



YOL TASARIM ELKİTABI

Argun TUNÇ

YOL TASARIM ELKİTABI



Argun TUNÇ

ISBN: 978-605-01-1680-9

Oda Yayın No: İMO/25/04

Kapak - Dizgi - Düzenleme

Ayşe ÜSTÜNDAL

Baskı ve Cilt

Öz Baran Ofset Mat. San. ve Tic. Ltd. Şti.
Saray Mah. Gıdacılar Cad. No: 8 K.Kazan - Ankara

Yazışma Adresi

TMMOB

İnşaat Mühendisleri Odası

Ankara Şubesi

Necatibey Cad. No: 57 Kat:3 06440 Kızılay/Ankara
Tel: +90 312 294 30 60 - **e-posta:** imoankara@imo.org.tr

Yayın Hakkı

Bu kitabın her türlü yayım hakkı **TMMOB İMO Ankara Şubesi**'ne aittir.
TMMOB İMO Ankara Şubesi'nden izni alınmadan kitabın tümü ya da bölümleri herhangi bir şekilde çoğaltılamaz, genel ağ ve diğer elektronik ortamlarda yayımlanamaz.

ÖNSÖZ

Yol tasarımı, yol mühendisliğinin bir uygulama alanı olup güvenli, hızlı, ekonomik ve elverişli yolların ilk ama en önemli aşamasını teşkil etmektedir. Yol tasarımı eğitimi alan öğrenciler ve yol tasarımı yapan mühendisler için bir başvuru kaynağı olma özelliğini taşıyan bu elkitabı, çok sayıda yabancı yayından elde edilen bilgilerin derlenmesi sonucu ortaya çıkmıştır.

Bu elkitabında

- Kent dışı yollar
- Kent içi yollar
- Otoyollar
- Kavşaklar

arterler, toplayıcı ve lokal yollar olmak üzere fonksiyonel sınıflandırması yapılarak ayrı ayrı ele alınmış ve her birinin gereksinimlere uygun tasarım esasları ile prensiplerinden bahsedilmiştir. Yol tasarım kriterleri olarak AASHTO esas alınmış olsada bu konuda ileri olan ülkelerin yol tasarım rehberleride dikkate alınarak mukayese edilmiştir.

Bu kitabın yayımlanmasına katkı veren İnşaat Mühendisleri Odası Ankara Şube'sine teşekkür eder ve meslektaşlarım ile öğrencilere yararlı olmasını dilerim.

Yük. İnş. Müh.

Argun TUNÇ

Ankara, 2025

tuncargun@gmail.com

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ	1
1.1. Yol Tasarım Aşamaları	11
1.2. Yol Tasarımının Esasları	20
1.3. Tasarım Kısıtları ve Kriterleri	26
2. YOL TASARIMIN ESASLARI.....	31
2.1. Yol Enkesiti	31
2.1.1. Yanal Eğim	31
2.1.2. Şerit Genişliği	33
2.1.3. Refüj Genişliği	35
2.1.4. Banket	37
2.1.5. Tırmanma Şeridi	38
2.1.6. Dolgu ve Yarma Şevleri ile Drenaj Hendekleri	42
2.1.7. Yol Kenarı (veya Engelsiz Bölge) Tasarımı	45
2.2. Yatay Eksen Tasarımı	47
2.2.1. Aliyman Tasarımı	47
2.2.2. Yatay Kurb Tasarımı.....	50
2.2.3. Geçiş Eğrisi Tasarımı	57
2.2.4. Dever Tasarımı.....	59
2.2.5. Kurb Genişletme Tasarımı	64
2.2.6. Yatay Eksenlerin Tasarımı için Genel Kurallar	66
2.3. Düşey Eksen Tasarımı	67
2.3.1. Kırmızı Hat Tasarımı	67
2.3.2. Eğim.....	68
2.3.3. Tırmanma Şeridi Tasarımı	70
2.3.4. Acil Kaçış Rampası Tasarımı.....	74
2.3.5. Düşey Kurb Tasarımı	77
2.3.6. Düşey Eksenlerin Tasarımı için Genel Kurallar.....	87

2.4. Görüş Mesafesi	88
2.4.1. Duruş Görüş Mesafesi.....	88
2.4.2. Karar Görüş Mesafesi	92
2.4.3. Geçiş Görüş Mesafesi	93
2.4.4. Yanal Görüş Mesafesi.....	94
2.4.5. Alt Geçitlerde Görüş Mesafesi.....	95
2.5. Geçiş Şeritleri ve Uygulamaları	96
2.6. Yatay ve Düşey Eksenlerin Birlikte Tasarımı	102
2.6.1. Düşey Eksen Tasarımında Dikkat Edilecek Hususlar	107
2.6.2. Yatay Eksen Tasarımında Dikkat Edilecek Hususlar.....	110
2.6.3. Yatay/Düşey Eksen Koordinasyonu (Uyumu).....	114
3. KAVŞAK TASARIMI	127
3.1. Hemzemin Kavşakların Tasarımı.....	130
3.1.1. Hemzemin Kavşaklarda Görüş Mesafesi.	133
3.1.2. Kavşaklarda Dönüş Taşıt Yolu,Yönlendirme ve Adaların Tasarımı.....	138
3.1.3. İlave Yardımcı Şeritlerin Tasarımı.....	153
3.1.4. Dönel Kavşak Tasarımı.....	174
3.1.5. Diğer Kavşak Tasarım Hususları	190
3.2. Farklı Seviyeli Kavşakların Tasarım Esasları	196
3.2.1. Farklı Seviyeli Kavşak Tipleri ve Seçimi	199
3.2.2. Farklı Seviyeli Kavşaklarda İlave Şeritlerin ve Rampaların Tasarımı.....	214
4. KENTDİŞİ YOLLAR (veya KARAYOLLARI)	233
4.1. Kentdışı Arterlerin Tasarım Esasları.....	233
4.1.1. Kentdışı Arterlerde Tasarım Kısıtları ve Kriterleri	234
4.2. Kentdışı Yollarda Bölünmüş Arterler	236
4.3. Kentdışı Toplama Yolları.....	242
4.3.1. Kentdışı Toplama Yollarının Tasarım Esasları	243
4.4. Kentdışı Lokal (Bölgesel) Yollar	244
4.4.1. Kentdışı Lokal Yollarının Tasarım Esasları.....	245
4.4.2. Rekreasyon Yollarının Tasarım Esasları	254
4.4.3. Kaynaklara (Orman, Maden, vs.) Erişim Yollarının Tasarım Esasları.....	256

5. KENTİÇİ YOLLAR (veya CADDELER/SOKAKLAR)	257
5.1. Kentiçi Arterlerin Tasarım Esasları	259
5.1.1. Kentiçi Toplu Taşıma Tesislerinin Tasarımı.....	264
5.1.2. Kent Merkezi Arterleri.....	273
5.2. Kentiçi Toplayıcı Yolların Tasarımı	274
5.3. Kentiçi Lokal Yollar (veya Sokaklar)'ın Tasarımı.....	281
6. OTOYOLLAR.....	287
6.1. Otoyolların Genel Tasarım Esasları	287
6.2. Kentdışı Otoyollarının Tasarımı	290
6.3. Kentiçi Otoyollarının Tasarımı	292
7. YOLLARDA İKİNCİL İŞLERİNİN TASARIMI	301
7.1. Yol Drenaj Tasarımı.....	302
7.1.1. Yüzeyaltı Drenaj Tasarımının Esasları	302
7.1.2. Kentdışı Yollarda Yüzeyaltı Drenaj Yapılarının Tasarımı.....	313
7.1.3. Kentdışı Yollarda Yüzeysel Drenaj Yapılarının Tasarımı	329
7.1.4. Kentiçi Yollarda Yüzeysel Drenaj Tasarımı	379
7.2. Kaya Düşmelerine Karşı Yol Koruma Yapılarının Tasarımı	397
7.2.1. Koruma Yapısı Türleri	404
7.3. Şev Koruma Yapılarının Tasarımı	416
7.4. Erezyon Kontrol Tasarımı.....	425
7.5. Kar Çiti (Peresi) Tasarımı	430
7.6. Gürültü Perde (Bariyer) Tasarımı	435
Kaynakça.....	445

1. GİRİŞ

Kara ulaşımının en önemli yapılarından biri olan kent dışı/kent içi yollarının

- Güvenli
- Hızlı
- Konforlu
- Elverişli (ekonomik, çevreyle ve diğer ulaşım türleri ile uyumlu, vb.)

olarak hizmet verebilmesi için

- Planlama
- Tasarım
- Yapım
- Bakım/Onarım-İyileştirme-Yenileme

aşamalarındaki gerekli birtakım mühendislik faaliyetlerinin yerine getirilmesi zorunludur. Bunların herbirinin karayolu yapısına etkin olmasındaki payı oldukça büyük olsada bu elkitabının amacı gereği sadece kent dışı ve kent içi yollarının tasarım konusu ele alınmıştır.

Yol tasarımı, belli iki nokta arasındaki en ekonomik, en kısa, en güvenli, en konforlu ve en elverişli geçkinin (veya güzergahın) veya bir başka deyişle kara ulaşım koridorunun araçlara hizmet verecek şekilde oluşturulmasından ve yolun yapımı için gerekli çizimlerin (veya projelerin) hazırlanmasından ibarettir. Yol güzergahı

- Yatay eksen
- Düşey eksen

olmak üzere iki farklı şekilde oluşturulmakta ve bu eksenlerin birbirleriyle olan ilişkileri dikkate alınarak gerekli uyumun sağlanması önem kazanmaktadır. Yol tasarımında yatay eksen, yatay alıyman ile yatay kurb ve düşey eksen ise düşey alıyman ile düşey kurbdan ibaret olup bunların herbirinin birbirleriyle olan ilişkileri yolun güvenliği, hızı, konforu ve elverişliliği üzerinde etkin bir rol oynamamaktadır. Dolayısıyla herhangi bir yoldan beklenen tüm fonksiyonların ye-

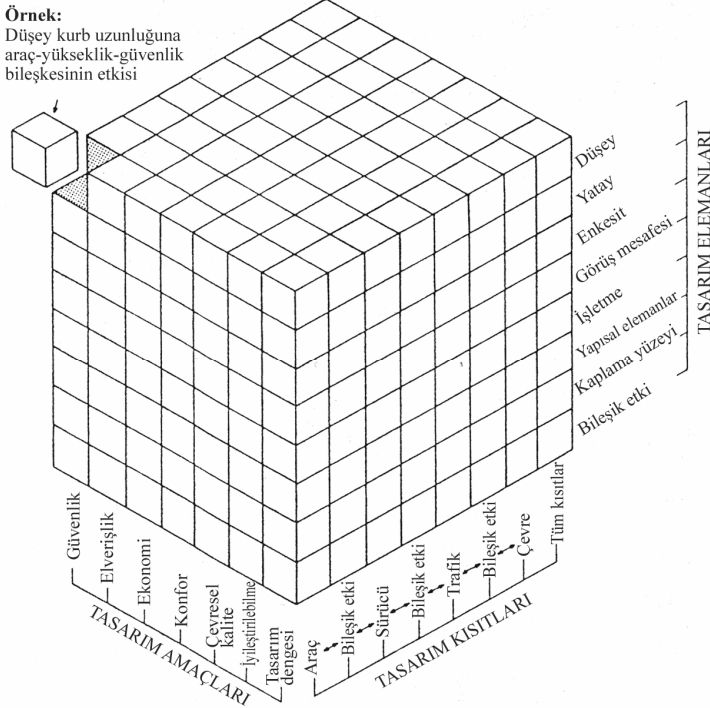
rine getirilebilmesi için güvenlik-hız-konfor-elverişlilik olmak üzere bu dört hususun yol tasarımı sırasında birlikte gözönünde tutulması zorunludur. Çünkü yol tasarımı sırasında

- Tasarım amaçları
 - Güvenlik
 - Elverişlilik
 - Ekonomi
 - Konfor
 - Çevresel kalite yani çevreye olumsuz etkilerin giderilmesi
 - İyileştirilebilme veya bakım/onarım kolaylıkları
 - Kademeli inşaat olanakları
- Tasarım kısıtları
 - Araç
 - Sürücü
 - Trafik
 - Çevre
 - Bileşik etki
- Tasarım elemanları
 - Düşey eksen
 - Yatay eksen
 - Enkesit
 - Görüş mesafesi
 - İşletme
 - Yapısal elemanlar
 - Kaplama yüzeyi
 - Bileşik etki

olmak üzere üç ana hususun birbirleriyle olan etkileşimi dikkate alınmalıdır. Örneğin; Şek. 1.1'den görüleceği gibi güvenlik-araç-düşey etkileşimi, araç yüksekliğinin düşey kurb uzunluğuna etki etmesi sözkonusudur. Zira Şek. 2.21'den görüleceği gibi kamyon sürücüsü için göz yüksekliğinin daha fazla olması nedeniyle gerekli düşey kurb uzunluğu daha kısa olmaktadır. Etkileşim matrisi dikkate alınarak bu örnekleri çoğaltmak mümkün olduğu gibi yol tasarımının her aşamasında bu üç ana hususun birbirleriyle olan etkileşimi daima göz önünde bulundurulmalıdır. Zaten yol tasarım kriterleride bu etkileşimler dikkate alınarak ortaya konmuştur. Yani yol tasarımının amaçları ile kısıtları, tasarım elemanlarının kriterlerini belirlemektedir.

Bilindiği gibi yol inşaatları çok pahalı olan yapılardır. Ancak insanların ve eşyaların yer değiştirmesi içinde zorunludur. Buna ilaveten ulaşımın hızlı, konforlu ve güvenli bir şekilde yapılması da gereklidir. Dolayısıyla yol tasarımcısının tüm

bu hususları dikkate alarak optimum çözümleri üretebilmesi için detaylı etütler yapması gerekir. Aksi takdirde bir yoldan beklenen hususlar tam olarak yerine getirilmemiş olacaktır. Bu nedenle yol tasarımının esasları çok iyi bilinmeli ve en ekonomik–en güvenli çözümler içinde optimum çözüm araştırılarak yol tasarımları yapılmalıdır.



Şekil 1.1- Yol Tasarımında Etkileşim Matrisi (Glennon)

Yol tasarımı sırasında

- Enkesit
- Yatay eksen
- Düşey eksen
- Görüş mesafesi
- Yatay/Düşey eksen uyumu

gibi ana elemanlar dikkate alınmaktadır. Zira Şek. 1.2’den görüleceği gibi yol tasarımı sırasında

- Çevre
- Fonksiyonel sınıflama
- Güvenlik

ekonomiye getirdiği külfetler trafik hacmine bağlı olarak artacaktır. Halbuki düşük trafik hacmine sahip yollarda bu mali kayıplar daha az olacağından dolayı bu yolların standartlarında daha düşük olabilmektedir. Yolun standardı artıkça ilk yapım maliyetide önemli ölçüde artmaktadır. Bu nedenle yolun trafik hacmi ve bazende stratejik önemi dikkate alınarak yolun sınıfı ve dolayısıylada standartları yani yol tasarım kriterleri belirlenmelidir.

Yol tasarımı esasen yol tasarım kriterlerinin yani önceden belirlenmiş yol standartlarının uygulanmasından ibarettir. Yol tasarım kriterleri görüş mesafesi (duruş, geçiş, karar, kavşak yanal, vb.), dever, geçiş eğrisi, yatay ve düşey kurbalar, tırmanma şeridi, kurb genişletmesi, hemzemin veya farklı seviyeli kavşaklar, yatay/düşey eksenler, yatay/düşey eksen uyumu, enkesit, vb. yol geometrik geometrik elemanların tasarım teknikleri (yani konum, boyutlandırma, vb.) veya uygulamaları için gerekli olduğundan dolayı yolun trafik hacmi ve sınıfı dikkate alınarak max/min eğim, min kurb yarıçapı, şerit-banket-platform genişliği, vb. geometrik elemanların sınır değerleri yani kriterleri karayolu kurumları tarafından belirlenmiş olması gerekir. Dolayısıyla yol tasarımcısı ekonomi, güvenlik, konfor ve elverişlilik gibi hususları dikkate almak kaydıyla belirlenmiş yol tasarım kriterlerini harfiyen uygulamak durumundadır.

Yol tasarımı sadece yol güzergahının belirlenmesi ve geometrik tasarımlarının yapılmasından ibaret olmayıp harita, geoteknik, drenaj, kaplama, malzeme, planlama, trafik, yol güvenlik, vb. mühendislik dallarının uygulamalarını gerektirmektedir. Dolayısıyla yol tasarımcısının multidisipliner ekip çalışması içinde yönlendirici bir kişi olması gereği bu konular hakkındada yeterince bilgi sahibi olması gerekmektedir. Yüzeysel ve yüzeyaltı drenaj yapılarının tasarımı, istinat duvarı, payanda, ankraj, zemin ıslahı, konsolidasyon, çığ tüneli, yarma/dolgu şevi, vb. hususlar yol tasarımının bir parçası veya en azından bir uzantısı olması nedeniyle tasarımcının bu hususları tasarımın her aşamasında gözönünde tutmak zorundadır. Aksi takdirde yol tasarımı bir bütün olarak ele alınmamış olacaktır.

Tasarım kriterleri

• Trafik hacmi (YOGT–Yıllık Ortalama Günlük Trafik ve TSTH–Tasarım Saatlik Trafik Hacmi)

- Tasarım hızı
- Servis seviyesi ve kapasite
- Trafik kompozisyonu
- Erişme kontrolü
- Kademeli inşaat olanakları
- Topografya ve kamulaştırma şartları

gibi faktörlere bağlı olsada trafik hacmi en önemlisidir. Çünkü trafik hacmi artıkça taşıt işletme giderlerinin ve seyahat süresinin azalması için tasarım hızının yüksek olması gerekmektedir. Tasarım hızı artıkça yol geometrik elemanlarının tasarım kriterleride daha yüksek standartda olmak zorundadır. Ayrıca taşıt

hızlarının ve konforun yüksek olması için yolun hizmet seviyesinin ve/veya yolun kapasitesi yüksek olmalıdır. Yolun kapasitesi trafik kompozisyonundaki ağır taşıt yüzdesine, yolun eğimine, geçiş görüş kısıtına, şerit-banket-yanal açıklık genişliğine, vb. hususlara bağlı olduğundan dolayı yol tasarım kriterlerinde yolun kapasitesine uygun olması gerekir. Topografya ve kamulaştırma şartlarının yolun maliyeti üzerinde etkin olması nedeniyle tasarım kriterleride daha düşük standartda olmasını gerektirmektedir. Yolun tam erişme kontrollü veya yarı erişme kontrollü veya erişme kontrolsüz olması yol tasarım kriterlerine etki eden diğer bir hususdur.

Bir yol tasarımı

- Planlama (İhtiyaçların saptanması, uzun-dönem ulaşım planlamasının etüdü, toplumsal arzular ve beklentiler, baskı gruplarının yani sivil toplum örgütlerinin istekleri, trafik ve kaza etüdleri, trafik artış hızı ve trendi, alternatiflerin oluşturulup mukayese edilmesi, ekonomik etüdler ile bütçe olanaklarının saptanması, vb.)

- Ön tasarım (topoğrafik şartlar, köprü-tünel-viyadük-istinat duvarı gibi büyük sanat yapılarının tipleri ile yapım metotlarının belirlenmesi, kamulaştırma imkanları ile maliyetlerinin saptanması, kavşak tipi seçimi, kademeli inşaat olanaklarının saptanması, çevreye verilebilecek zararların belirlenmesi, yolkenarı gelişimi ile trendinin tahmini, ekonomik kazançlar ile kayıpların belirlenmesi, kaba maliyetlerin belirlenmesi ile fizibilite etütlerinin yapılması, mali etütler yapılarak yıllara yayılması, vb.)

- Tasarım kriterleri ve standartlarına uygun kati (uygulama) projelerinin hazırlanması

olmak üzere üç aşamada yapılmalıdır. Bu aşamaların herbiri oldukça büyük öneme sahiptir. Çünkü yol yatırımları çok pahalı olması nedeniyle bu aşamaların herbiri titizlikle yapılması gereklidir.

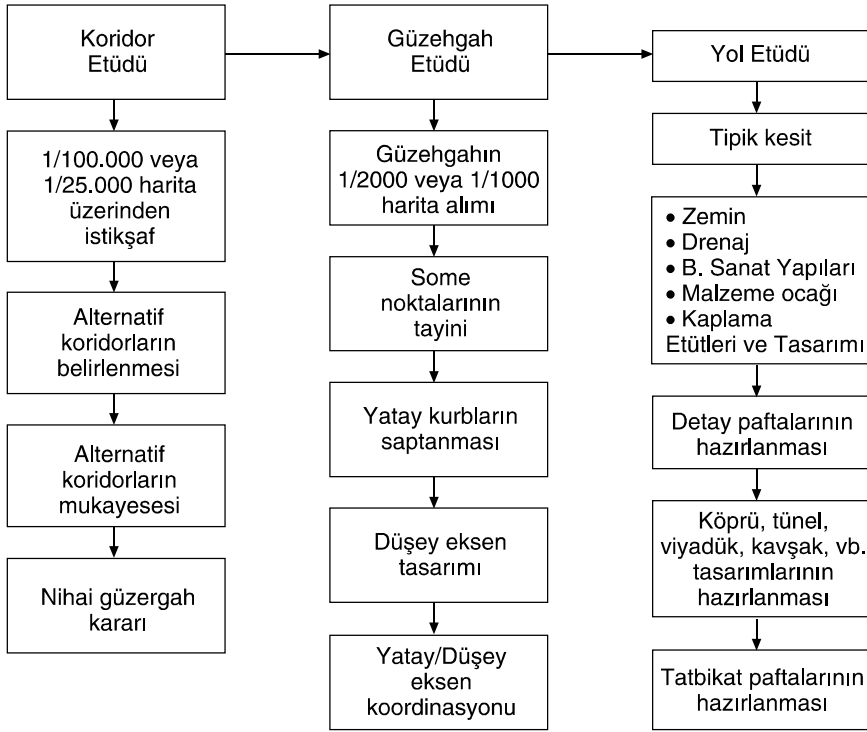
Yol tasarımı genel olarak Şek. 1.3'den görüleceği gibi

- Koridor etüdü
- Güzergah etüdü
- Yol Etüdü

olmak üzere üç aşamada yapılmaktadır. Yolun hızlı, güvenli, ekonomik ve elverişli olarak yapılabilmesi için tasarımcının her üç aşamadada titiz çalışması gereklidir.

Yol güzergah seçiminde

- Yapım maliyeti
 - Topografya
 - Zemin
 - Bitki örtüsü
 - Drenaj



Şekil 1.3- Yol Tasarım Aşaması

- Malzeme
- Tasarım kriteri
- Güvenlik
- Bakım maliyeti
 - İklim
 - Trafik
 - Zemin
 - Kaplama
 - Topografya
 - Drenaj
- Yol kullanıcı faydaları
 - Seyahat maliyeti
 - Konfor ve estetik
 - Seyahat süresi
 - Güvenlik
- Kamulaştırma
 - Arazi değeri

- Arazi kullanımı (Paterni)
- Deplasman maliyeti
- Trafik
- Tasarım kriteri
- Ürün kaybı
- Gelişme potansiyeli
 - Tarım-Orman
 - Maden
 - Ticaret-Endüstri
 - Turizm
 - Göç
 - Politik tercihler
- Bölgesel etkiler
 - Nüfus
 - Kültürel ve sosyoekonomik yapı
 - Arazi kullanımı ve değişimine olabilecek etkiler
 - Diğer ulaşım türleri ile bağlantısı ve transfer imkanları
 - Tarihi ve arkeolojik varlıklar
 - İstihdam
- Rekreasyon alanları ve koruma
 - Arazi kullanım paterni
 - Flora ve fauna paterni
 - Drenaj-Erezyon
 - Topografya
- Çevresel etkiler
 - Gürültü
 - Hava kirliliği
 - Suların kirlenmesi
- Estetik değerler
 - Bitki örtüsü
 - Peysaj
 - Manzara

gibi hususlar dikkate alınmalıdır. Zira yol güzergahı geçtiği bölgeden etkilendiği gibi çevresine olumsuz etkilerde yaratmaktadır. Ancak yukarıdaki tüm hususları aynı anda en olumlu bir şekilde sağlayabilen en ideal güzergahın oluşturulması her zaman için mümkün olmasada optimum şartları sağlayan alternatiflerden en uygun olanı seçilmelidir.

Yol tasarım kriterleri öncelik sırasına göre

- Erişimin sağlanması
- Kapasitenin artırılması
- İşletme koşullarının iyileştirilmesi

olmak üzere üç aşamalı olarak belirlenmektedir. İlk aşamada yerleşim veya üretim merkezleri arasında yolcu ve yük taşımacılığı yapmak gayesiyle yol ağının oluşturulması gayesi güdülmektedir. Ülkemizde yakın bir geçmişe kadar **“teker dönsün-taşıt yürüsün”** mantığı ile ideal karayolu yerine kaliteli patikalar yapılmıştır. İkinci aşamada ise yol ağının kapasitesinin artırılması yani daha kaliteli ve yüksek vasıflı yolların yapılması amaçlanmaktadır. Üçüncü ve son aşamada ise trafiğin işletme şartlarının iyileştirilmesi esas alındığından dolayı yol tasarım kriterleri önem kazanmaktadır. Ülkemizde otomobil sahipliliğinin 190 oto/1000 kişi olduğu düşünülürse ikinci aşamanın başlangıcında yer aldığı ve yol tasarım kriterlerinin yüksek vasıflı olma durumuna geldiği ve hatta geç bile kalındığı söylenebilir. Ülkemizde yaklaşık 60.000 km karayolu ağı içinde yaklaşık 3~5 bin km yolun tasarımı ve yapımı az veya çok iyi yapılabildiği söylenebilirdi geri kalanı için iyi denilebilmesi bile mümkün değildir. Buna rağmen gereksiz bir çok otoyolu ile duble yolun yapılmış veya yapılıyor olması gereksiz savurganlıktan başka birşey değildir. Halbuki otoyol ve duble yol gibi çok pahalı sistemler yerine tasarım kriterleri ve yol güvenliği yüksek karayollarının yapımı daha gerekli iken maalesef yapılmamaktadır. Otomobil ve araç sahipliliği ile araç-km değerlerinin hızla arttığı ülkemizde özellikle devlet yollarında seyahat süresinin, taşıt işletme giderlerinin ve kazaların azaltılması yani elverişliliğin artırılması için yol tasarım kriterlerinin iyileştirilmesi yolu kullananlar kadar yol mühendislerinin toplum üzerindeki imajı içinde önemlidir. Yolu kullananlar yolun konforundan, güvenliğinden ve taşıt işletme giderlerinden doğrudan etkilenmektedir. Tasarımı ve inşası doğru dürüst yapılmamış bir yolu kullanan kişiler yoldan şikayetçi oldukları gibi yolun tasarımı ve inşasını gerçekleştiren mühendislerede olumlu bakmayacaklardır. Dolayısıyla toplumun yol mühendislerine olumlu bakması için toplumun yoldan beklentilerine cevap verilmesi gereklidir. Buda yolun ideal tasarlanmasını zorunlu kılmaktadır.

Yol tasarım kriterleri

- Yatay eksen
 - Minimum kurb yarıçapı
 - Min/Max aliyman uzunluğu
 - Geçiş eğrisi parametreleri
 - Emniyetli duruş veya geçiş görüş mesafesi
- Düşey eksen
 - Maksimum eğim
 - Maksimum eğimin uzunluğu

- Düşey kurb uzunluğu
- Düşey kurb görüş mesafesi
- Tırmanma şeridi, acil kaçış rampası, vb.
- Enkesit
 - Şerit-banket-platform genişliği
 - Yanal eğim
 - Dever
 - Yanal görüş mesafesi ve açıklığı
 - Şev eğimleri

gibi yol geometrik elemanlarının boyutlandırılması ve tasarımı için gerekli olup yolun sınıfına yani önemine göre belirlenmelidir. Ancak yol tasarım kriterleri tasarımcıdan ziyade ülkenin karayolu kurumu tarafından belirlenmesi zorunlu olup tasarımcısında harfiyen uyması gereklidir. Yol tasarım kriterleri her bir yol sınıfı için ayrı ayrı belirlenirken yolun trafik hacmine bağlı olarak elde edilecek faydalar (taşıt işletme gideri, zaman tasarrufu, kaza kayıpları, vb.) ile yol yapım giderleri arasında bir denge gözetilmek zorundadır. Bu nedenle her bir yol sınıfı için belirlenecek tasarım kriterleri tasarımcının inisiyatifinden ziyade karayolu kurumunun çok geniş kapsamlı çalışmalarına dayanmalıdır. Ancak gelişmiş ülkelerin çok geniş kapsamlı çalışmaları sonucu ortaya koymuş oldukları yol tasarım kriterleri bir rehber olarak dikkate alınmalıdır. Zaten bu kitapta AASHTO 2018 yol tasarım kriteri esas alınmış ve gelişmiş ülkelerin kriterleri ile mukayese edilmiştir. Ülkemizdeki sürücü sorumluluğu, trafik kurallarına riayet, araçların fenni muayene ve bakım şartları, yaptırım gücü etkinliği, yol bakım/onarım şartları vb. hususlar ABD’den farklı olsada araç dinamiği, yol ve çevresel şartlar, vb. hususların aynı olması nedeniyle AASHTO 2018’de belirtilen yol tasarım kriterlerinin ülkemiz şartlarına adapte edilmesinde veya aynen uygulanmasında bir sakınca yoktur. Zira AASHTO 2018 yol tasarım rehberi ABD’deki TRB, FHWA, SHRP, ITE, vb. kurumların yapmış olduğu araştırma sonuçlarına ve 2,5 milyon km uzunluğundaki yol ağından elde edilen deneyimlere dayalı olmasından dolayı güvenilir olacaktır. Buna rağmen karayolu konusunda ileri olan Almanya, İngiltere, Avusturalya ve diğer gelişmiş ülkelerin yol tasarım rehberleride dikkate alınmış ve AASHTO 2018 ile mukayese edilmiştir. Bu elkitabında tasarım kriterleri için yol güvenliği esas alınmıştır. Yazarın daha önce yayınlanmış olduğu “Yol Güvenlik Mühendisliği Elkitabı” adlı kitabında güvenli yol tasarımı detaylı olarak ele alınmış olup bu kitapta ise yol tasarım esasları ve uygulamaları konusundaki bilgiye çabuk erişilebilecek başvuru ve/veya elkitabı şeklinde derlenmiştir. Ancak yol tasarımı bir bütün olduğundan dolayı yazarın daha önce yayınlanmış olduğu “Yol Mühendisliği için Geoteknik Elkitabı”, “Trafik Mühendisliği Elkitabı”, “Kaplama Mühendisliği Elkitabı” ve “Yol Güvenlik Mühendisliği Elkitabı” adlı kitapları ile bu elkitabının bir bütün olarak birlikte ele alınması uygun olacaktır. Zira yol tasarımı, güzergah etüdü ve

geometrik tasarımından ibaret olmayıp güzergahın geçtiği zeminin tasarımı, kaplama tasarımı, yüzeysel veya yüzeyaltı drenaj yapılarının tasarımı, yol güvenlik tedbirlerinin tasarımı, vb. hususlar ile birlikte ele alınması yol tasarımının sağlıklı ve elverişli olması açısından mutlak gereklidir.

1.1. YOL TASARIM AŞAMALARI

Yeni yapılacak yol veya mevcut yolun ıslahı için yapılacak tüm işler, Şek. 1.4'deki akış şemasında görüldüğü gibi planlama, tasarım ve yapım olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmelidir. Mevcut yolun ıslahı yani takviye tabakasının yapılması veya asfalt kaplamaya dönüştürülmesi, rehabilitasyon (kavşak veya katılımların düzenlenmesi veya ıslahı, yerleşim yerlerinde bölünmüş yol ve çevre yollarının yapımı, tırmanma şeritlerinin yapımı, trafik işaret ve işaretlemelerinin yapımı veya ıslahı, yol güvenlik tedbirlerinin yapımı, vb.) ve restorasyon (yol geometrik özelliklerinin iyileştirilmesi, ripaj ve varyant, vb.) işleri

- Karayolu ihtiyaç etüdü
- Yol sınıflama ve geometrik kriterler etüdü
- Gerekli detay tasarımları

aşamalarından sonra yapılacak uygulama tasarımına (çizimlerine) uygun olarak yapılmalıdır.

Yeni yapılacak bir karayolu için

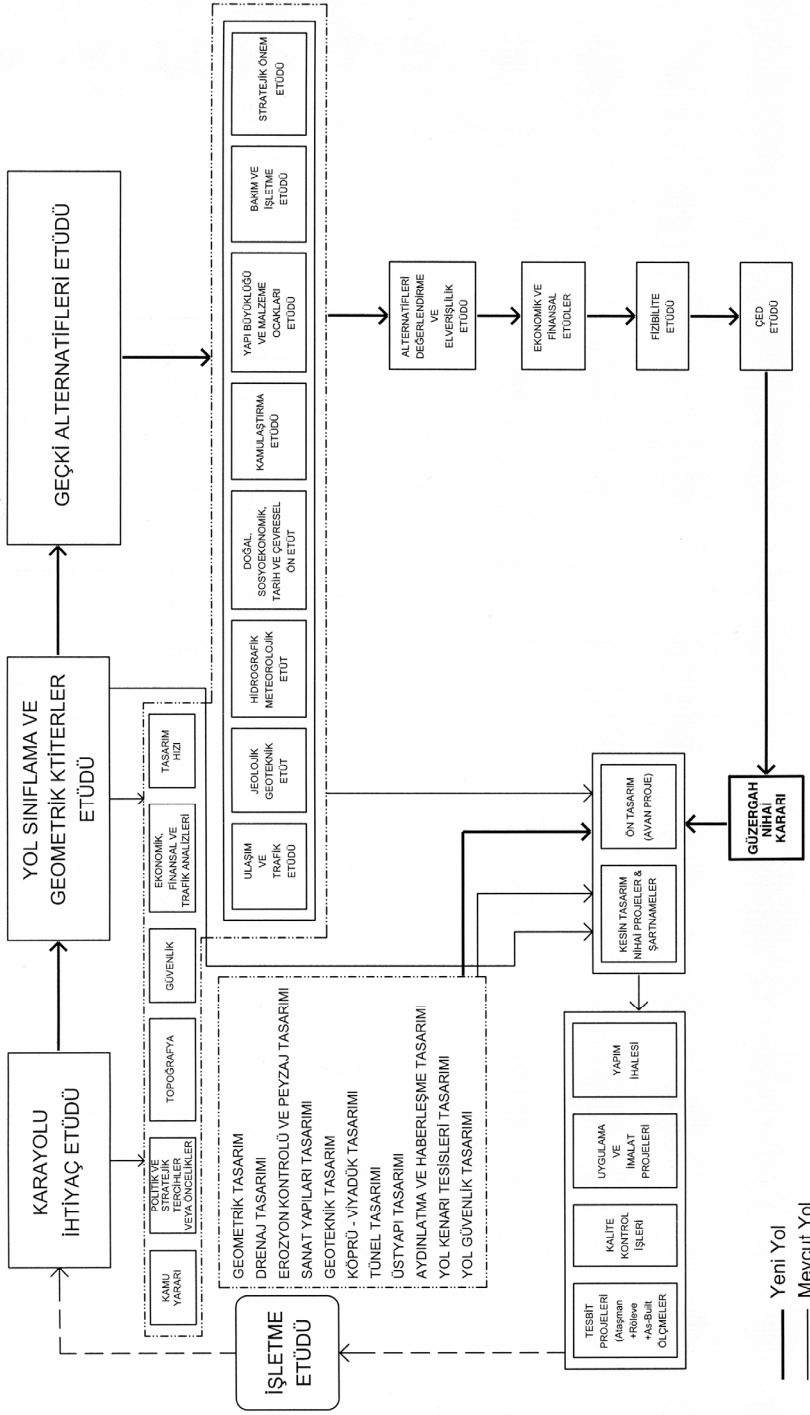
- Karayolu ihtiyaç etüdü
- Yol sınıflama ve geometrik kriterler etüdü
- Geçki alternatifleri etüdü
- Alternatifleri değerlendirme ve elverişlilik etüdü
- Ekonomik ve finansal etütler
- Fizibilite etütleri
- ÇED etüdü
- Avan proje
- Gerekli detay tasarımları

aşamalarını müteakip uygulama çizimleri yapılmalıdır.

Karayolu ihtiyaç etüdü için

- Kamu yararı
- Politik ve stratejik tercihler veya öncelikler
- Topografya
- Yol güvenliği
- Ekonomik, finansal ve trafik analizleri
- Tasarım hızı

gibi hususlar ayrı ayrı ele alınmalı ve yeni yol yapımına veya mevcut yolun ıslahına karar verilmelidir.



Şekil 1.4- Karayolu Planlama, Tasarım ve Yapım Aşamaları Akış Şeması

Yol sınıflaması trafik hacmine bağlı olarak saptanırken tasarım hızı ise yolun sahip olduğu veya gelecekte sahip olacağı

- YOGT
- Topografya
- Yapım maliyeti
- Bakım-onarım maliyeti
- Taşıt işletme giderleri
- Zaman kaybı veya gecikme
- Konfor
- Stratejik-turistik-bölgesel önem ve öncelikler
- Kapasite
- F/M, İKO, vb. ekonomik göstergeler

gibi hususlar dikkate alınarak yolun sınıfı ile tasarım hızı belirlenmelidir.

Ülkemizde yolların sınıflaması çok eski bir kanuna dayalı olarak Devlet Yolları-İl Yolları-Köy Yolları şeklinde yapılmaktadır. Hem kentiçi hemde kent dışı yollar için tüm dünyada kabul görmekte olan yol sınıflaması

- Arterler (anayollar)
- Toplayıcı yollar
- Lokal yollar

olmak üzere yapılmaktadır. Arterler, toplayıcı yollar ve lokal yolların alt sınıflaması ise aşağıdaki gibi olması uygun olacaktır.

- **Kent dışı arterler**

- Oto sahipliği 200~250 otomobil/1000 kişi'den daha fazla olan ülkeler için

- Ana arterler
- Sekonder arterler
- Tersiyer arterler

- Oto sahipliği 200~250 otomobil/1000 kişi'den daha az olan ülkeler için

- Major arterler
- Minör arterler

- **Kentiçi arterler**

- Nufusu 5 milyondan daha fazla olan şehirler için

- Ana arterler (veya ana bulvarlar)
- Sekonder arterler (veya ikincil bulvarlar)
- Tersiyer arterler (veya küçük bulvarlar)

- **Kent dışı toplayıcı yollar**

- Major toplayıcı yollar
- Minör Toplayıcı yollar

- **Kentîçi toplayıcı yollar**
 - Major toplayıcı yollar (veya ana caddeler)
 - Minör toplayıcı yollar (veya sekonder caddeler)
- **Kentdışı lokal yollar**
 - Major lokal yollar (veya rekreasyon yolları)
 - Minör lokal yollar (veya köy/orman/tarla yolları)
- **Kentîçi lokal yollar**
 - Major lokal yollar (veya kent merkezi sokakları)
 - Minör lokal yollar (veya yerleşim bölge sokakları)

Yolların sınıflandırılmasındaki en önemli faktör YOGT (Yıllık Ortalama Günlük Trafik) değeri olmaktadır. Yani YOGT artıkcça yol sınıfı artarak daha üstün vasıflara sahip olmalıdır. Tablo 1.1’de yolun sahip olduğu YOGT değeri göre yolların sınıflaması yapılmıştır.

Tablo 1.1- Fonksiyonel Sınıflandırma ve Önerilen Tasarım Hızları

Yol Tipi	YOGT	V _{tas} (km/h) (Düz-Dalgalı-Dağlık arazi olarak)
Kentdışı Otoyol	>30.000	120-110-90 (Zorunlu hallerde 120-90-80 km/sa)
Kentîçi Otoyol	>30.000	120-100-80 (Zorunlu hallerde 110-90-80 km/sa)
Kentdışı Bölünmüş Yol	12.000-30.000	100-90-70 (Zorunlu hallerde 90-80-70 km/sa)
Kentîçi Bölünmüş Yol	5.000-25.000	70-60-50 (Yaya koruması varsa hız>50km/sa)
Kentdışı Arterler	<12.000	90-80-70
Kentîçi Arterler	5.000-25.000	70-60-50 (Yaya koruması varsa hız>50km/sa)
Kentdışı Toplayıcı Yol	<2.000	90-80-70-60
Kentîçi Toplayıcı Yol	<15.000	70-60-50 (Yaya koruması varsa hız>50km/sa)
"	<5.000	50-40-30
Kentdışı Lokal Yol	<1.200	60-50-40-30
"	<400	40-30-20
Kentîçi Lokal Yol	<2.000	50-40-30
"	<750	40-30-20

Not: Koyu yazılı rakamlar tercih edilmeli, diğerleri sınır değerler olarak dikkate alınmalıdır.

Şek. 1.4’de görülen ön proje, kesin proje, uygulama projesi ve düzeltilmiş proje tanımını aşağıdaki gibidir.

Ön proje, fonksiyon belirleme, ulaşım ve trafik etüdü, koridor etüdü çalışmalarının sonucunda (ÇED ve fizibilite etüdü dahil) elde edilen veriler kullanılarak 1/5000 ölçekli haritalar üzerinde en uygun geçkinin belirlenmesi amacı ile yapılan çalışmaların tümünü kapsamaktadır. Ön proje

- Yol geometrik standartlarının belirlenmesi
- 1/5000 ölçekli haritaların alımı
- Güzergah alternatiflerinin, yol geometrik standartlarının ve enkesit tiplerinin tesbiti ve 1/5000 ölçekli haritalarda uygun geçkinin belirlenmesi (yatay ve düşey olarak)

- Jeolojik ve geoteknik etütlerin yapılması ve raporunun hazırlanması
- Hidrolik ve hidrolojik etütlerin yapılması ve raporunun hazırlanması
- Küçük ve büyük sanat yapılarının yer ve boyutunun belirlenmesi (köprü, tünel ve viyadük dahil)
- Kavşaklar ve bağlantı yollarının şevli plan ve profillerinin hazırlanması
- Alt ve üst geçitlerin (yaya dahil) yerlerinin belirlenmesi
- 10 veya 20 m aralıkta ve kritik kesitlerde enkesitlerin hazırlanması
- İstinat duvarları, derivasyonlar ve diğer yapıların belirlenmesi
- 1/5000 ölçekli şevli plan ve profil paftalarının hazırlanması
- Ön proje raporunun hazırlanması
- Ön proje metrajının hazırlanması

gibi işleri kapsayacaktır.

Kesin proje, 1/25000 ölçekli vaziyet planı veya 1/5000 ölçekli ön projelerde belirlenen geçkiye ait 1/1000 veya 1/2000 ölçekli haritaların oluşturulması sonucunda belirlenen geçkilere ait teknik özelliklerinin belirtildiği çalışmaların tümünü kapsamaktadır. Kesin proje

- 1/1000 veya 1/2000 ölçekli haritaların hazırlanması ve bu haritaların üzerinden uygun geçkinin (yatay ve düşey) belirlenmesi ve raporunun hazırlanması
- Zemin sondaj çalışmalarına dayalı jeolojik ve geoteknik etütlerin yapılması ve araştırma raporunun hazırlanması
- Hidrolik ve hidrolojik etütlerin yapılması ve raporunun hazırlanması
- Küçük sanat yapılarının belirlenmesi ve boyutlandırılması
- Jeolojik ve geoteknik raporda yer alan hususların (istinat duvarları, derivasyon, heyelan önleme tedbirleri, zayıf zemin kazısı, vb.) dikkate alınması
- 10 m veya kritik kesitlerde istenilen aralıkta 1/100 veya 1/200 ölçekli enkesitlerin hazırlanması
- Şevli planların hazırlanarak kamulaştırma sınırlarının ve varsa imar sınırlarının hazırlanması
- Kavşaklar ve bağlantı yollarının belirlenerek 1/500 veya 1/1000 ölçekli şevli plan ve profillerinin hazırlanması
- Kübaj ve brükner hesaplarının yapılması
- Brükner diyagramının çizimi ve taşıma mesafelerinin saptanması
- Trafik güvenlik tedbirlerinin belirlenmesi ve tasarımı
- Köprü, viyadük ve tünel tasarımlarının hazırlanması
- Drenaj tasarımlarının hazırlanması
- Şehir geçişlerinde ve gerektiğinde kavşaklarda aydınlatma tasarımının hazırlanması
- ÇED raporlarının hazırlanması

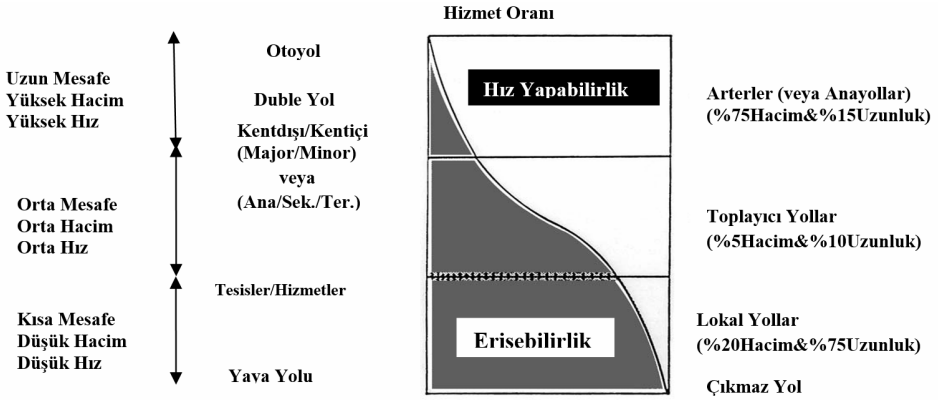
• Diğer kurum ve kuruluşlara ait altyapıların deplasman işlerinin hazırlanması

- Peyzaj tasarımlarının hazırlanması
- Yol işleri metrajlarının hazırlanması

• Yukarıda belirtilen tüm hususlara ait çalışmaları kapsayan ve çalışma özelliklerini içeren kapsamlı bir raporunun hazırlanması gibi işleri kapsayacaktır.

Uygulama çizimleri, kesin projeye göre her türlü mühendislik yapılarına ait imalat öncesi ve imalata yönelik ayrıntıların belirtildiği paftaları kapsayacaktır.

Düzeltilmiş çizim (As-Built), yola ait kesin ve uygulama çizimlerine göre yapılmış çalışmaları sonucunda oluşan değişiklikleride içine alan ve en son durumu yansıtan çizimlerdir.



Şekil 1.5- “Hız Yapabilirlik” ile “Erişebilirlik” Açısından Yolların Fonksiyonel Sınıflaması

Bir yolun hizmet edebilirliği, hız yapabilirlik ve erişilebilirlik özelliklerine bağlıdır. Hız yapabilirlik yollarda en çabuk ulaşımı gerektirirken erişebilirlik ise varılmak istenen tesislere ve hizmetlere en kısa mesafeli ulaşımı gerektirmektedir. Şek. 1.5’de yolların hız yapabilirlik ve erişebilirlik açısından sınıflandırılması açıkça görülmektedir. Yani otoyollar için yüksek hızlara gerek duyulurken lokal yollarda (köy, orman, tarla vb. kent dışı yollar ile kent içi sokaklar) ise yavaş hız ama varılmak istenen noktalara en kısa yürüme mesafesinde ulaşımın sağlanması beklenmektedir. Yani yolun hizmet oranı (veya hizmet edebilirlik veya hizmet edebilme yeteneği) oto yollar için daha hızlı ama kent içi sokaklarda daha kısa yürüme mesafeli ulaşım gerekmektedir.

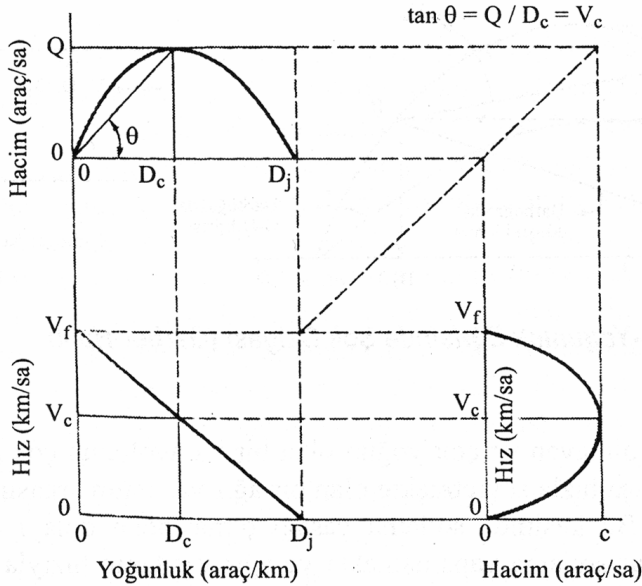
Yolların hizmet (veya trafik) kalitesini saptamak amacıyla

- Ortalama seyahat hızı
- Zaman gecikme yüzdesi

- Kapasite kullanımı
- Kararlı akım şartları

gibi faktörler göz önüne alınarak kapasite analizi yapılmalıdır.

Ortalama seyahat hızı veya gözönüne alınan yolun tümündeki seyahat işletme hızı “Belirli bir zaman aralığında gözönüne alınan yolun tüm uzunluğunun her iki yönde seyahat eden araçların ortalama seyahat sürelerine oranı” olarak alınmalıdır. Zaman gecikme yüzdesi “Karayolunun belli bir kesiminde araçların öndeki aracı geçememesinden dolayı yaptıkları gecikmelerin zaman olarak ortalama yüzdesi” olacaktır. Karayolunda trafik hacmi az ise araçlar arasındaki zaman aralığında fazla olması nedeniyle gecikme veya ortalama zaman gecikme yüzdesi az olacak ama buna karşılık trafik hacmi fazla ise tam tersi olacaktır. Kapasite kullanımı (V/C) “Trafik talep akımının yolun sahip olduğu kapasiteye oranı” olarak alınacaktır. Kararlı akım “Yolun maksimum kapasitesinin altında sürücülerin hızlarını istedikleri gibi ayarlayabildikleri veya manevra yapabildikleri, zorunlu yavaşlama veya durma eylemlerinin oluşmadığı veya en azından sıklıkla tekrarlanmadığı bir yoldaki düzenli ve sürekli bir akımın olduğu trafik şartları” olarak tanımlanmaktadır.



Şekil 1.6- Hacim-Hız-Yoğunluk ilişkisi

Hız (km/sa), trafik hacmi (araç/sa) ve yoğunluk (araç/km) arasındaki ilişki Şek. 1.6’da görüldüğü gibidir. Bu ilişkiler yolun hizmet kalitesini veya kapasitesinde belirlediğinden dolayı karayollarının sınıflandırılmasında bir rehber olarak gözönüne alınmalıdır.

İki şeritli karayollarında hizmet seviyesi, k-faktörü ve topografik şartlara bağlı olarak yaklaşık kapasite değeri YOGT (Yıllık Ortalama Günlük Trafik) cinsinden Tab. 1.2 bir rehber olarak gözönüne alınmalıdır.

Tablo 1.2- İki Şeritli Karayollarının Yaklaşık Kapasitesi, YOGT/iki yön için

k - Faktörü	A	B	C	D	E
DÜZ					
0,10	2.400	4.800	7.900	13.500	22.900
0,11	2.200	4.400	7.200	12.200	20.800
0,12	2.000	4.000	6.600	11.200	19.000
0,13	1.900	3.700	6.100	10.400	17.600
0,14	1.700	3.400	5.700	9.600	16.300
0,15	1.600	3.200	5.300	9.000	15.200
DALGALI					
0,10	1.100	2.800	5.200	8.000	14.800
0,11	1.000	2.500	4.700	7.200	13.500
0,12	900	2.300	4.400	6.600	12.300
0,13	900	2.100	4.000	6.100	11.400
0,14	800	2.000	3.700	5.700	10.600
0,15	700	1.800	3.500	5.300	9.900
DAĞLIK					
0,10	500	1.300	2.400	3.700	8.100
0,11	400	1.200	2.200	3.400	7.300
0,12	400	1.100	2.000	3.100	6.700
0,13	400	1.000	1.800	2.900	6.200
0,14	300	900	1.700	2.700	5.800
0,15	300	900	1.600	2.500	5.400

Not: Tüm değerler 100 rakamına yuvarlatılmıştır.

k-Faktörü “k=Saatlik Trafik Hacmi/YOGT” olarak gözönüne alındığından dolayı

- Bölünmüş yollar için k = 0,14~0,15 (tercihan 0,15)
- Devlet yolları için k = 0,13~0,14 (tercihan 0,14)
- Önemli il yolları için k = 0,11~0,13 (tercihan 0,13)
- Diğer il yolları için k = 0,10~0,12 (tercihan 0,12)

olarak alınması uygun olacaktır. Ancak k değerinin kent dışı yollar için 0,10 ila 0,25 arasında değişebileceği gözönünde tutulmalıdır.

Yolun hizmet seviyesi

- A-Hizmet Seviyesi: Kararlı akım ama noktasal işletme hızı trafik şartlarından dolayı zaman zaman etkilenmekte ve serbest akım şartları geçerli
- B-Hizmet Seviyesi: Kararlı akım ama hız ile manevra kontrol altında tutulabilmekte ve serbest akıma oldukça yakın

- C-Hizmet Seviyesi: Kararsız akıma yaklaşılmakta yani max kapasite ci-varında olup stabil akım şartları halen geçerli
 - D-Hizmet Seviyesi: Kararsız akım yani dur/kalk eylemleri başlamakta ve/veya zaman zaman oluşmakta ve stabil olmayan akıma yaklaşılmakta
 - E-Hizmet Seviyesi: Kararsız akım şartları giderek artmakta ve stabil akım çok az yada yok denecek kadar mevcut
 - F-Hizmet Seviyesi: Zorlamalı akım veya tıkanıklık veya sık sık durma-kalkma-bekleme eylemleri olmakta
- olarak gözönüne alınmalıdır.

Yolun ekonomik ömrü veya hizmet süresi

- Otoyollar için 50~75 yıl
- Bölünmüş yollar için 35~50 yıl
- Arterler için 25~35 yıl
- Toplayıcı yollar için 15~25 yıl
- Lokal yollar için 10~20 yıl

olarak gözönüne alınması yeterli ve uygundur. Tünel–Köprü–Viyadük–Kavşak–Kaplama–Drenaj yapılarının tasarımında yukarıda belirtilen ekonomik ömürler esas alınmalıdır.

Tablo 1.3- Önerilen Minimum Tasarım Servis Seviyesi (FHWA)

YOL TİPİ	Kentdişi Düz Arazi	Kentdişi Dalgalı Arazi	Kentdişi Dağlık Arazi	Kentçi,Kent Girişi,Kent Merkezi ve Yerleşim Geçişi
Otoyol	B	B	C	C veya D
Bölünmüş Yol	B	B	C	C veya D
Arter	B	B	C	C veya D
Toplayıcı Yol	C	C	D	D
Lokal Yol	D	D	D	D

Yolun sınıfına bağlı olarak yolun trafiğe açıldığında olması gerekli hizmet seviyesi Tab. 1.3’de verilmiştir. Esasen yolun trafiğe açıldığında A Hizmet Seviyesi ile hizmet vermesi en uygunu olsada Tab. 1.3’de önerilen hizmet seviyeleri minimum değerler olarak dikkate alınacaktır. Bilindiği gibi, C Hizmet Seviyesi’ne kadar stabil akım şartları geçerli olup C Hizmet Seviyesi’nden sonra zorlamalı akım şartları oluşmaktadır. Yani C Hizmet Seviyesi’ne kadar trafik akımları olumsuz akımlara maruz kalmamaları nedeniyle otoyol-bölünmüş yol-ana arter’lerin trafiğe açıldığı sırada B Hizmet Seviyesinde olmalarının pek sakıncası olmayacaktır.

Tasarımı yapılacak yolun

- Karayolu ulaşım planlama teknikleri ile yolun trafiğe açıldığında ve 5, 10, 15,yıl sonraki trafik hacimleri otomobil-otobüs-kamyon-TIR olmak üzere ayrı ayrı YOGT değeri

- Standart tek dingil yükü (8,2 ton) tekerrür sayısı (20 yıl için)
- Yolun ekonomik ömrü
- Kaba maliyeti (TL/km cinsinden)
- Kısa–orta–uzun dönemli yolun sınıfı

belirlendikten sonra planlama ve tasarım amacıyla kullanılacaktır.

1.2. YOL TASARIMININ ESASLARI

Yol tasarımı veya yol geometrik tasarımı, dikkate alınan yolun görünür boyutlarının tasarımı olarak düşünülse de asıl amacı yolun-sürücülerin-yayaların-taşıtların-trafik akımının hem fonksiyonel hemde işletme (operasyon) özelliklerine hizmet etmekle yükümlü ve sorumludur. Yol tasarımı farklı yol tipleri ile sınıfları için yatay/düşey eksenlerinin oluşturulması, yatay/düşey eksenlerinin ayrı ayrı ve birlikte uyum içinde olması, uygun tip kesitlerinin (şerit, banket, yolkenarı elemanları, vb.) belirlenmesi ve uygun kavşak tiplerinin saptanması için gerekli etütleri yaparak gerçekleştirilir. Ayrıca yolun geometrik tasarımı ile boyutları, sürücü istekleri-yolu kullanan ve/veya yola komşu olanların yoldan beklentileri-yol güvenliği-konfor gibi hususları sağlamalıdır. Bunların yerine getirilmesi esnasında yola komşu arazilerin kullanım tipi-özellikleri-gelecekteki olası değişimi, yolkenarı özellikleri ile yol güvenliği üzerindeki olumsuz etkileri, çevresel faktörler (iklimsel şartlar, kamulaştırma olanakları ile maliyetleri, çevreye olumsuz olası etkileri, ekonomik kalkınmaya etkileri, vb.) ve yolun toplam maliyeti (planlama+etüt proje+kamulaştırma, yapım, bakım/onarım, vb.) ve elde edilecek faydalar (zaman kazancı, konfor kazancı, istihdam yaratımı, bölgesel kalkınma kazancı, milli ekonomiye katkı, vb.) gibi hususlar dikkate alınmak kaydıyla bir dizi kısıtlamalar (baskı gruplarının etkisi, bütçe kısıtlamaları, topoğrafik zorluklar, politik yaklaşımlar veya tercihler, vb.) ile özel bir takım hususlar gözönünde bulundurulması gereklidir.

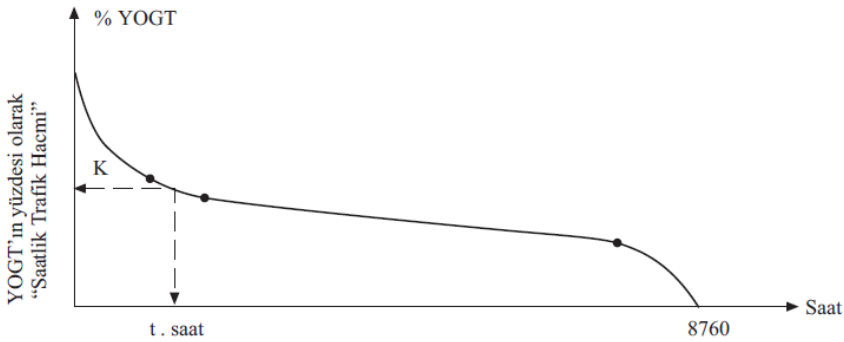
Yol tasarımı sırasında güzegağın topoğrafyası (yani arazi yapısı) yolun aliyman uzunluğunu, kurb yarıçaplarının büyüklüğünü, eğimini ve enkesitini önemli ölçüde etkiler. Yolun geçtiği arazinin dalgalı ve özellikle dağlık olması halinde çok sık kurbalar ve kısa aliymanlar ile güzergah teşkil edilmek zorunda kalındığı gibi ekonomik nedenlerden ötürü banket genişliklerinde azaltılması gerekecektir. Yol güzergahı her bir km’de geçilen 5 m’lik eşdüzey eğrilerinin sayısına bakılarak arazinin yapısı üç ayrı şekilde tanımlanır. Bunlar;

- **Düz Arazi:** 0 ila 10 adet 5 m’lik eşdüzey eğrisi/km (yani 0 ila 50 m yokuş yukarı veya yokuş aşağı olarak veya % 5 eğime kadar olan arazi). Ağır vasıtaların otomobiller ile hemen hemen aynı hızda olabilmesini sağlayan eğimlere sahip olan arazi yapısı düz arazi olarak tanımlanır.

- **Dalgalı Arazi:** 11 ila 25 adet 5 m’lik eşdüzey eğrisi/km (yani 55 ila 125 m yokuş yukarı veya yokuş aşağı olarak yani %5,5 ila %12,5 eğime kadar olan

arazi). Ağır vasıta hızlarının otomobillere nazaran oldukça düştüğü fakat konvoy oluşumunun olmadığı hızları sağlayabilen eğim miktarına sahip arazi yapısıdır.

- **Dağlık Arazi:** 25 adetten daha fazla 5 m'lik eşdüzey eğrisi/km (yani 125 m'den daha fazla yokuş yukarı veya yokuş aşağı olarak yani %12.5'dan daha fazla olan arazi). Ağır vasıta hızlarının konvoy (kuyruk) oluşumuna, hızın iyice azalmasına ve dolayısıyla gecikmelerin artmasına sebebiyet veren yüksek eğimlere sahip olan ve ayrıca yapım güçlüğü ile yüksek maliyet gerektiren arazi yapısıdır. Bunlara ilaveten, bu tip arazide yatay ve düşey eksenlerin uyumu (kombinasyonu) zorlukla sağlanabilmekte ve hatta sağlanması mümkün olamamaktadır.



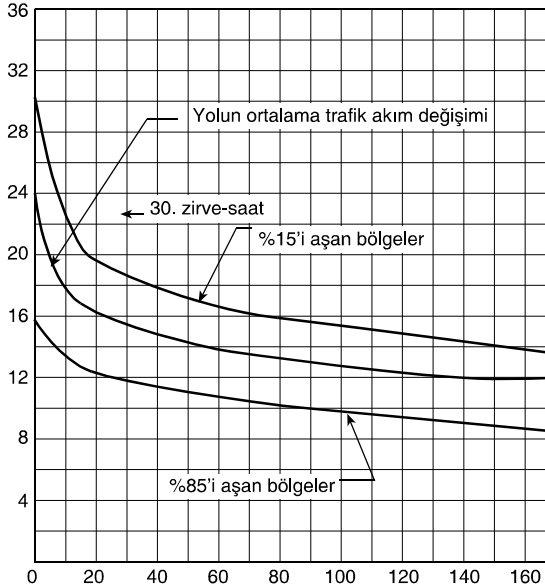
Şekil 1.7- Trafik Hacminin Yıl İçindeki Saatlik Değişimi (YOGT'ın yüzdesi veya en yüksek t. saat)

Tasarımı yapılacak yolun sahip olacağı trafik miktarının hacmi (yani büyüklüğü) ile kompozisyonu (yani otomobil, otobüs, kamyon ve TIR'ın oranları) çok önemli tasarım kısıtlarıdır. Zira trafik hacmi arttıkça kaza oranları (kaza sayısı/araç-km, kaza sayısı/km, kaza sayısı/kavşağa giren milyon araç, vb.)'da artmakta ve buda şerit sayısının artmasını, yol geometrik özelliklerinin iyileştirilmesini ve tasarım hızının artmasını gerektirmektedir. Yolun trafiğe açıldığı tarih ile 20 yıl sonraki trafik hacmi birlikte gözönünde tutularak yolun tasarımı yapılmalıdır. Ayrıca YOGT (Yıllık Ortalama Günlük Trafik), OGT (Ortalama Günlük Trafik) ve TSTH (Tasarım Saatlik Trafik Hacmi) yol tasarımı için gerekli olup saat-gün-ay-mevsim-yıl içinde büyük değişiklik gösterdiği gibi zaman içinde önemli değişim göstermektedir. Trafik hacminin yıl içindeki değişimi sırasında minimum ile maksimum değerler arasında çok büyük farklar olması nedeniyle tasarımcı hangi saatlik trafik hacmini esas alması gerektiğini belirlemek zorundadır. Şekil 1.7'de bir yıl içindeki tüm saatlerdeki (yani $365 \times 24 = 8760$ saat olarak) saatlik trafik hacmini en yüksekten en düşüğe sıralanıp çizilen eğri görülmektedir. Bu tipik değişim eğrisi tüm dünyada ve tüm yol sınıfları için geçerli olup dirsek yaptığı bölge (yani keskin eğriden doğrusal değişime geçtiği kesimdeki eğrilik derecesinin azaldığı bölge) genellikle 10. ila

100. ama çoğunlukla 20. ila 40. en yüksek saatleri arasındaki zirve-saat dikkate alınmaktadır. Bir çok ülke ve karayolu kurumu 30. veya 40. zirve-saat'i TSHT olarak kabul etmektedir. Genel olarak;

- Kentdışı yollar için
 - Arterler ile majör toplayıcı yollar için 30. zirve-saat
 - Minör toplayıcı yollar için 40. zirve-saat
- Kentçi yollar için
 - Majör arterler için 10. ila 30. zirve-saat
 - Majör toplayıcı yollar için 20. ila 40. zirve-saat
 - Minör toplayıcı yollar için 50. ila 70. zirve-saat
 - Lokal yollar için 100. ila 200. zirve-saat

olarak alınması birçok ülkede kabul görülmektedir.



Şekil 1.8- Farklı n. Saat Seçeneği için Abak (FHWA)

Şek. 1.8'de yatay eksen "Kabul edilen n. zirve-saat'den daha büyük trafik hacmine sahip bir yıldaki saat sayısı" iken dikey eksen ise "saatlik trafik hacminin yüzdesi cinsinden iki yöndeki saatlik trafik hacmi olarak" gösterilmiştir.

n. saati ne kadar yüksek seçersek okadar emniyetli tarafda kalınmakda ama bu seferde yüksek TSTH'den dolayı yapım maliyeti ciddi bir şekilde artmaktadır. Zira TSTH (Tasarım Saatlik Trafik Hacmi) belirlenerek yol tasarımı yapılmaktadır. TSTH'nin belirlenmesi için Tab. 1.4 bir rehber olarak kullanılabilir.

Tablo 1.4- YOGT'ın Yüzdesi Olarak Alınacak TSTH Değeri (ITE)

YOL TİPİ	YOGT'ın Yüzdesi Olarak TSHT Değeri
Rekreasyon Yolu (Yüksek Hacimli)	%38
Rekreasyon Yolu (Düşük Hacimli)	%24
Kent dışı Yol (Yüksek Hacimli)	%15
Kent dışı Yol (Yüksek Hacimli)	%19
Kent Girişi Yol	%12
Kent içi Transit Yol	%8

Rekreasyon yolları hafta sonu veya yaz mevsiminde yoğun olarak kullanılırken diğer zamanlarda çok az kullanıldıklarından ötürü tasarım saatlik hacmi, YOGT'a oranı daha yüksek olacaktır.

Trafik hacminin yönsel dağılımı yolun sınıfına bağlı olarak kent dışı yollarda %55 ila %70 olabilsede zirve saat için %40/60 gibi kabul etmek uygun olacaktır. Kent içi yollarında özellikle major toplayıcı yollarda %70/30 ve hatta daha fazlada görülebilmektedir. Ancak yönsel dağılımının sabah ve akşam zirve-saat'lerde olacağı ama diğer saatlerde %50/50'ye yakın olacağı gözönünde tutulmalıdır. Eğer kent dışı bir yolda yönsel dağılım %60 ise ve TSTH ise YOGT'ın %15'i ise $0,60 \cdot 0,15 = \%9$ olarak yönsel saatlik trafik hacmi olacaktır. Yani yolun YOGT değeri biliniyorsa $YOGT \cdot 0,09$ kadarı yönsel saatlik trafik hacmi olacak demektir.

Kent dışı veya kent içi bir yolda zirve-saat'de her 15 dakikalık ölçümler 2800, 3200, 3350 ve 2400 araç ise toplam 11.750 araç/saat yerine en yüksek 15 dakikadaki ölçüm ile $3350 \cdot 4 = 13.400$ araç/saat trafik hacmi dikkate alınarak tasarımlar yapılmalıdır. Yol tasarımı sırasında yasal hız (V_{yas}), işletme hızı (V_{85}) ve tasarım hızı (V_t) birlikte ele alınmalıdır. Ayrıca trafik mühendisliğinde çok değişik hız türleri (Örneğin; ortalama hız, noktasal hız, zaman ortalama hızı, mesafe ortalama hızı, ortalama seyahat hızı, tavsiye hızı, konvoy hızı, modal hız, vb.) mevcut olup yol tasarımında yukarıda belirtilen üç hız birlikte ele alınmalıdır. Ayrıca Yolun belirli bir kesiminde veya tümünde düşey trafik hızları ile sürücüye "Hız Limiti veya Tavsiye Hızı" hem bilgi hemde uyarı amaçlı olarak bildirildiğinde yasal hız olarak kabul edilmektedir.

İşletme hızı (V_{85}), belirli bir yol kesimi veya yolun belirli bir tasarım özelliği olan kesimler (Örneğin; alıyman, keskin veya çok keskin kurb, geçiş yasağı bölgesi, kavşak, yaya geçiş bölgesi, vb.) dikkate alınarak ölçülen hızların en yavaş hızdan en yüksek hıza kadar sıralandığında hızların %85'inden daha az olan hızların en yükseği olarak belirlenir. Yani ölçülen hızların %85'i işletme hızından daha az iken %15'i ise işletme hızından daha fazla olmaktadır.

İşletme hızı (V_{85}) yol ve trafik mühendisliği için önemli olması nedeniyle çok sayıda yapılan araştırmalar sonucunda bir takım regresyon eşitlikleri elde edilmiş olup $R^2 > 0,70$ olması halinde güvenilir olarak kabul edilmektedir. Bunlardan bazıları;

- $V_{85} = 12 + 0,98 V_{Yas}$; Kentdışı yollar için
- $V_{85} = 14 + 0,963 V_{Yas}$; Kentiçi yollar için

olarak saptanmıştır. Kentdışı yollarda yasal hız 90 km/sa ve kentiçi yollarda ise 50 km/sa olduğuna göre

$$V_{85} = 12 + 0,98 * 90 \approx 100 \text{ km/sa} > 90 \text{ km/sa}$$

$$V_{85} = 14 + 0,963 * 50 \approx 62 \text{ km/sa} > 50 \text{ km/sa}$$

olarak bulunur ki işletme hızı hep yasal hızdan daha fazla olduğu görülmektedir. Bu nedenle; yasal hız ne olursa olsun tasarım hızı

- $V_t = V_{yas} + 10 \sim 20 \text{ km/sa}$; Kentdışı/Kentiçi arterler için
- $V_t = V_{yas} + 5 \sim 10 \text{ km/sa}$; Kentdışı/kentiçi toplayıcı yollar için
- $V_t = V_{yas}$; Kentdışı/kentiçi lokal yollar için

olarak almak yol güvenliği açısından uygun olacaktır.

AASHTO 2018 en son baskısında tasarım hızı ile işletme hızı ilişkisini Tab. 1.5'deki gibi belirtmektedir.

Tablo 1.5- Tasarım Hızı-Ortalama İşletme Hızı İlişkisi (AASHTO 2018)

Tasarım Hızı (km/sa)	Ortalama İşletme Hızı (km/sa)
30	30
40	40
50	47
60	55
70	63
80	70
90	77
100	85
110	91
120	98
130	102

Not: $V_{tas} > V_{yas}$ olarak tasarlanacak yollar için

Tab. 1.5'den görüleceği gibi, $V_{tas} > V_{yas}$ olarak tasarlanan yollarda ortalama işletme hızı tasarım hızından daha az olmakta ve böylece emniyetli tasarımlar sağlanabilmektedir.

Yol kullanıcılarının alternatif güzergahları ile ulaşım modları (yani türleri)'nin seçiminde veya tercih edilmesindeki en önemli husus hızlı ulaşım olacaktır. Zira yolcu ve yüklerin güvenilir-hızlı-elverişli-ekonomik bir şekilde bir noktadan diğer noktaya taşınması doğrudan seyahat hızı ile ilgilidir. Araçların hızları aşağıdaki beş genel faktöre bağlıdır.

- Yolun geometrik ölçütleri
- Ana yola bağlanan yolların sayısı ve ara mesafeleri
- Meteorolojik ve iklimsel şartlar

- Diğer araçların varlığı ve kompozisyonu
- Hız limiti (yasal hız ve/veya trafik kontrol araçları ile belirtilen)

Yolun geometrik tasarımı için enkesit-yatay/düşey eksen-kavşak olmak üzere sürücü-yolcu-yaya'ların operasyonel kalite (yani hizmet seviyesi)-konfor-güvenlik gözönünde tutulması gerekli ve zorunludur. Bu nedenle;

- Tasarım hızı
- Bölünmüş veya bölünmemiş yol olması
- Şerit ve banket genişliği
- Aliyman uzunluğu ve eğimi
- Geçiş yasak bölgesi uzunluğu
- Yatay/düşey eksenlerin uyumu
- Yatay kurb yarıçapı, dever ve geçiş eğrisi
- Düşey kurb uzunluğu veya yarıçapı
- Görüş (duruş, geçiş, yanal, vb.) mesafesi
- Düşey-ufki-yanal açıklıklar
- Drenaj yapıları, köprü genişliği, dolgu/yarma sevi

gibi hususlar yol tasarımı için gerekli olup araç operasyonu-konfor-güvenlik-seyahat süresi gibi unsurları doğrudan etkilemektedir.

Kavşaklar iki veya daha fazla farklı yolların keşiştiği noktalar olması nedeniyle araç/araç ve araç/yaya çakışma noktaları yaratarak kaza riski oluşturmaktadır. Ayrıca kentiçi trafik kazalarının büyük çoğunluğu kavşaklarda olmakta iken buna karşılık kent dışı yollarda ise kavşaklar arasındaki kesimlerde büyük çoğunlukta ve azda olsa kavşaklarda trafik kazaları meydana gelmektedir. Bu nedenle kavşakların tasarımı, elverişlilik-hız-kapasite-maliyet gibi hususlarda önemli rol oynamaktadır. Güvenli kavşak tasarımı için

- Hem kavşağın kollarında hemde kavşağın içinde hareket eden araçların ve yayalar için gerekli görüş mesafesinin
- Trafik kontrol elemanlarının (düşey/yatay işaretleme, tali yol yaklaşım kollarında DUR-YOLVER uyarı işaretleri, flaşör ile uyarı, enine sarsma bantları veya hız hörgücü ile hız azaltma tedbirleri, kamera (yani red-light camera) ile kavşakların denetimi, trafik sinyalizasyonu, vb.)
- Sol-Dönüş'ler için güvenli ve etkili sol-dönüş şeritlerinin
- Trafik hacmi yüksek olan kavşaklarda sağ-dönüş şeritlerinin
- Trafik hacmi orta ila yüksek olan kavşaklarda hızlanma/yavaşlama şeritlerinin
- Çakışma nokta sayısını azaltmak amacıyla trafik adalarının
- Kavşağa bitişik yollardaki olumsuz operasyonel etkilerini (örneğin; kuyruk, tıkanma, gecikme, vb.) azaltmak için kavşağın yeterli kapasiteye sahip olmasının

- Yayaların güvenli kullanımının

sağlanması hususlarında azami titizlik ve çaba sarfedilmelidir. Ayrıca kavşak tasarımı konusunda yeterli büyüklükte arazi temini, kamulaştırma problemleri, kavşak kollarının çarpıklığı, kavşağın tepe üstünde veya kurbda oluşu, trafiğin hacmi ile tipi (sağ/sol dönüş yapan, sapmayan trafik ve bunların herbirinin hacmi), yol kullanıcıları (sürücü, yaya, bisikletli, transit araçlar, vb.), kavşak konumu (kent dışı, kentiçi, kent girişi) gibi kısıtlar ile konum özellikleri gibi bir takım hususlar kavşak tipinin seçiminde ve tasarım detaylarında önemli rol oynayacağı daima gözönünde tutulmalıdır. Bunlara ilaveten kavşak tasarımında tasarım aracının seçimi ayrıca önemli bir husustur. Çünkü tasarım aracının büyüklüğü dönüş yörüngesinin büyüklüğü, refüj tipi-şekli-büyüklüğü, sağ/sol dönüş yönlendirmesi, ada tipi-şekli-konumu-büyüklüğü, dönüş yarıçapları, yönlendirme yer işaretleri, vb. hususlarda oldukça büyük rol oynamaktadır.

Yol kullanıcılarının (yayalar ve sürücülerin) olduğu kadar araçlarında kullandığı dikkate alınarak yol tasarımlarının yapılması gereklidir. Dolayısıyla araçların boyutları, yol geometrik özelliklerinin belirlenmesinde çok önemli bir husustur. Tab. 1.6’da araçların yol tasarımı için gerekli olan boyutları verilmiştir.

Tablo 1.6- Tasarım Aracı Boyutları (AASHTO 2018)

Araç	Sembol	Yükseklik	Genişlik	Uzunluk	Min.Tasarım Dönüş Yarıçapı
Otomobil	P	1,30	2,13	5,75	7,26
Kamyon	SU-9	3,35-3,41	2,44	9,14	12,73
Kamyon(3-Aks)	SU-12	3,35-3,41	2,44	12,04	15,60
Kent dışı Otobüs	BUS-12	3,66	2,59	12,36	12,70
Kent dışı Otobüs	BUS-14	3,66	2,59	13,86	13,40
Kentiçi Otobüs	CB	3,20	2,59	12,19	12,80
Körüklü Otobüs	A-BUS	3,35	2,59	18,29	11,60
TIR	WB-12	4,11	2,44	13,87	12,00
TIR	WB-19	4,11	2,44	21,03	12,60
TIR	WB-20	4,11	2,59	22,40	13,66

Not: Tüm ölçüler metre cinsindendir.

1.3. TASARIM KISITLARI ve KRİTERLERİ

Yolun hizmet verdiği mekana göre yani kent dışı ve kentiçi yollar olmak üzere iki ana sınıflandırma yapılmaktadır. Ancak birde kent girişi yollar vardır ki ne kent dışı nede kentiçi trafik akım şartlarına uymamaları nedeniyle üçüncü bir yol sınıfı olarak dikkate alınmaktadır.

Şek. 1.5’de açıkça görüldüğü gibi, yolun hizmet tipi yani “Hız Yapabilirlik” ile “Erişilebilirlik” eyleminin hizmet oranı (veya paylaşımı) birbirlerinden oldukça çok farklılık göstermektedir. Kent dışı yollarda başlangıç ile varış noktaları arasında Hızlı-Güvenli-Elverişli bir ulaşımın sağlanması esastır. Yani hızlı bir

ulaşım öncelikle arzulanırken güvenli ve elverişli (yani konfor, uygun aktarma olanakları, seyahat süresi, seyahat maliyeti, uygun tarife, vb.) bir ulaşım sağlanmak suretiyle yolların tasarımı gerçekleştirilmelidir. Halbuki kentiçi yollarda en az gecikme ile varılmak istenilen noktalara (örneğin; iş, okul, ev, alışveriş, vb.) erişimin özel oto, toplu taşıma, vb. araçlar ile doğrudan veya aktarmalı olarak yapılması arzulanmaktadır. Dolayısıyla kent dışı-transit-çevre yollarında hız yapabilirlik olanağı ile istenilen noktaya varmak esas iken kentiçi yollarda ise en az yürüme ile istenilen noktaya erişimin sağlanması esas olacaktır. Dolayısıyla yolun hizmet tipine göre sınıflaması, bir tasarım kısıtı ve kriteri olmaktadır.

Yine Şek. 1.5 incelendiğinde yolların fonksiyonel sınıflaması hem kent dışı hemde kentiçi olmak üzere

- Arterler (anayollar)
- Toplayıcı yollar
- Lokal (bölgesel) yollar

olarak yapılmaktadır. Bu yolların alt sınıflamasında ise

- Major (veya anayol) arter-toplayıcı-lokal yollar
- Minör (veya taliyol) arter-toplayıcı-lokal yollar

olarak yapılmaktadır. Ayrıca yol tipleri, erişme-kontrol ile trafik akımlarının yönsel ayrımına göre

- Otoyollar (kent dışı veya kentiçi olarak)
- Bölünmüş yollar (kent dışı veya kentiçi olarak)
- Arterler (kent dışı veya kentiçi olarak)
- Toplayıcı yollar (kent dışı veya kentiçi olarak)
- Lokal yollar (kent dışı veya kentiçi olarak)

şeklinde yollar sınıflandırılmalıdır. Tab. 1.7’de yol tasarımı için yolun sınıfı ile hizmet ettiği mekanların bir matrisi verilmiştir.

Tablo 1.7- Yol Sınıfı ile Yolun Hizmet Verdiği Mekanlar (AASHTO 2018)

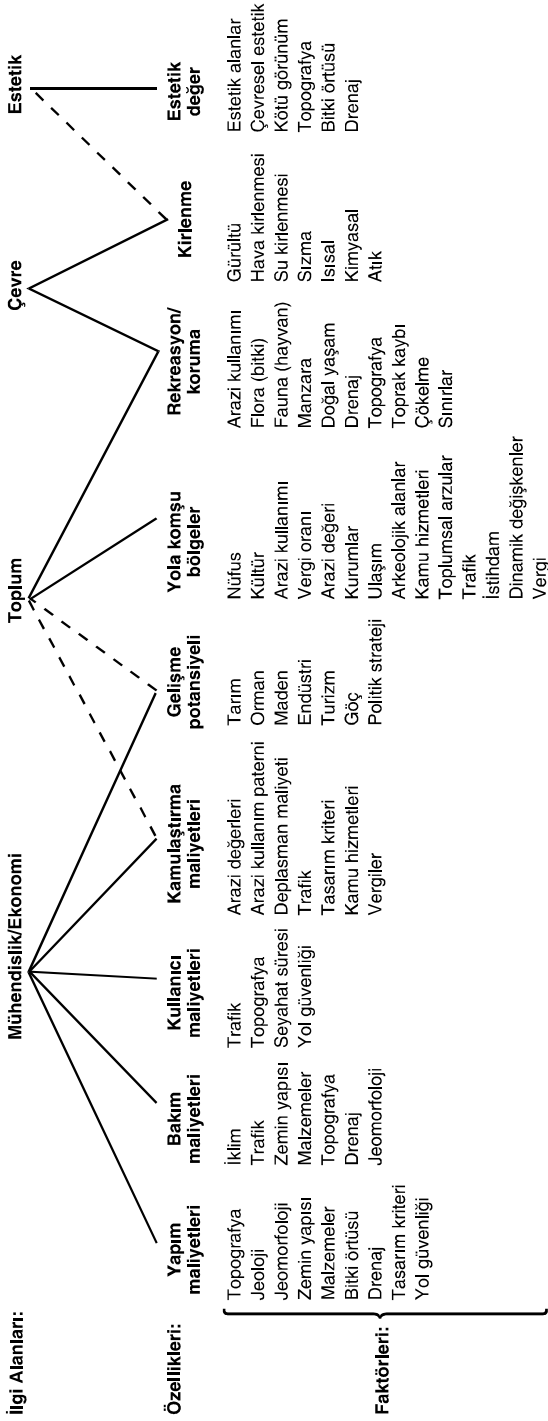
Fonksiyonel Sınıflama	Yolun Hizmet Verdiği Mekanlar				
	Kent dışı	Şehir Geçişi	Kent Girişi	Kentiçi	Kentiçi Merkez
Otoyol					
Kentiçi/Kent dışı Arter					
Kentiçi/Kent dışı Toplayıcı Yol					
Kentiçi/Kent dışı Lokal Yol					

Tab. 1.7’de görülen yolların fonksiyonel sınıflaması ve hizmet verdiği mekan (veya arazi kullanım tipi veya bölge) ile birlikte yol tasarımı üzerinde etkin bir rol oynamaktadır. Zira yola bitişik arazinin kullanım tipi, trafik hacmi ile kompozisyonu, yayaların kullanım sıklığı veya yaya yoğunluğu, sinyalizasyon gereksinimi, transit trafik varlığı ile hacmi, şerit sayısı, kavşak tipi, vb. gibi bir takım hususların tasarım üzerinde etkin bir rol oynaması nedeniyle yolun boyut-

ları ile gereksinimleri farklı olacağı açıktır. Bu durumda $(5*4)-1=19$ farklı tasarım kriteri göz önüne alınmalıdır. Yolların fonksiyonel sınıflaması ile yolun hizmet verdiği mekan ile olan ilişkisi bulunduğu bölge, yol ve yola komşu olan arazilerin kullanım paterninin farklı olması tasarımcıya bir ön bilgi versede tasarım konusunda tasarımcı tarafından kesin kriterlerinin belirlenmesini mümkün kılamayacaktır. Fakat belirli bir fonksiyonel sınıflamaya sahip herhangi bir yol tipi, belirlenmiş tasarım kriterlerini hizmet vereceği mekana göre yapacağı ön çalışmalar neticesinde yolun sahip olduğu bazı kısıtlar (örneğin; kamulaştırma, topoğrafya, zemin koşulları, vb.) ile şartlara bağlı olarak bir çözüm ortaya konulmalıdır. Ayrıca yolun paydaşları olan sürücü-yolcu-yaya için öncelik ve/veya kayırım yapılmadan yolun tasarlanması esas olmalıdır.

Kentiçi yollarda ev-iş veya ev-okul arasında yapılacak seyahat için sırasıyla lokal yol-toplayıcı yol-arter-toplayıcı yol-lokal yol olmak üzere bir güzergah kullanılmakta ve böylece seyahatin hiyerarşik yapısıda ortaya çıkmaktadır. Bu güzergah üzerindeki herbir yol sınıfı yolun sahip olduğu trafik (yani hacmi ile kompozisyonu, araç tipi, yoğunluk, vb.), yola komşu olan arazilerin kullanım tipi, yol ağı (yani şebeke) yapısı ile birbirleriyle bağlantısı, seyahat tipi, vb. gibi hususlar birbirlerinden oldukça farklı karakteristiklere sahip olmaları nedeniyle tasarım kriterlerinde farklı olacağı açıktır.

Sonuç olarak; yol tasarımı oldukça kompleks bir uğraşı olup titiz bir çalışma ile gerçekleştirilmesi zorunludur. Yol tasarım sürecinde bazı hususlar göz önüne alınmalıdır. Bunlar mühendislik ekonomisi, toplumsal beklentilerin saptanması, ekoloji, estetik, vb. olup bu yolun sahip olduğu özellikler (yani bakım/onarım şartları, kamulaştırma olanakları ile maliyeti, yol çevresinin gelişme potansiyeli, çevresel ile iklimsel etkiler, rekreasyon ile koruma alanlarının varlığı, gürültü ile egzoz kirletmesi, vb.) birlikte ele alınıp bunlara ait herbir hususu ayrı ayrı etüt ederek yol tasarımının yapılması gereklidir. Yol tasarımında göz önüne alınması gerekli hususlar ve bu hususlar ile sahip olduğu özellikler arasındaki güçlü ilişki Şek. 1.9'da açıkça görülmektedir.



Şekil 1.9- Yol Tasarımının İlgili Alanları-Özellikleri-Faktörleri Arasındaki İlişki

