grubu ağırlığı ;

-Dingiller arası mesafe 1 m' den az ise ($1m < d$): 11,5 ton,

-Dingiller arası mesafe 1 m ile 1.3 m arası ise ($1m \leq d < 1.3 m$) : 16 ton,

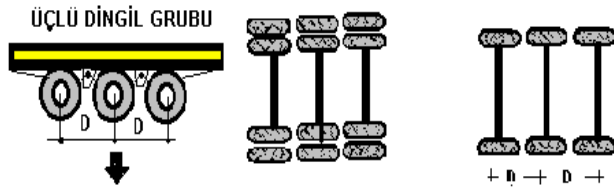
-Dingiller arası mesafe 1.3 m ile 1.8 m arasında ise ($1.3 m \leq d < 1.8m$): 18 ton,

-Dingiller arası mesafe 1.3 m ile 1.8 m arası ise (TOY' deki şartlarla) (").: 19 ton,



-Römork ve yarı römorklarda aks grubu ağırlığı en çok ;

- Dingiller arası mesafe 1 m 'den az ise ($d < 1$ m) : 11 ton,
- Dingiller arası mesafe 1 m ile 1.3 m arası ise ($1m \leq d < 1.3m$)..... : 16 ton,
- Dingiller arası mesafe 1 m ile 1.3 m arası ise ($1.3m \leq d < 1.8m$) : 18 ton,
- Dingiller arası mesafe 1.8 m 'den büyük ise ($1.8 m \leq d$) : 20 ton,

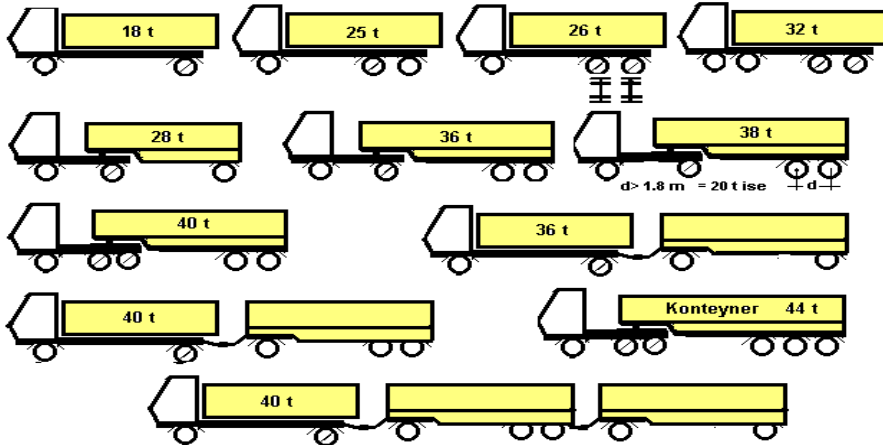


-Üç dingilli aks grubu ağırlığı en çok ;

- Dingiller arası mesafe 1 m veya daha az ise ($d \leq 1.3$ m) : 21 ton,
- Dingiller arası mesafe 1.3 m ile 1.4 m arasında ise ($1.3 m < d \leq 1.4$ m) ... : 24 ton,

3-Toplam ağırlıklar en çok ;

- İki dingilli motorlu araçlarda ve römorklarda : 18 ton,
- Üç dingilli motorlu araçlarda : 25 ton,
- Üç dingilli motorlu araçlarda (TOY 'deki şartlarla *) : 26 ton,
- (*) Tahrikli dingil çift lastik ile donatılmış ve havalı süspansiyon sistemine sahip ise veya her bir tahrikli dingil çift lastikli ve her bir dingilin azami yükü 9.5 tonu aşmaz ise.
- Üç dingilli yarı römorklu araçlarla,mafsallı otobüs : 28 ton,
- Dört dingilli motorlu araçlarda : 32 ton,
- Dört dingilli yarı römorklu araçlarda : 36 ton,
- Dört dingilli yarı römorklu araçlarda,
yarı römork dingil grubu ağırlığı 20 ton olan araçlar : 38 ton,
- Beş veya daha çok dingilli yarı römorklu
veya römorklu katarlarda : 40 ton,
- Konteyner taşıyan yarı römorklu araçlarda (ISO Konteynerli 3 - S 2 / 3) : 44 ton,



2.2.2.2. Taşıtların Hızlanma Özellikleri

Taşıtların hızlanma özellikleri aşağıda belirtilen amaçlar için gereklidir.

- Öndeki aracı geçmek için gerekli mesafenin tayini
- Kavşağı geçmek için gerekli sürenin tayini
- Yavaşlama/hızlanma şeritlerinin tasarımı

Taşıtların hızlanma performansı ağırlık/güç oranına bağlı olarak değişir. Diğer bir ifade ile sabit bir güce sahip olan bir aracın ağırlığı ne kadar az ise hızlanma yeteneğide o kadar fazla olacaktır. Şek. 2.3’de otomobiller için belirli bir başlangıç hızından istenilen bir hıza erişmesi için alınan hızlanma veya yavaşlama mesafeleri tayin edilebilir. Otomobillerin ivmesi 1.83 - 2.74 m/san² ve kamyonların ivmesi ise 0.61-0.91 m/san² dir. Motor gücü, hız ve yolun eğimi gibi üç faktör hızlanma üzerinde etkin bir rol oynamaktadır. Araçların ivmesi düşük hızlarda maksimum iken hız arttıkça bir miktar azalmaktadır.

2.2.2.3. Taşıtların Frenleme Özellikleri

Taşıtların frenleme özellikleri aşağıdaki faktörlere bağlıdır.

- Teker ile kaplama arasındaki sürtünme kuvveti
- Yolun boyuna eğimi

Genel olarak sürtünme katsayısı/sürtünme kuvveti, lastik tipi ve aşınma derecesi kaplamanın tipi ve ıslaklığı, aracın frenleme gücü, vb. hususlara bağlı olarak değişir. Frenleme ile ilgili olarak aşağıdaki hususlar gözönüne alınmalıdır.

- Sürtünme direnci aşırsa kayma meydana geleceğinden, frenleme veya yavaşlama ivmesi, kaplama ile lastik arasındaki sürtünme direncinden daha fazla olamaz.
- Ani frenleme yapıldığında aracın fren sistemi tekerleri kilitleyerek aracın kızaklama yapmasına neden olur. Bu esnada kaplamada fren izleri oluşur ve kaymanın etkisi ile araç yavaşlar. Eğer kızaklama etkisi çok fazla olursa araç zig zag yaparak hareket eder. Son yıllarda ABS (Anti-Block System- Kızaklamayı önleyici sistem) fren sistemine sahip araçların ve dört çekerli (her iki aksda da tahrik kuvveti olan) araçların üretilmesi ile bu sakıncalar en aza indirilmiştir.
- Frenleme sırasında motorun kiletlenmesi ile oluşan motor direnci aracın yavaşlamasına neden olur. Ayrıca aracın yuvarlanma ve hava direncide yavaşlamaya etki eden unsurlardır.

Frenleme mesafesi For. 2.2 ile hesaplanacaktır.

$$d_b = \frac{V_i^2 - V_f^2}{254(f \pm g)} \quad (2.2)$$

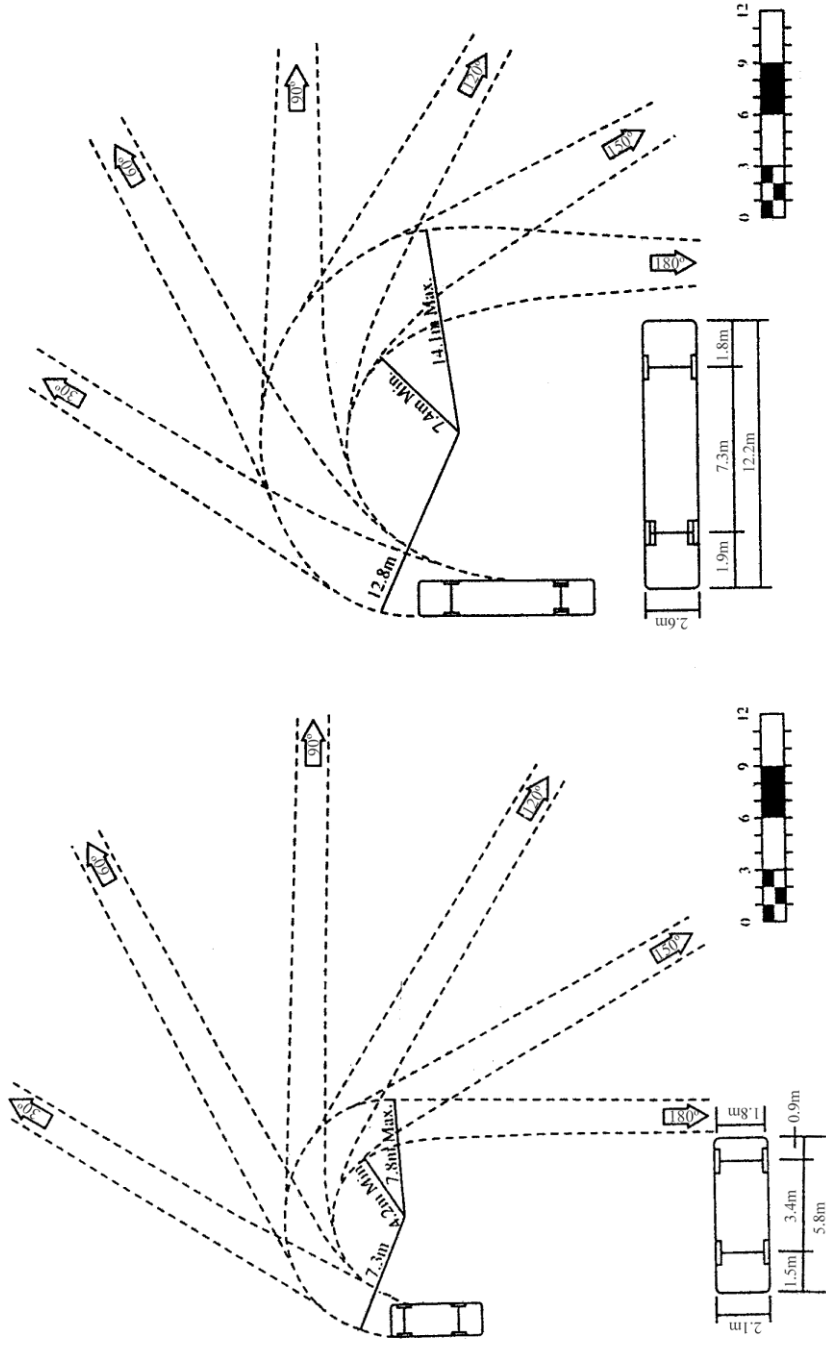
d_b : Frenleme mesafesi, m

V_i : Aracın başlangıç hızı, km/sa

V_f : Aracın nihai hızı, km/sa (Durma için sıfır)

f : Teker ile kaplama arasındaki sürtünme katsayısı (Tab. 2-5)

g : Eğim, (%);Yokuş yukarı (+) ve yokuş aşağı (-)

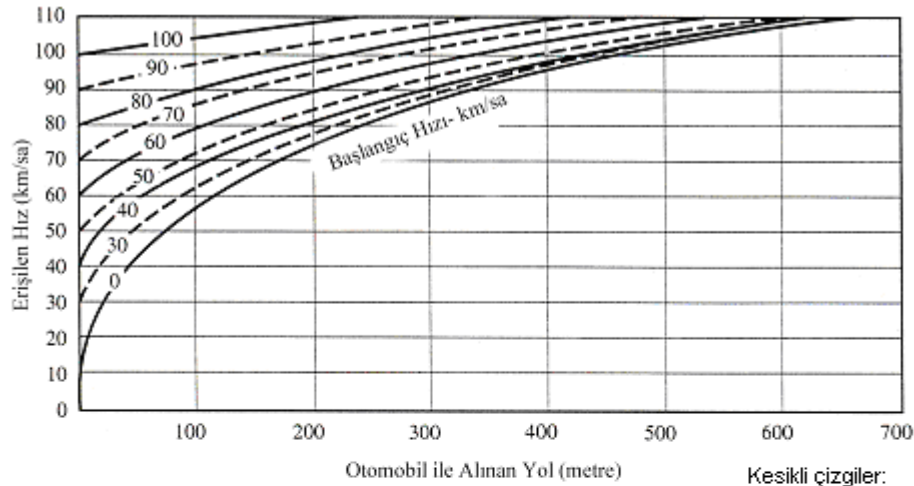


a- Otomobil için min dönüş yörüngesi
 b- Otobüs için min dönüş yörüngesi
 Şekil 2.2 – Otomobil ve kamyonun minimum dönüş eğrileri. Kaynak AASHTO, 20001

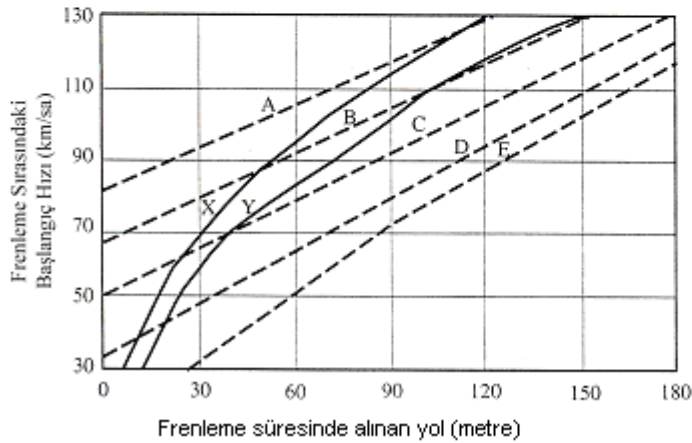
Tablo 2.5-Taşıtların hızına göre Sürtünme Katsayıları

Hız (km/sa)	Sürtünme katsayısı (f)
30	0.40
40	0.38
50	0.35
60	0.33
70	0.31
80	0.30
90	0.30
100	0.29
110	0.28
120	0.28

Kaynak: AASHTO, 1994



a- Düz eğimli yolda otomobilin hızlanması



b- Kavşağa yaklaşan otomobil için yavaşlama mesafesi

Kesikli çizgiler:

konforlu bir
yavaşlamada frenleme
sonundaki hız
A= 80 km/sa
B= 60 km/sa
C= 50 km/sa
D= 30 km/sa
E= 0 km/sa

Dolu çizgiler:

Max. frenleme altında
minimum durma
mesafesi
(sert yavaşlama)

X= Kuru kaplama
Y= Yaş kaplama

Şekil 2.3 – Otomobillerin Hızlanma ve Yavaşlama Eğrileri

Kaynak: AASHTO, 2001

2.2.3. Kapasite ve Hizmet Seviyesi

Karayollarının planlama, tasarım ve işletilmesinde araç trafiği ile uyum sağlanması en önemli gereksinim ve kılavuздur. Kapasite hakim yol ve trafik koşulları altında belirli bir zaman içinde belirli bir şerit veya yol kesiminden geçebilen maksimum saatlik trafik hacmidir. Bu bölüm kapsamındaki çalışmalarda Karayolu Kapasitesi El Kitabından (Highway Capacity Manual-2000) faydalanılmıştır.

2.2.3.1. Hizmet Seviyesi

Bir trafik akımının, genellikle hız ve seyahat süresi, manevra serbestliği, trafik kesintileri ile konfor ve uygunluk açılarından işletme koşullarını tanımlayan bir kalite ölçüsüdür. Hizmet seviyesi A ile F arasında olmak üzere 6 farklı seviyede tanımlanmaktadır. A hizmet seviyesi en iyi işletme koşullarını F hizmet seviyesi ise en kötü işletme koşullarını göstermektedir.

Çok şeritli karayolları'nın hizmet kalitesinin ölçülebilmesi için yoğunluk, hız ve hacim/kapasite oranı olmak üzere üç adet performans kriteri mevcuttur. Bu üç kriter birbiri ile bağlantılı olup, herbir şerit için kilometreye düşen otomobil sayısı olarak tanımlanan yoğunluk en önemli performans kriteridir. Bu kapsamda çok şeritli yollar için ideal koşullar altında hizmet seviyesi özellikleri Tab. 2.6'da verilmektedir. İdeal koşullar ise çok şeritli karayolları için aşağıda özetlenmektedir.

- Minimum şerit genişliği 3.60 m.'dir
- Seyehat yönündeki iç ve dış banket toplamı minimum 3.60 m.'dir. İç ve dış banketin 1.80 m.'den büyük olması durumunda bu genişlik 1.80 m. olarak alınır.
- Trafik akımı sadece otomobillerden oluşmaktadır.
- Yol platformu boyunca direkt erişim noktaları bulunmamaktadır.
- Bölünmüş bir yol niteliği vardır.
- Serbest akım hızı 100 km/saat' ten daha fazladır.

Ulaşım hiyerarşisindeki yeri ve konumuna göre iki şeritli karayolları, hareketlilik ve erişebilirlik olarak ifade edilebilecek fonksiyonları yerine getirirler. Bu yollarda verilen hizmet kalitesinin ölçülebilmesi için takipte harcanan zaman yüzdesi ve ortalama seyahat hızı olmak üzere iki adet performans kriteri mevcuttur. İki şeritli ana akslarda hareketliliğin ön planda olması nedeniyle hizmet seviyesi kriteri olarak, takipte harcanan zaman yüzdesi ve ortalama seyahat hızı, yerel güzergahlarda (kasaba ve köy yolları gibi) ise erişebilirlik öncelikli olması nedeniyle, takipte harcanan zaman yüzdesi önemlidir. Tab. 2.7'de hizmet seviyeleri tanımları maksimum akım oranı, ortalama hız ve takipte harcanan zaman yüzdesine göre verilmektedir. Ayrıca, Tab. 2.7'de verilen değerler karayolunun geometrik standartlarında, yol ve trafik koşullarındaki herhangi bir kısıtlamanın olmadığı aşağıda verilen ideal koşullara göre belirlenmiştir. Uygulamada düzeltme faktörleri yardımı ile ideal koşullara göre ayarlamalar yapılarak hizmet seviyesi belirlenmelidir. İki şeritli karayollarında ideal şartlar;

- Şerit genişliği 3.60 m. veya daha fazla,
- Banketler 1.80 m.ye eşit veya daha fazla, görüş açık ve temiz (herhangi bir fiziksel engel yok),
- Geçiş yapılamayan bölge olmamalı,
- Taşıtlar tümüyle otomobillerden oluşmalı,
- Arazi tümüyle düz,
- Düz giden trafiği engelleyecek trafik kontrolü veya dönen trafik gibi birtakım engellerin olmadığı gözönüne alınacaktır.

İki yönlü akımın analizi için yoldaki trafiğin 50/50 oranında her iki yöne dağıldığı temel koşul olarak kabul edilir. Kırsal iki şeritli karayollarındaki yönsel dağılımın tamamı 50/50' den 70/30' a kadar dağılım gösterebilir. Rekreasyon alanlarındaki yollarda yönsel dağılım, zirve zamanları veya tatil dönemlerinde 80/20 oranına veya daha yüksek oranlara kadar çıkabilir.

Tablo 2.6- Çok Şeritli Karayolları için Hizmet Seviyesi Özellikleri

Serbest Akım Hızı SAH	Kriterler	Hizmet Seviyesi (HS)				
		A	B	C	D	E
100 km/saat	Max.Yoğunluk (oto./km/şerit)	7	11	16	22	25
	Ort.hız(km/saat)	100.0	100.0	98.4	91.5	88
	Max. (v/c)	0.32	0.50	0.72	0.92	88.0
	Max.servis akım oranı (oto./saat/şerit)	700	1100	1575	2015	2200
	Max.Yoğunluk (oto./km/şerit)	7	11	16	22	25
90 km/saat	Ort.hız(km/saat)	90.0	90.0	89.8	84.7	80.8
	Max. (v/c)	0.30	0.47	0.68	0.89	1.00
	Max.servis akım oranı (oto./saat/şerit)	630	990	1435	1860	2100
	Max.Yoğunluk (oto./km/şerit)	7	11	16	22	25
	Ort.hız(km/saat)	80.0	80.0	80.0	77.6	74.1
80 km/saat	Max. (v/c)	0.28	0.44	0.64	0.85	1.00
	Max.servis akım oranı (oto./saat/şerit)	560	880	1280	1705	2000
	Max.Yoğunluk (oto./km/şerit)	7	11	16	22	25
	Ort.hız(km/saat)	70.0	70.0	70.0	69.6	67.9
	Max. (v/c)	0.26	0.41	0.59	0.81	1.00
70 km/saat	Max.servis akım oranı (oto./saat/şerit)	490	770	1120	1530	1900

a) Yuvarlatılmış değerler kullanılmadığından HS sınırında her zaman yoğunluk ve (v/c) arasında tam matematiksel bir ilişki devam etmez. Yoğunluk, HS' nin birinci belirleyici etkenidir. F Hizmet Seviyesi yüksek karasızlık ve değişken bir akımı nitelemektedir. Doğru bir akım oranı, yoğunluk ve hızın önceden kestirilmesi F-HS' de oldukça güçtür.

b) Hizmet seviyeleri:

A - HS: Tamamen serbest akım koşullarını ifade eder. Taşıtların çalışması hemen hemen diğer taşıtların varlığından hiç etkilenmez ve işletme sadece karayolunun geometrik yapısı ve sürücü tercihleri ile engellenir. Trafik akımı içindeki manevra kabiliyeti yüksek seviyededir. Trafik içindeki önemsiz aksamalar, seyahat hızında önemli bir değişiklik oluşturmadan telafi edilir.

B - HS: Diğer taşıtların varlığı belirgin olmasına rağmen serbest akım özellikleri halen devam eder. Ortalama seyahat hızı A hizmet seviyesindeki ile aynıdır. Fakat, sürücüler A hizmet seviyesinden daha az manevra serbestliğine sahiptir. Hizmet seviyesinde meydana gelen lokal kötüleşmeler daha belirgin olsa da, küçük aksamalar hala absorbe edilir.

C - HS: Trafik yoğunluğunun etkisi dikkat çekmeye başlamıştır. Trafik akımı içindeki manevra kabiliyeti belirgin şekilde diğer araçlardan etkilenir. Yaklaşık 80 km/saat' lik serbest akım hızına (FFS) sahip çok şeritli bir karayolunda, seyahat hızları biraz azalır. Küçük aksamalar servis kabiliyetinde ciddi lokal problemlere sebep olur ve herhangi bir trafik akşamaları arkasında kuyruklar oluşturur.

D - HS: Manevra kabiliyeti trafik tıkanıklığından dolayı büyük oranda sınırlanmıştır. Seyahat hızı, artan trafik hacmi sebebiyle azalmıştır. Yalnızca büyük derecede olmayan kuyruk oluşumları, servis kabiliyetindeki bozulmalar ve önemsiz aksamalar absorbe edilir.

E - HS: Kapasite sınırına yakın veya kapasite sınırında karasız seviyedeki bir işletme koşullarını yansıtır. Yoğunluklar SAH' ye bağlı olarak değişmektedir. Taşıtlar üniform akımı devam ettirmek için minimum boşluklar bırakarak hareket ederler. Aksaklıklar, kolaylıkla yok edilemez. Sık sık kuyruk oluşumları sebebiyle F hizmet seviyesine düşülmüştür. 70-100 km/saat arasındaki FFS' ye sahip çok şeritli karayollarının büyük kısmı için, otomobillerin kapasite sınırındaki ortalama hızları 68' den 88 km/saat' e çıkar. Fakat, hızlardaki bu yüksek değişkenlik önceden belirlenemez.

F - HS: Zorlamalı veya durgun akım durumunu yansıtır. Tahmini talep planlanan bir yerdeki hesaplanan kapasiteyi aştığında veya araçlar o kesimi boşalttığına elde edilen orandan daha büyük bir orana ulaşıldığında bu hizmet seviyesi ortaya çıkar. Bu noktalardaki işletme koşullarına rağmen (ve aşağı iş kesimlerinde) bu bozulmaların arkasında oluşan kuyruklar, kapasite sınırında bulunulduğunu ortaya koyar ve kuyrukların içinde bulunan işletme koşulları yüksek oranda karasızlık gösterir. Kuyruklar içindeki seyahat hızları genellikle 48 km/saat' ten daha düşüktür. İlave olarak, kuyruk oluşumları içinde bulunan işletme koşulları ve durma noktasının her ikisi de, F hizmet seviyesini tanımlamak için kullanılabilir.

Tablo 2.7- İki Şeritli Yollarda Hizmet Seviyesi Özellikleri

Hizmet Seviyesi	Ortalama Hız km/sa	Takipte Geçen Zaman Yüzdesi	Maksimum Akım Oranı oto/sa	Trafik özellikleri
A En Yüksek	90 ve üstü	35~40	490	Trafik Yoğunluğu az dolayısıyla serbest akım hali vardır. Diğer Taşıtların varlığından dolayı manevra imkanlarında kısıtlama yok denecek kadar azdır.
B Yüksek	80	50~55	780	Trafik akımı kararlı akım görünümündedir. Hız, sollama vb. hususlarda sürücü davranışlarındaki serbestlik makul bir ölçüdedir.
C Orta	70	65~70	1190	Kararlı akım olmakla beraber hız ve manevra imkanları trafik yoğunluğundan daha çok etkilenir. Sürücülerin kendi hızlarını seçmede veya öndeki taşıtı geçmedeki serbestlikleri kısıtlanmıştır.
D Düşük	60	80~85	1830	Trafik akımı kararsız akıma yakındır. Sürücülerin manevra serbestlikleri az, konfor düşük fakat kısa mesafeler için kabul edilebilir ölçülerdedir.
E En Düşük	<=60	>=85	3200	Trafik akımında kararsızlık vardır ve kısa süreli duraksamalar görülebilir. Yol kapasitesinde veya kapasiteye yakın hacimde çalışır.
F Yetersiz	Yolun Kapasitesi dolmuştur.			Trafik hacmi yolun kapasitesini aşmıştır ve zorlamalı akım söz konusudur. Sık sık kısa ve uzun süreli duraksamalar görülebilir.

Kaynak: (Highway Capacity Manual 2000)

Karayolları Tasarım El Kitabı kapsamında Karayolları Genel Müdürlüğü sorumluluk alanındaki yol ağı kent dışı ve kentsel (kent geçişleri) yollar olmak üzere iki grupta değerlendirilmektedir. Yol sınıflarına ve arazi durumuna göre hizmet seviyeleri kent dışı ve kentsel (kent geçişi) yollar için Tab. 2.8 ve Tab. 2.9’da verilmektedir. Bu hizmet seviyeleri tavsiye niteliğinde olup tasarım trafiğine ve yolun hizmete gireceği yılın trafik tahminine göre planlama kararı olarak değerlendirilmelidir.

Tablo 2.8 – Kent Dışı Yollar Öneri Tasarım Hizmet Seviyeleri

Yol Sınıfları	Arazi Durumu		
	Düz	Dalgah	Dağlık
Çok Şeritli Yollar	B	B	B - C
İki Şeritli Yollar			
1.Sınıf Yollar	B	B - C	C
2.Sınıf Yollar	C	C - D	D
3.Sınıf Yollar	C	D	D
4.Sınıf Yollar	D	D	D

Tablo 2.9- Kentsel Yollar (Kent Geçişleri) Öneri Tasarım Hizmet Seviyeleri

Yol Sınıfları	Arazi Durumu		
	Düz	Dalgah	Dağlık
Çevre Yolları			
Çok Şeritli Yollar	C	C	C
İki Şeritli Yollar	C	C	C
Kent İçinden Geçen Yollar			
Çok Şeritli Yollar	C	C	C
İki Şeritli Yollar	C - D	C - D	C - D

Not: E Hizmet Seviyesi çok kısıtlı durumlarda kabul edilebilir.

2.2.3.2. Hizmet Hacmi

Herhangi iki şeritli karayolundan hakim yol ve trafik koşulları altında arazi durumuna göre seçilen bir hizmet seviyesinin altına düşmeden geçirilebilecek maksimum saatlik trafik sayısı hizmet hacmi olarak tanımlanmaktadır. Bu çerçevede Karayolları Kapasitesi El Kitabı-2000 baz alınarak, ağır taşıt oranlarına göre iki şeritli yollar için hesaplanan hizmet hacimleri arazi durumuna göre Tab. 2.10’da verilmiştir. Bölünmüş yollardaki hizmet hacmi ise Tab. 2.11’de verilmiştir. Bu tablolar belirtilen varsayımlar altında iki ve çok şeritli yolların trafik taşıma kabiliyetleri hakkında genel bir fikir vermek amacı ile hazırlanmıştır. Uygulamalarda projeye ait gerçek durumu yansıtan veriler dikkate alınarak yapılacak kapasite analizinin sonuçlarına göre değerlendirme yapılmalıdır.

Tablo 2.10 – İki Şeritli Kent Dışı Yollarda Hizmet Hacmi

Arazi Tipi	Ağır Taşıt Yüzdeleri (%)	HİZMET SEVİYELERİ											
		A		B		C		D		E			
		Taşıt/saat	YOGT	Taşıt/saat	YOGT	Taşıt/saat	YOGT	Taşıt/saat	YOGT	Taşıt/saat	YOGT		
Düz	5	275	2115	504	3877	905	6962	1520	11692	2590	19923		
	10	274	2108	502	3862	900	6923	1520	11692	2580	19846		
	15	273	2100	499	3838	895	6885	1520	11692	2565	19731		
	20	271	2085	497	3823	890	6846	1520	11692	2555	19654		
	25	270	2077	494	3800	885	6808	1519	11685	2545	19577		
	30	269	2069	491	3777	880	6769	1519	11685	2535	19500		
	35	267	2054	489	3762	875	6731	1519	11685	2520	19385		
	40	266	2046	487	3746	870	6692	1519	11685	2510	19308		
	5	205	1577	373	2869	820	6308	1519	11685	2500	19231		
	10	199	1531	362	2785	795	6115	1519	11685	2450	18846		
Dalgalı	15	192	1477	358	2754	769	5915	1519	11685	2400	18462		
	20	186	1431	339	2608	744	5723	1519	11685	2350	18077		
	25	179	1377	327	2515	718	5523	1519	11685	2300	17692		
	30	172	1323	316	2431	693	5331	1518	11677	2250	17308		
	35	166	1277	315	2423	667	5131	1518	11677	2200	16923		
	40	160	1231	296	2277	640	4923	1518	11677	2145	16500		
	5	44	338	166	1277	310	2385	1518	11677	1355	10423		
	10	42	323	166	1277	310	2385	600	4615	1355	10423		
	15	42	323	164	1262	305	2346	600	4615	1350	10385		
	20	42	323	164	1262	305	2346	590	4538	1350	10385		
Dağlık	25	42	323	160	1231	305	2346	590	4538	1350	10385		
	30	42	323	160	1231	305	2346	590	4538	1350	10385		
	35	40	308	160	1231	305	2346	580	4462	1350	10385		
	40	40	308	160	1231	305	2346	580	4462	1350	10385		

Yönsel dağılım 60/40, Zirve Saat Faktörü 0,92, . K-faktörü 0,13, serbest akım hızı 100 km/sa., erişim noktası 5, kaplama genişliği 7 metre, banket genişliği 2,5 metre olup 1. sınıf yol olarak kabul edilmiştir.

Tablo 2.11 – Çok Şeritli (2X2) Yollarda Hizmet Hacmi

Arazi Tipi	Ağır Taşıt Yüzdesi (%)	HİZMET SEVİYELERİ																				
		A			B			C			D			E								
		V	YOGT	(taşıt/saat)	V	YOGT	(taşıt/saat)	V	YOGT	(taşıt/saat)	V	YOGT	(taşıt/saat)	V	YOGT	(taşıt/saat)						
DÜZ	5	2262	17398	3554	27341	5152	39630	6812	52400	7834	60260	2208	16984	3470	26690	5029	38687	6670	51306	7670	59002	
	15	2157	16589	3389	26069	4912	37787	6528	50212	7507	57744	2108	16212	3312	25476	4801	36928	6385	49118	7343	56486	
	25	2061	15852	3238	24910	4694	36108	6243	48024	7180	55228	2016	15507	3168	24369	4592	35323	6101	46930	7016	53970	
	35	1973	15177	3101	23850	4494	34571	5959	45836	6852	52711	1932	14861	3036	23353	4401	33851	5816	44742	6689	51453	
	40	2157	16589	3406	26200	4940	38000	6500	50000	7475	57500	2016	15507	3249	24994	4702	36171	6194	47643	7123	54789	
	DALGALI	5	1893	14558	3092	23788	4464	34342	5887	45286	6770	52079	1893	14558	3092	23788	4464	34342	5887	45286	6770	52079
		15	1783	13718	2936	22582	4227	32513	5581	42929	6418	49368	1686	12970	2779	21376	3989	30684	5274	40572	6066	46658
		25	1599	12299	2622	20170	3751	28855	4968	38215	5713	43947	1599	12299	2622	20170	3751	28855	4968	38215	5713	43947
		35	1520	11694	2465	18964	3513	27026	4662	35858	5361	41237	1449	11146	2309	17758	3276	25197	4355	33501	5008	38526
		40	1973	15177	3120	24000	4472	34400	5980	46000	6877	52900	1973	15177	3120	24000	4472	34400	5980	46000	6877	52900
DAĞLIK		5	1717	13210	2892	22243	4146	31893	5540	42614	6371	49006	1717	13210	2892	22243	4146	31893	5540	42614	6371	49006
		15	1520	11694	2663	20486	3820	29386	5100	39234	5865	45119	1520	11694	2663	20486	3820	29386	5100	39234	5865	45119
		20	1364	10490	2435	18729	3494	26879	4661	35854	5360	41232	1364	10490	2435	18729	3494	26879	4661	35854	5360	41232
		25	1236	9511	2206	16972	3168	24372	4222	32474	4855	37345	1236	9511	2206	16972	3168	24372	4222	32474	4855	37345
		30	1131	8699	1978	15215	2842	21865	3782	29094	4350	33458	1131	8699	1978	15215	2842	21865	3782	29094	4350	33458
	35	1042	8015	1750	13458	2517	19358	3343	25714	3844	29571	1042	8015	1750	13458	2517	19358	3343	25714	3844	29571	
	40	966	7430	1521	11701	2191	16851	2903	22334	3339	25684	966	7430	1521	11701	2191	16851	2903	22334	3339	25684	

Serbest Akım Hızı 100 km/saat, PHF=0,92, K=0,13, yönsel dağılım 50/50, erişim noktası 5 adet/km, şerit genişliği 3,5 m., banket gen. > 1,80 olarak alınmıştır.