

T.C.  
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ

**KENT İÇİ SİNYALİZE VE DÖNEL KAVŞAKLARIN  
KAPASİTE AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI  
ÜMRANIYE İLÇESİ ÖRNEĞİNİN  
İNCELENMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

NECLA ALÇELİK

İSTANBUL, 2010

T.C.  
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ PROGRAMI

**KENT İÇİ SİNYALİZE VE DÖNEL KAVŞAKLARIN  
KAPASİTE AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI  
ÜMRANIYE İLÇESİ ÖRNEĞİNİN  
İNCELENMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

NECLA ALÇELİK

TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. MURAT ERGUN

İSTANBUL, 2010

**T.C.**  
**BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ PROGRAMI**

Tezin Başlığı : Kent İçi Sinyalize ve Dönel Kavşakların Kapasite Açısından Karşılaştırılması – Ümraniye İlçesi Örneğinin İncelenmesi

Öğrencinin Adı Soyadı : Necla ALÇELİK

Tez Savunma Tarihi : 10.06.2010

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğu Enstitümüz tarafından onaylanmıştır.

Yrd. Doç. Dr. Tunç BOZBURA  
Enstitü Müdürü

Bu Tez tarafımızca okunmuş, nitelik ve içerik açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak yeterli görülmüş ve kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri:

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Murat ERGUN

Üye : Dr. Nilgün CAMKESEN

Üye : Dr. Mustafa GÜRSOY

İmzalar

-----

-----

-----

## İTHAF

Yüksek lisans eğitimim boyunca benden desteğini esirgemeyen sevgili eşim Ali Alçelik'e, hayatıma neşe katan değerli varlığım kızım Azra Alçelik'e ve benden ömrüm boyunca desteğini esirgemeyen, canım aileme verdikleri emeklerden dolayı teşekkür ederim.

Tezimin hazırlanması aşamasında desteğinden dolayı tez danışmanım Doç. Dr. Murat Ergun, tez jürimde bulunan Dr. Mustafa Gürsoy ve Dr. Nilgün Camkesen'e ve çalışmam boyunca bilgi birikimi ve önerilerini esirgemeyen Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Ulaştırma Anabilim Dalı öğretim üyesi Doç. Dr. Serhan Tanyel'e teşekkürü borç bilirim

Tez çalışmam süresince her an yanımda olan çok değerli arkadaşım Sezen Gür'e sabrından dolayı ve bilgi birikimlerinden faydalandığım arkadaşlarım Bektaş Kopal, Sinan Yoleri ve Semra Engin'e ilgi ve alakalarından dolayı teşekkür ederim

## ÖZET

### KENT İÇİ SİNYALİZE VE DÖNEL KAVŞAKLARIN KAPASİTE AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI –ÜMRANIYE İLÇESİ ÖRNEĞİNİN İNCELENMESİ

ALÇELİK, Necla

Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Murat Ergun

Haziran 2010, 319 Sayfa

Kavşaklar kent içi yollarda trafik akışının kesintiye uğradığı trafik sıkışıklığının yoğun yaşandığı en önemli alanlardır. Kent içinde trafik akışının sürekliliğinin sağlanabilmesi için kavşakların iyi analiz edilip, kapasite açısından en uygun kavşak tipinin belirlenip, düzenlenmesi gerekir.

Bu çalışmanın amaçları kent içinde kavşak tipinin seçimi, tasarımı, sinyalize ve dönel kavşakların incelenmesi, mevcut örnekler üzerinde sinyalize ve dönel kavşak kapasitesinin karşılaştırılmasıdır.

Çalışmada İstanbul Ümraniye’de bulunan Tepeüstü Mahallesi ve Yukarı Dudullu Mahallesinde bulunan dönel kavşak ve sinyalize kavşak içeren iki karayolu koridoru incelenmiştir. Benzetim programı ile geçeğe uygun bir şekilde simülasyon hazırlanıp, analizler yapılarak mevcut durum ve dönel kavşağın sinyalize kavşak yapıldıktan sonra diğer sinyalize kavşaklara olan etkisi incelenmiş ve kapasiteleri karşılaştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Sinyalize kavşak, dönel kavşak, kavşak tasarımı, kavşak kapasitesi.

## ABSTRACT

### COMPARISON CAPACITY IN TERMS OF URBAN SIGNALISATON AND ROTARY INTERSECTION - CASE INVESTIGATION OF UMRANIYE

ALÇELİK, Necla

Urban Systems and Transportation Management Program

Thesis Supervisor: Doç. Dr. Murat Ergun

June 2010, 319 Pages

Intersections are the most important areas, in the city where the interruption of traffic flow and the intense traffic jam occurs. To provide continuity of traffic flow in urban intersections, they must be analyzed; most appropriate type in terms of capacity must be determined and must be correctly regulated.

The purposes of this study are; the selection of intersection type in rural areas, analysis of signalized and roundabout intersections and comparison of signalized and roundabout intersections' capacities on present forms.

In this study two road corridors including both signalized and roundabout intersections in Tepeustu and Yukari Dudullu districts in Umraniye, İstanbul are investigated. Firstly present form of the network is investigated by simulation program. Than the roundabout intersection is designed as a signalized intersection and the effect on other intersections investigated. Finally both situations are compared in terms of capacity.

**Keywords:** signalized intersections, roundabout intersection, intersection design, junction capacity.

# İÇİNDEKİLER

İTHAF .....	İ
ÖZET.....	İV
ABSTRACT .....	V
TABLolar .....	Xİ
ŞEKİLLER .....	Xİİİ
SEMBOLLER .....	Xİİİ
1. GİRİŞ .....	1
2. EŞ DÜZEY KAVŞAKLAR.....	3
2.1. EŞ DÜZEY KAVŞAK TIPLERİ .....	4
2.1.1. Kol Sayısına Göre Eşdüzey Kavşak Tipleri .....	4
2.1.1.1. Üç kollu kavşaklar .....	4
2.1.1.2. Dört kollu kavşaklar .....	5
2.1.1.3. Çok kollu kavşaklar .....	7
2.1.2. Trafik Kontrol Sistemine Göre Eş Düzey Kavşak Tipleri.....	8
2.1.2.1. Sinyalize kavşaklar .....	8
2.1.2.2. Sinyalize olmayan kavşaklar .....	9
2.1.2.3. Dönel kavşaklar .....	11
2.1.3. Kanalize durumuna göre eş düzey kavşak tipleri .....	13
2.1.3.1. Kanalize edilmiş kavşaklar .....	13
2.2. EŞDÜZEY KAVŞAK TIPLERİNİN SINIFLANDIRILMASI .....	14
2.2.1. Eşdüzey Kavşakların Uygulanabilirliği.....	17
2.2.1.1. Yol sınıflandırması.....	17
2.2.1.2. Kapasitenin değerlendirilmesi.....	18
2.2.2. Kavşak Kategorisinin Seçimi .....	19
2.2.2.1. Öncelikli kavşağın uygulanabilirliği .....	19
2.2.2.2. Denetimli kavşağın kabul edilebilirliği.....	20
2.2.3. Kavşak Tipinin Seçimi .....	21

2.2.3.1. Öncelikli kavşak tipinin seçimi.....	21
2.2.3.2. Sinyalize kavşak tipinin seçimi.....	22
2.3. EŞDÜZEY KAVŞAK TASARIM ESASLARI.....	25
2.3.1. Eşdüzey Kavşak Tasarımında Genel Kriterler .....	27
2.3.2. Eşdüzey Kavşak Planlamasında Dikkate Alınacak Diğer Hususlar .....	30
2.3.3. Görüş Mesafesi Tasarımı.....	32
2.3.4. Eşdüzey Kavşaklarda Trafik Hareketleri.....	32
2.3.5. Eşdüzey Kavşaklarda Çakışmalar.....	34
2.3.6. Eşdüzey Kavşaklarda Damla Tasarımı .....	36
2.3.7. Eşdüzey Kavşaklarda Ada Tasarımı .....	44
2.3.8. Dönel Kavşak Tasarımı .....	54
3. SİNYALİZE KAVŞAKLAR .....	69
3.1. SİNYALİZE KAVŞAKLAR İLE İLGİLİ TANIMLAR .....	69
3.2. SİNYALİZASYON SİSTEMİNİN OLUŞTURULMASI .....	70
3.2.1. Sinyalizasyonun Avantaj ve Dezavantajları .....	71
3.2.2. Sinyalize Kavşak Kontrol Teknikleri .....	73
3.2.3. Sinyalizasyon Hesapları .....	76
3.2.4. Trafik Sinyalizasyonuna İhtiyaç Duyulan Durumlar.....	80
3.2.5. Sinyalizasyonun Gecikme Süresine Etkisi .....	84
3.2.6. Yanlış Sinyalizasyonun Kazalar Üzerine Etkisi .....	85
3.3. SİNYALİZE KAVŞAKLARDA TRAFİK YOĞUNLUĞUNUN DEĞİŞİMİ ...	85
4. DÖNEL KAVŞAKLAR .....	87
4.1. DÖNEL KAVŞAKLARIN ÖZELLİKLERİ.....	87
4.2. DÖNEL KAVŞAKLARIN UYGULANMASINI GEREKTİREN KOŞULLAR.....	89
4.3. TRAFİK KAZALARI VE DÖNEL KAVŞAKLAR.....	90
4.4. DÖNEL KAVŞAKLARIN GEOMETRİK ÖZELLİKLERİ .....	91
4.4.1. Proje Tip Aracı ve Hızı.....	92
4.4.2. Görüş Mesafesi .....	93



4.4.3. Sapma Derecesi .....	93
4.4.4. Orta Ada Çapı .....	93
4.4.5. Dönüş Şeridi Genişliği .....	94
4.4.6. Giriş ve Çıkış Şeritleri .....	94
4.4.7. Ayırıcı Ada .....	94
4.4.8. Kavşak Aydınlatma ve Çevre Düzenlemesi .....	95
4.5. DÖNEL KAVŞAKLARIN KAPASİTELERİNE ETKİYEN DEĞİŞKENLER.....	95
4.5.1. Geometrik Parametreler .....	96
4.5.1.1 Yaklaşım genişliği, giriş genişliği ve giriş şeridi sayısı .....	98
4.5.1.2 Girişte genişlemenin keskinlik derecesi .....	98
4.5.1.3 Karışıklık (ayrılma ve kesişme) noktaları arasındaki mesafe .....	99
4.5.1.4 Kavşağın dıştan dışa çapı .....	99
4.5.1.5 Dönüş şeridi sayısı ve örülme alanının genişliği.....	100
4.5.1.6 Kesişme açısı.....	100
4.5.1.7 Giriş kolundaki ayırıcı ada genişliği .....	101
4.5.2. Trafik Akım Parametreleri.....	101
4.5.2.1 Ana akım .....	102
4.5.2.2 Hız .....	103
4.5.2.3 Ağır araç oranı.....	103
4.5.2.4 Yayılar .....	103
4.6. DÖNEL KAVŞAKLARIN AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI .....	104
5. KAVŞAK KAPASİTE ANALİZLERİ.....	106
5.1. SİNYALİZE KAVŞAKLARDA KAPASİTE ANALİZ YÖNTEMLERİ.....	108
5.1.1. Amerikan Yöntemi .....	111
5.1.1.1 Girdi parametreleri .....	112
5.1.1.2 Akım.....	113
5.1.1.3 Doygun akım .....	115
5.1.1.4 Kapasite ve hacim/kapasite oranı .....	116
5.1.1.5 Performans Ölçütleri .....	119
5.1.2. Avustralya Yöntemi.....	121

5.1.2.1 Kavşak ve trafik akımlarının özellikleri.....	121
5.1.2.2 Kapasite ve doyumluk derecesi.....	123
5.1.2.3 Doygun akımlar.....	125
5.1.2.4 Kritik akımların hesaplanması.....	135
5.1.2.5 Kavşak işletim sistemlerinin belirlenmesi.....	137
5.1.2.6 Sinyal zamanlaması.....	140
5.1.3. Yöntem Karşılaştırılması ve Sonuç.....	145
5.2. DÖNEL KAVŞAKLARDA KAPASİTE ANALİZ YÖNTEMLERİ.....	145
5.2.1. Regresyon Analizi Yöntemi.....	146
5.2.1.1. İngiliz yöntemi.....	147
5.2.2. Kritik Aralık Kabulü Yöntemi.....	154
5.2.2.1. Genel.....	154
5.2.2.2. Yöntemin dayandığı temeller.....	155
5.2.2.3. Kritik aralık değerinin belirlenmesi.....	157
5.2.3. Gecikme.....	164
5.2.4. Ağır Araç Etkisi.....	170
5.3. KAPASİTE VE HİZMET DÜZEYİ.....	172
5.3.3. Kapasite ve Hizmet Düzeyine Etkiyen Faktörler.....	175
6. VERİ TOPLAMA YÖNTEMİ VE BU AMAÇLA GÖZLENEN KAVŞAKLAR	178
6.1. ÇALIŞMADA KULLANILAN VERİLERİN ELDE EDİLMESİ.....	179
6.2. İNCELENEN KAVŞAKLAR.....	180
7. SİNYALİZE KAVŞAK VE DÖNEL KAVŞAK KAPASİTELERİNİN İNCELENMESİ VE KAPASİTELERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI.....	187
7.1. SYNCHRO ANALİZ SONUÇLARI VE KARŞILAŞTIRMA RAPORALARI.....	187
7.2. TEPEÜSTÜ MAHALLESİ'NDE SEÇİLEN KARAYOLU KORİDORUNUN İNCELENMESİ.....	188
7.2.1. Tepeüstü Dönel Kavşağı Karşılaştırmalı Performans Analizi.....	189
7.2.2. Alemdağ Caddesi-Adalet Sokak-30 Ağustos Sokak Kavşağı Karşılaştırmalı Performans Analizi.....	197

7.2.3. Alemdağ Caddesi-Atatürk Caddesi-Özgür Sokak Kavşağı Karşılaştırmalı Performans Analizi .....	205
7.2.4. Alemdağ Caddesi- Caddesi-Oral Sokak-Sakarya Sokak Kavşağı Karşılaştırmalı Performans Analizi .....	212
7.2.5. Tepeüstü Mahallesi'nde İncelenen Koridor Bazında Karşılaştırmalı Performans Analizi .....	221
7.3. YUKARI DUDULLU MAHALLESİ'NDE SEÇİLEN KARAYOLU KORİDORUNUN İNCELENMESİ.....	228
7.3.1. Tavukçuyolu Caddesi-Kiremit Sokak-Şahin Caddesi Kavşağı Karşılaştırmalı Performans Analizi .....	230
7.3.2. Tavukçuyolu Caddesi-Kumru Sokak-Aziz Bulvarı Kavşağı Karşılaştırmalı Performans Analizi .....	238
7.3.3. Tavukçuyolu Caddesi- Çetin Caddesi-Şahin Caddesi Kavşağı Karşılaştırmalı Performans Analizi .....	247
7.3.4. Tavukçuyolu Caddesi-Bayraktar Bulvarı Kavşağı Karşılaştırmalı Performans Analizi .....	256
7.3.5. Y.Dudullu Mahallesi'nde İncelenen Koridor Bazında Karşılaştırmalı Performans Analizi .....	265
8. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	274
KAYNAKÇA .....	284
ÖZGEÇMİŞ .....	290

## TABLULAR

<b>Tablo 2.1:</b> Hemzemin Kavşakların Sınıflandırılması.....	14
<b>Tablo 2.2:</b> Seçim Kriteri.....	16
<b>Tablo 2.3:</b> Hemzemin Kavşakların Kabul Edilebilirlik Tablosuna Örnek.....	18
<b>Tablo 2.4:</b> Farklı Yol Sınıflarında Trafik Kontrol Önlemlerinin Kabul Edilebilirliğine İlişkin Örnek .....	21
<b>Tablo 2.5:</b> Farklı Yol Sınıfı Ve Konumlarında Sinyalize Kavşakların Kabul Edilebilirliğine İlişkin Örnek .....	24
<b>Tablo 2.6:</b> Kavşaklarda Görüş Uzunlukları.....	31
<b>Tablo 2.7:</b> Önerilen Maksimum Tasarım Giriş Hızı .....	59
<b>Tablo 2.8:</b> Yanal Sürtünme Faktörü.....	60
<b>Tablo 2.9:</b> Max R1 Değeri için Yaklaşık R4 Değeri.....	62
<b>Tablo 2.10:</b> Kentiçi Modern Dönel Kavşak Tasarım Değerleri .....	65
<b>Tablo 2.11:</b> Kentdışı Modern Dönel Kavşak Tasarım Değerleri .....	65
<b>Tablo 3.1:</b> İstanbul’da Kavşaklarda Yapılan Çalışmalar .....	72
<b>Tablo 3.2:</b> Trafik Hacimlerine Göre Seçilmesi Gereken Kavşak Tipleri.....	81
<b>Tablo 3.3:</b> Minimum Taşıt Yoğunluğu .....	82
<b>Tablo 3.4:</b> Anayol Kesilmesi.....	82
<b>Tablo 4.1:</b> Değişik Modeller için Parametrelerin Kullanım ve Önem Dereceleri .....	97
<b>Tablo 4.2:</b> Dönel Kavşak Kapasite Analiz Yöntemlerinde Kullanılan Trafik Akımı Parametreleri .....	102
<b>Tablo 4.3:</b> Dönel Kavşakların Öncelik Kontrollü ve Sinyalize Kavşaklar İle Karşılaştırıldıklarında Dönel Kavşakların Avantajları.....	105
<b>Tablo 4.4:</b> Dönel Kavşakların Öncelik Kontrollü ve Sinyalize Kavşaklar İle Karşılaştırıldıklarında Dönel Kavşakların Dezavantajları .....	105
<b>Tablo 5.1:</b> Hizmet Düzeyi Tablosu .....	121

<b>Tablo 5.2:</b> Birim Otomobil / Saat.....	126
<b>Tablo 5.3:</b> Şerit Genişliği Düzeltme Faktörü Tablosu .....	127
<b>Tablo 5.4:</b> Trafik Kompozisyonu Faktörü Tablosu.....	128
<b>Tablo 5.5:</b> Temel Doymun Akım Tablosu .....	129
<b>Tablo 5.6:</b> Giriş Kapasite Parametrelerinin Ölçülmüş ve Pratik Değerleri.....	152
<b>Tablo 5.7:</b> Çok şeritli yollar için hizmet düzeyi kriterleri. (Yayla, 2006).....	176
<b>Tablo 7.1:</b> Tepe Üstü Dönel Kavşağı Karşılaştırmalı Performans Analizi Tablosu....	191
<b>Tablo 7.2:</b> Alemdağ Caddesi&Adalet Sokak&30 Ağustos Sokak Kavşağı.....	198
<b>Tablo 7.3:</b> Alemdağ Caddesi&Atatürk Caddesi&Özgür Sokak Kavşağı Karşılaştırmalı Performans Analizi Tablosu.....	205
<b>Tablo 7.4:</b> Alemdağ Caddesi&Oral Sokak&Sakarya Sokak Kavşağı Karşılaştırmalı Performans Analizi Tablosu.....	214
<b>Tablo 7.5:</b> Tepeüstü Mahallesi'nde İncelenen Karayolu Koridoru Karşılaştırmalı Performans Analizi Tablosu.....	221
<b>Tablo 7.6:</b> Tavukçuyolu Caddesi&Kiremit Sokak&Şahin Caddesi Kavşağı Karşılaştırmalı Performans Analizi Tablosu.....	231
<b>Tablo 7.7:</b> Tavukçuyolu Caddesi&Kumru Sokak&Aziz Bulvarı Kavşağı Karşılaştırmalı Performans Analizi Tablosu.....	240
<b>Tablo 7.8:</b> Tavukçuyolu Caddesi&Acısu Caddesi&Çetin Caddesi Kavşağı Karşılaştırmalı Performans Analizi Tablosu.....	249
<b>Tablo 7.9:</b> Tavukçuyolu Caddesi&Bayraktar Bulvarı Kavşağı Karşılaştırmalı Performans Analizi Tablosu.....	258
<b>Tablo 7.10:</b> Y.Dudullu Mahallesi'nde İncelenen Karaolu Koridoru Karşılaştırmalı Performans Analizi.....	266
<b>Tablo 8.1:</b> Tepeüstü Mahallesinde İncelenen Karayolu Koridorunun Karşılaştırmalı Performans Analizi .....	275
<b>Tablo 8.2:</b> Y. Dudullu Mahallesinde İncelenen Karayolu Koridorunun Karşılaştırmalı Performans Analizi.....	279

## ŞEKİLLER

<b>Şekil 2.1:</b> Üç Kollu Kanalize T Kavşak .....	4
<b>Şekil 2.2:</b> Üç Kollu Kanalize Y Kavşak .....	5
<b>Şekil 2.3:</b> Dört Kollu Kanalize Kavşaklar .....	6
<b>Şekil 2.4:</b> Çok Kollu Kavşakların Yeniden Düzenlenmesi .....	7
<b>Şekil 2.5:</b> Denetimsiz Kavşaklarda Araya Giriş Aralığı.....	10
<b>Şekil 2.6:</b> Denetimsiz Kavşaklarda Öne Giriş Aralığı.....	11
<b>Şekil 2.7:</b> Üç Kollu Yarım Dönel Kavşak .....	11
<b>Şekil 2.8:</b> Dört Kollu Eliptik Dönel Kavşak .....	12
<b>Şekil 2.9:</b> Dört Kollu Mini Dönel Kavşak .....	12
<b>Şekil 2.10:</b> Modern Dönel Kavşak.....	13
<b>Şekil 2.11:</b> Kavşak seçim modeli .....	15
<b>Şekil 2.12:</b> Bir Hemzemin Kavşağın Kapasitesinin Kontrol Edilmesine İlişkin Örnek Diyagram.....	18
<b>Şekil 2.13:</b> Öncelikli Kavşakların Güvenlik Değerlendirmesi İle İlgili Örnek Diyagram.....	19
<b>Şekil 2.14:</b> Öncelikli Kavşakların Güvenlik Değerlendirmesi İle İlgili Örnek Diyagram.....	20
<b>Şekil 2.15:</b> Öncelikli Kavşak Tip I .....	21
<b>Şekil 2.16:</b> Öncelikli Kavşak Tip II.....	22
<b>Şekil 2.17:</b> Öncelikli Kavşak Tipinin Seçimine İlişkin Örnek .....	22
<b>Şekil 2.18:</b> Dönel Kavşak .....	23
<b>Şekil 2.19:</b> Sinyalize Kavşak .....	23
<b>Şekil 2.20:</b> Ne Zaman Dönel Kavşağın Seçilmesi ve Ne Zaman Sinyalize Kavşağın Göz Önünde Bulundurulması Gerektiğine İlişkin Örnek Diyagram .....	24
<b>Şekil 2.21:</b> Çeşitli Eşdüzey Kavşak Tipleri .....	26

Şekil 2.22: Çarpışma Açılarının Güvenliğe Etkisi .....	27
Şekil 2.23: Kavşakta Tali Kolların Birleşme Şekilleridir .....	29
Şekil 2.24: Kavşaklarda Görüş .....	31
Şekil 2.25: Kavşaklarda Üçgen Görüş Alanları.....	31
Şekil 2.26: Eşdüzey Kavşaklarda Trafik Hareketleri .....	33
Şekil 2.27: Çakışma Tipleri .....	35
Şekil 2.28: Büyük Damla.....	36
Şekil 2.29: $\alpha < 80g$ Büyük Damla .....	37
Şekil 2.30: $\alpha > 120g$ Büyük Damla .....	38
Şekil 2.31: $80g < \alpha < 120g$ Küçük Damla .....	40
Şekil 2.32: $\alpha < 80g$ Küçük Damla .....	41
Şekil 2.33: $\alpha > 120g$ Küçük Damla .....	42
Şekil 2.34: Damlalı Kavşakta Köşe Ada Tasarımı .....	43
Şekil 2.35: Kavşağın Adalar ile Kanalize Edilmesi.....	45
Şekil 2.36: Yönlendirme Adası.....	46
Şekil 2.37: Ayırma Adaları.....	47
Şekil 2.38: Refüj Adası ile Sol Dönüşlerin Önlenmesi .....	47
Şekil 2.39: Trafik Kontrol Araçlarının Tesisi.....	48
Şekil 2.40: Taşıtların Depolanması.....	48
Şekil 2.41: Yayaların Korunması .....	48
Şekil 2.42: Adaların Muhtelif Uygulamaları .....	50
Şekil 2.43: Kentiçi Yollarda Köşe Adalarının Tasarımı.....	52
Şekil 2.44: Kent dışı Yollarda Köşe Adalarının Tasarımı .....	53
Şekil 2.45: Köşe Adası Detayı.....	53

<b>Şekil 2.46:</b> Ayırma Adası Detayı.....	54
<b>Şekil 2.47:</b> Mini Dönel Kavşak .....	55
<b>Şekil 2.48:</b> Modern Dönel Kavşak Elemanları .....	57
<b>Şekil 2.49:</b> Modern Dönel Kavşaklarda Çakışmalar .....	58
<b>Şekil 2.50:</b> Modern Dönel Kavşaklarda Yaya-Taşıt Çakışması .....	59
<b>Şekil 2.51:</b> Dönel Kavşakta Yörünge Yarıçapları .....	61
<b>Şekil 2.52:</b> Tek Şeritli Modern Dönel Kavşakta Giriş Kurbu Tasarımı .....	62
<b>Şekil 2.53.a:</b> Çift Şeritli Modern Dönel Kavşakta Giriş Kurbu Tasarımı (Başlangıç giriş kurbunun büyük yarıçaplı olması durumu).....	63
<b>Şekil 2.53.b:</b> Çift Şeritli Modern Dönel Kavşakta Giriş Kurbu Tasarımı (Başlangıç giriş kurbunun küçük yarıçaplı olması durumu).....	63
<b>Şekil 2.53.c:</b> Çift Şeritli Modern Dönel Kavşakta Giriş Kurbu Tasarımı .....	64
<b>Şekil 2.54:</b> Giriş Genişliğinin Artırılması.....	66
<b>Şekil 2.55:</b> Dönel Kavşakta İlave Sağ Dönüş Şeridi Tasarımı .....	66
<b>Şekil 2.56:</b> Bölünmüş Yaya Adalarının Geometrik Tasarımı.....	67
<b>Şekil 2.57:</b> Kent dışı Yollarda Modern Dönel Kavşak Yaklaşımında Hız Düşürmek Amacıyla Uygulanan Ayırma Adası Tasarımı .....	68
<b>Şekil 2.58:</b> Modern Dönel Kavşakta Üçgen Görüş Mesafesi .....	68
<b>Şekil 3.1:</b> Dört Fazlı Sistem.....	78
<b>Şekil 3.2:</b> Sinyalizasyonun Gecikmelere Etkisi.....	84
<b>Şekil 3.3:</b> Duran Trafik Akımına Ait Akım-Yoğunluk Durumu .....	85
<b>Şekil 3.4:</b> İlk Harekete Başlayan Trafik Akımına Ait Akım-Yoğunluk Durumu.....	86
<b>Şekil 4.1:</b> Dönel Kavşak Girişinde, Araç Yönünün Saptırılması .....	88
<b>Şekil 4.2:</b> Dönel Kavşak Girişinde Şerit Sayısının ve Genişliğin Arttırılması.....	88
<b>Şekil 4.3:</b> Dönel Kavşaklarda Dikkate Alınan Geometrik Elemanlar .....	92



<b>Şekil 4.4:</b> Dönel Kavşak Yaklaşımı.....	94
<b>Şekil 4.5:</b> Kullanılan Geometrik Parametrelerin Gösterimi .....	96
<b>Şekil 5.1:</b> Kapasite Açısından Kavşak Tipleri.....	107
<b>Şekil 5.2:</b> Kavşaklarda Kapasite .....	108
<b>Şekil 5.3:</b> Sinyalize bir kavşakta trafik akımının boşalması.....	109
<b>Şekil 5.4:</b> Amerikan Yöntemi .....	111
<b>Şekil 5.5:</b> Şerit Hareketleri ve Akım İlişkisi.....	114
<b>Şekil 5.6:</b> Örnek Kavşak .....	118
<b>Şekil 5.7:</b> Doygun Akım ve Etkin Yeşil Süre.....	123
<b>Şekil 5.8:</b> Şerit Kullanım Örnekleri .....	132
<b>Şekil 5.9:</b> Kısa Şerit Durumları .....	134
<b>Şekil 5.10:</b> İngiliz Yönteminde Kullanılan Geometrik Parametreler .....	153
<b>Şekil 5.11:</b> Kritik Aralık Kabulü .....	155
<b>Şekil 5.12:</b> Aralık Kabulü Fonksiyonları.....	156
<b>Şekil 5.13:</b> Farklı Türlerle Ait Hizmet Düzeyleri.....	156
<b>Şekil 6.1:</b> Çalışma Planı.....	178
<b>Şekil 6.2:</b> Sayım Paftası.....	180
<b>Şekil 6.3:</b> Çalışma Alanının Konumu .....	181
<b>Şekil 6.4:</b> Çalışma Alanının Halihazır Paftası .....	181
<b>Şekil 6.5:</b> Tepeüstü Mahallesi Çalışma Alanı Koridoru.....	182
<b>Şekil 6.6:</b> Tepeüstü Kavşağı-Dönel Kavşak .....	182
<b>Şekil 6.7:</b> Alemdağ Caddesi&Adalet Sokak&-30 Ağustos Sokak Kavşağı .....	183
<b>Şekil 6.8:</b> Alemdağ Caddesi&Atatürk Caddesi&Özgür Sokak Kavşağı.....	183
<b>Şekil 6.9:</b> Alemdağ Caddesi&Sakarya Sokak&-Oral Sokak Kavşağı.....	184

<b>Şekil 6.10:</b> Y. Dudullu Mahallesi Çalışma Alanı Koridoru .....	184
<b>Şekil 6.11:</b> Tavukçuyolu Caddesi&Kiremit Sokak&Şahin Caddesi Kavşağı .....	185
<b>Şekil 6.12:</b> Tavukçuyolu Cad.&Kumru Sokak&Aziz Bulvarı Kavşağı .....	185
<b>Şekil 6.13:</b> Tavukçuyolu Cad.&Acısu Caddesi&Çetin Caddesi Kavşağı .....	186
<b>Şekil 6.14:</b> Tavukçuyolu Caddesi&Bayraktar Bulvarı Kavşağı .....	186
<b>Şekil 7.1:</b> Tepeüstü Mahallesi'nde İncelenen Karayolu Koridoruna Ait Mevcut Durum Synchro Görünümü .....	188
<b>Şekil 7.2:</b> Tepeüstü Mahallesi'nde İncelenen Karayolu Koridoruna Ait Dönel Kavşağın Sinyalize Kavşağa Dönüştürüldüğü Durum Syncro Görünümü .....	188
<b>Şekil 7.3:</b> Tepeüstü Dönel Kavşağı Mevcut ve Sinyalizasyon Yapılmış Durum Syncro Görünümü .....	190
<b>Şekil 7.4:</b> Tepeüstü Dönel Kavşağı (İBB Şehir Rehberi) .....	190
<b>Şekil 7.5:</b> Tepeüstü Dönel Kavşağı Toplam Gecikme Grafiği .....	192
<b>Şekil 7.6:</b> Tepeüstü Dönel Kavşağı Taşıt Başına Gecikme Grafiği.....	192
<b>Şekil 7.7:</b> Tepeüstü Dönel Kavşağı Toplam Duraklama Grafiği.....	193
<b>Şekil 7.8:</b> Tepeüstü Dönel Kavşağı Taşıt Başına Duraklama Grafiği .....	193
<b>Şekil 7.9:</b> Tepeüstü Dönel Kavşağı Yolculuk Mesafesi Grafiği.....	194
<b>Şekil 7.10:</b> Tepeüstü Dönel Kavşağı Yolculuk Süresi Grafiği .....	194
<b>Şekil 7.11:</b> Tepeüstü Dönel Kavşağı Ortalama Hız Süresi Grafiği .....	195
<b>Şekil 7.12:</b> Tepeüstü Dönel Kavşağı Kullanılan Yakıt Grafiği .....	195
<b>Şekil 7.13:</b> Tepeüstü Dönel Kavşağı HC Emisyonu Grafiği .....	195
<b>Şekil 7.14:</b> Tepeüstü Dönel Kavşağı CO Emisyonu Grafiği .....	196
<b>Şekil 7.15:</b> . Tepeüstü Dönel Kavşağı NO <sub>x</sub> Emisyonu Grafiği .....	196
<b>Şekil 7.16:</b> Tepeüstü Dönel Kavşağı Saatlik Çıkış Oranı Grafiği .....	197
<b>Şekil 7.17:</b> Tepeüstü Dönel Kavşağı Hacim/Kapasite Grafiği .....	197

<b>Şekil 7.18</b> Alemdağ Caddesi&Adalet Sokak&30 Ağustos Sokak Kavşağı Syncro ve Hava Fotoğrafı Görünüşü.....	197
<b>Şekil 7.19:</b> Alemdağ Cd.- Adalet Sk.-30 Ağustos Sk. Kavşağı Toplam Gecikme Grafiği .....	199
<b>Şekil 7.20:</b> Alemdağ Cd.- Adalet Sk.-30 Ağustos Sk. Kavşağı Taşıt Başına Gecikme Grafiği .....	199
<b>Şekil 7.21</b> Alemdağ C.- Adalet S.-30 Ağustos S. Kavşağı Toplam Duraklama Grf ....	200
<b>Şekil 7.22:</b> Alemdağ Cd.- Adalet Sk.-30 Ağustos Sk. Kavşağı Taşıt Başına Duraklama Grafiği .....	200
<b>Şekil 7.23:</b> Alemdağ Cd.- Adalet Sk.-30 Ağustos Sk. Kavşağı Yolculuk Mesafesi ...	201
<b>Şekil 7.24:</b> Alemdağ Cd.- Adalet Sk.-30 Ağustos Sk. Kavşağı Yolculuk Süresi .....	201
<b>Şekil 7.25:</b> Alemdağ Cd.- Adalet Sk.-30 Ağustos Sk. Kavşağı Ortalama Hız .....	202
<b>Şekil 7.26:</b> Alemdağ Cd.- Adalet Sk.-30 Ağustos Sk. Kavşağı Kullanılan Yakıt .....	202
<b>Şekil 7.27:</b> Alemdağ Cd.- Adalet Sk.-30 Ağustos Sk. Kavşağı HC Emisyonu .....	202
<b>Şekil 7.28:</b> Alemdağ Cd.- Adalet Sk.-30 Ağustos Sk. Kavşağı CO Emisyonu.....	203
<b>Şekil 7.29:</b> Alemdağ Cd.- Adalet Sk.-30 Ağustos Sk. Kavşağı NO <sub>x</sub> Emisyonu.....	203
<b>Şekil 7.30:</b> Alemdağ Cd.- Adalet Sk.-30 Ağustos Sk. Kavşağı Saatlik Çıkış Oranı ....	204
<b>Şekil 7.31:</b> Alemdağ Cd.- Adalet Sk.-30 Ağustos Sk. Kavşağı Hacim/Kapasite.....	204
<b>Şekil 7.32:</b> Alemdağ Caddesi&Atatürk Caddesi&Özgür Sokak Kavşağı Syncro ve Hava Fotoğrafı Görünüşü .....	205
<b>Şekil 7.33:</b> Alemdağ Cd.-Atatürk Cd.-Özgür Sk. Kavşağı Toplam Gecikme Grafiği .	206
<b>Şekil 7.34:</b> Alemdağ Cd.-Atatürk Cd.-Özgür Sk. Kavşağı Taşıt Başına Gecikme .....	207
<b>Şekil 7.35:</b> Alemdağ Cd.-Atatürk Cd.-Özgür Sk. Kavşağı Toplam Duraklama .....	207
<b>Şekil 7.36:</b> Alemdağ Cd.-Atatürk Cd.-Özgür Sk. Taşıt Başına Duraklama Grafiği.....	208
<b>Şekil 7.37:</b> Alemdağ Cd.-Atatürk Cd.-Özgür Sk. Kavşağı Yolculuk Mesafesi .....	208
<b>Şekil 7.38:</b> Alemdağ Cd.-Atatürk Cd.-Özgür Sk. Kavşağı Yolculuk Süresi.....	209

<b>Şekil 7.39:</b> Alemdağ Cd.-Atatürk Cd.-Özgür Sk. Kavşağı Ortalama Hız Grafiği.....	209
<b>Şekil 7.40:</b> Alemdağ Cd.-Atatürk Cd.-Özgür Sk. Kavşağı Kullanılan Yakıt .....	210
<b>Şekil 7.41:</b> Alemdağ Cd.-Atatürk Cd.-Özgür Sk. Kavşağı HC Emisyonu Grafiği .....	210
<b>Şekil 7.42</b> Alemdağ Cd.-Atatürk Cd.-Özgür Sk. Kavşağı CO Emisyonu Grafiği.....	211
<b>Şekil 7.43:</b> Alemdağ Cd.-Atatürk Cd.-Özgür Sk. Kavşağı NO <sub>x</sub> Emisyonu Grafiği ...	211
<b>Şekil 7.44:</b> Alemdağ Cd.-Atatürk Cd.-Özgür Sk. Kavşağı Saatlik Çıkış Oranı .....	212
<b>Şekil 7.45:</b> Alemdağ Cd.-Atatürk Cd.-Özgür Sk. Kavşağı Hacim/Kapasite Grafiği ...	212
<b>Şekil 7.46:</b> Alemdağ Caddesi&Oral Sokak&Sakarya Sokak Kavşağı Syncro ve Hava Fotoğrafı Görünüşü .....	213
<b>Şekil 7.47</b> Alemdağ Cd.-Oral Sk.-Sakarya Sk. Kavşağı Toplam Gecikme Grafiği .....	215
<b>Şekil 7.48:</b> Alemdağ Cd.-Oral Sk.-Sakarya Sk. Kavşağı Taşıt Başına Gecikme .....	215
<b>Şekil 7.49:</b> Alemdağ Cd.-Oral Sk.-Sakarya Sk. Kavşağı Toplam Duraklama .....	216
<b>Şekil 7.50:</b> Alemdağ Cd.-Oral Sk.-Sakarya Sk. Kavşağı Taşıt Başına Duraklama.....	216
<b>Şekil 7.51:</b> Alemdağ Cd.-Oral Sk.-Sakarya Sk. Kavşağı Yolculuk Mesafesi Grafiği..	217
<b>Şekil 7.52:</b> Alemdağ Cd.-Oral Sk.-Sakarya Sk. Kavşağı Yolculuk Süresi Grafiği.....	217
<b>Şekil 7.53:</b> Alemdağ Cd.-Oral Sk.-Sakarya Sk. Kavşağı Ortalama Hız Grafiği .....	218
<b>Şekil 7.54:</b> Alemdağ Cd.-Oral Sk.-Sakarya Sk. Kavşağı Kullanılan Yakıt Grafiği .....	218
<b>Şekil 7.55:</b> Alemdağ Cd.-Oral Sk.-Sakarya Sk. Kavşağı HC Emisyonu Grafiği .....	219
<b>Şekil 7.56:</b> Alemdağ Cd.-Oral Sk.-Sakarya Sk. Kavşağı CO Emisyonu Grafiği .....	219
<b>Şekil 7.57:</b> Alemdağ Cd.-Oral Sk.-Sakarya Sk. Kavşağı NO <sub>x</sub> Emisyonu Grafiği .....	220
<b>Şekil 7.58:</b> Alemdağ Cd.-Oral Sk.-Sakarya Sk. Kavşağı Saatlik Çıkış Oranı Grafiği	220
<b>Şekil 7.59:</b> Alemdağ Cd.-Oral Sk.-Sakarya Sk. Kavşağı Hacim/Kapasite Grafiği .....	221
<b>Şekil 7.60:</b> Tepeüstü Mh. İncelenen Karayolu Koridoru Toplam Gecikme Grafiği ....	222
<b>Şekil 7.61:</b> Tepeüstü Mh. İncelenen Karayolu Koridoru Taşıt Başına Gecikme .....	222
<b>Şekil 7.62</b> Tepeüstü Mh. İncelenen Karayolu Koridoru Toplam Duraklama.....	223

<b>Şekil 7.63:</b> Tepeüstü Mh. İncelenen Karayolu Koridoru Taşıt Başına Duraklama .....	223
<b>Şekil 7.64:</b> Tepeüstü Mh. İncelenen Karayolu Koridoru Yolculuk Mesafesi .....	224
<b>Şekil 7.65:</b> Tepeüstü Mh. İncelenen Karayolu Koridoru Yolculuk Süresi Grafiği .....	224
<b>Şekil 7.66:</b> Tepeüstü Mh. İncelenen Karayolu Koridoru Ortalama Hız Grafiği .....	225
<b>Şekil 7.67:</b> Tepeüstü Mh. İncelenen Karayolu Koridoru Kullanılan Yakıt Grafiği .....	225
<b>Şekil 7.68:</b> Tepeüstü Mh. İncelenen Karayolu Koridoru HC Emisyonu Grafiği .....	226
<b>Şekil 7.69:</b> Tepeüstü Mh. İncelenen Karayolu Koridoru CO Emisyonu Grafiği .....	226
<b>Şekil 7.70:</b> Tepeüstü Mh. İncelenen Karayolu Koridoru NO <sub>x</sub> Emisyonu Grafiği .....	227
<b>Şekil 7.71:</b> Tepeüstü Mh. İncelenen Karayolu Koridoru Saatlik Çıkış Oranı Grafiği .....	227
<b>Şekil 7.72:</b> Tepeüstü Mh. İncelenen Karayolu Koridoru Hacim/Kapasite Grafiği .....	228
<b>Şekil 7.73:</b> Y. Dudullu Mahallesi'nde İncelenen Koridora Ait Mevcut Durum Syncro Görünümü .....	229
<b>Şekil 7.74:</b> Y.Dudullu Mahallesi'nde İncelenen Koridora Ait Dönel Kavşağın Sinyalize Kavşağa Dönüştürüldüğü Durumda Syncro Görünümü .....	229
<b>Şekil 7.75:</b> Tavukçuyolu Caddesi&Kiremit Sokak&Şahin Caddesi Kavşağı Syncro ve Hava Fotoğrafi Görünüşü .....	230
<b>Şekil 7.76:</b> Tavukçuyolu Cd.-Kiremit Sk.-Şahin Cd. Kavşağı Toplam Gecikme .....	232
<b>Şekil 7.77:</b> Tavukçuyolu Cd.-Kiremit Sk.-Şahin Cd. Kavşağı Taşıt Başınana Gecikme Grafiği .....	232
<b>Şekil 7.78:</b> Tavukçuyolu Cd.-Kiremit Sk.-Şahin Cd. Kavşağı Toplam Duraklama.....	233
<b>Şekil 7.79:</b> Tavukçuyolu Cd.-Kiremit Sk.-Şahin Cd. Kavşağı Taşıt Başına Duraklama Grafiği .....	233
<b>Şekil 7.80:</b> Tavukçuyolu Cd.-Kiremit Sk.-Şahin Cd. Kavşağı Yolculuk Meeafesi .....	234
<b>Şekil 7.81:</b> Tavukçuyolu Cd.-Kiremit Sk.-Şahin Cd. Kavşağı Yolculuk Süresi Grafiği .....	234
<b>Şekil 7.82:</b> Tavukçuyolu Cd.-Kiremit Sk.-Şahin Cd. Kavşağı Ortalama Hız Grafiği..	235
<b>Şekil 7.83:</b> Tavukçuyolu Cd.-Kiremit Sk.-Şahin Cd. Kavşağı Kullanılan Yakıt .....	235

<b>Şekil 7.84:</b> Tavukçuyolu Cd.-Kiremit Sk.-Şahin Cd. Kavşağı HC Emisyonu .....	236
<b>Şekil 7.85:</b> Tavukçuyolu Cd.-Kiremit Sk.-Şahin Cd. Kavşağı CO Emisyonu .....	236
<b>Şekil 7.86:</b> Tavukçuyolu Cd.-Kiremit Sk.-Şahin Cd. Kavşağı NO <sub>x</sub> Emisyonu .....	237
<b>Şekil 7.87:</b> Tavukçuyolu Cd.-Kiremit Sk.-Şahin Cd. Kavşağı Saatlik Çıkış Oranı .....	237
<b>Şekil 7.88:</b> Tavukçuyolu Cd.-Kiremit Sk.-Şahin Cd. Kavşağı Hacim/Kapasite .....	238
<b>Şekil 7.89:</b> Tavukçuyolu Caddesi&Kumru Sokak&Aziz Bulvarı Kavşağı Mevcut ve Sinyalizasyon Yapılmış Durum Syncro Görünüşü .....	238
<b>Şekil 7.90:</b> Tavukçuyolu Caddesi&Kumru Sokak&Aziz Bulvarı Kavşağı.....	239
<b>Şekil 7.91:</b> Tavukçuyolu Cd.-Aziz Bulvarı Dönel Kavşağı Toplam Gecikme Grafiği	241
<b>Şekil 7.92:</b> Tavukçuyolu Cd.-Aziz Bulvarı Dönel Kavşağı Taşıt Başına Gecikme .....	241
<b>Şekil 7.93:</b> Tavukçuyolu Cd.-Aziz Bulvarı Dönel Kavşağı Toplam Toplam Duraklama Grafiği .....	242
<b>Şekil 7.94:</b> Tavukçuyolu Cd.-Aziz Bulvarı Dönel Kavşağı Taşıt Başına Duraklama Grafiği .....	242
<b>Şekil 7.95:</b> Tavukçuyolu Cd.-Aziz Bulvarı Dönel Kavşağı Yolculuk Mesafesi .....	243
<b>Şekil 7.96:</b> Tavukçuyolu Cd.-Aziz Bulvarı Dönel Kavşağı Yolculuk Süresi Grafiği ..	243
<b>Şekil 7.97:</b> Tavukçuyolu Cd.-Aziz Bulvarı Dönel Kavşağı Ortalama Hız Grafiği .....	244
<b>Şekil 7.98:</b> Tavukçuyolu Cd.-Aziz Bulvarı Dönel Kavşağı Kullanılan Yakıt Grafiği .	244
<b>Şekil 7.99:</b> Tavukçuyolu Cd.-Aziz Bulvarı Dönel Kavşağı HC Emisyonu Grafiği .....	245
<b>Şekil 7.100:</b> Tavukçuyolu Cd.-Aziz Bulvarı Dönel Kavşağı CO Emisyonu Grafiği ...	245
<b>Şekil 7.101:</b> Tavukçuyolu Cd.-Aziz Bulvarı Dönel Kavşağı NO <sub>x</sub> Emisyonu Grafiği .	246
<b>Şekil 7.102:</b> Tavukçuyolu Cd.-Aziz Bulvarı Dönel Kavşağı Saatlik Çıkış Oranı.....	246
<b>Şekil 7.103:</b> Tavukçuyolu Cd.-Aziz Bulvarı Dönel Kavşağı Hacim/Kapasite Grafiği	247
<b>Şekil 7.104:</b> Tavukçuyolu Caddesi&Acısu Caddesi&Çetin Caddesi Kavşağı Syncro Görünüşü.....	247
<b>Şekil 7.105:</b> Tavukçuyolu Caddesi&Acısu Caddesi&Çetin Caddesi Kavşağı.....	248

<b>Şekil 7.106:</b> Tavukçuyolu Cd.-Acısu Cd.-Çetin Cd. Toplam Gecikme Grafiği.....	250
<b>Şekil 7.107:</b> Tavukçuyolu Cd.-Acısu Cd.-Çetin Cd. Taşıt Başına Gecikme Grafiği ...	250
<b>Şekil 7.108:</b> Tavukçuyolu Cd.-Acısu Cd.-Çetin Cd. Toplam Duraklama Grafiği .....	251
<b>Şekil 7.109:</b> Tavukçuyolu Cd.-Acısu Cd.-Çetin Cd. Taşıt Başına Duraklama Grafiği	251
<b>Şekil 7.110:</b> Tavukçuyolu Cd.-Acısu Cd.-Çetin Cd. Yolculuk Mesafesi Grafiği .....	252
<b>Şekil 7.111:</b> Tavukçuyolu Cd.-Acısu Cd.-Çetin Cd. Yolculuk Süresi Grafiği.....	252
<b>Şekil 7.112:</b> Tavukçuyolu Cd.-Acısu Cd.-Çetin Cd. Ortalama Hız Grafiği .....	253
<b>Şekil 7.113:</b> Tavukçuyolu Cd.-Acısu Cd.-Çetin Cd. Kullanılan Yakıt Grafiği.....	253
<b>Şekil 7.114:</b> Tavukçuyolu Cd.-Acısu Cd.-Çetin Cd. HC Emisyonu Grafiği.....	254
<b>Şekil 7.115:</b> Tavukçuyolu Cd.-Acısu Cd.-Çetin Cd. CO Emisyonu Grafiği.....	254
<b>Şekil 7.116:</b> Tavukçuyolu Cd.-Acısu Cd.-Çetin Cd. NO <sub>x</sub> Emisyonu Grafiği.....	255
<b>Şekil 7.117:</b> Tavukçuyolu Cd.-Acısu Cd.-Çetin Cd. Saatlik Çıkış Oranı Grafiği.....	255
<b>Şekil 7.118:</b> Tavukçuyolu Cd.-Acısu Cd.-Çetin Cd. Hacim/Kapasite Grafiği.....	256
<b>Şekil 7.119:</b> Tavukçuyolu Caddesi&Bayraktar Bulvarı Kavşağı Syncro Görünüşü....	256
<b>Şekil 7.120:</b> Tavukçuyolu Caddesi&Bayraktar Bulvarı Kavşağı Syncro Görünüşü....	257
<b>Şekil 7.121:</b> Tavukçuyolu Cd.-Bayraktar Bulvarı Kavşağı Toplam Gecikme Grafiği.	259
<b>Şekil 7.122:</b> Tavukçuyolu Cd.-Bayraktar Bulvarı Kavşağı Taşıt Başına Gecikme.....	259
<b>Şekil 7.123:</b> Tavukçuyolu Cd.-Bayraktar Bulvarı Kavşağı Toplam Duraklama.....	260
<b>Şekil 7.124:</b> Tavukçuyolu Cd.-Bayraktar Bulvarı Kavşağı Taşıt Başına Duraklama ..	260
<b>Şekil 7.125:</b> Tavukçuyolu Cd.-Bayraktar Bulvarı Kavşağı Yolculuk Mesafesi .....	261
<b>Şekil 7.126:</b> Tavukçuyolu Cd.-Bayraktar Bulvarı Kavşağı Yolculuk Süresi Grafiği...	261
<b>Şekil 7.127:</b> Tavukçuyolu Cd.-Bayraktar Bulvarı Kavşağı Ortalama Hız Grafiği.....	262
<b>Şekil 7.128:</b> Tavukçuyolu Cd.-Bayraktar Bulvarı Kavşağı Kullanılan Yakıt .....	262
<b>Şekil 7.129:</b> Tavukçuyolu Cd.-Bayraktar Bulvarı Kavşağı HC Emisyonu Grafiği.....	263

<b>Şekil 7.130:</b> Tavukçuyolu Cd.-Bayraktar Bulvarı Kavşağı CO Emisyonu Grafiği.....	263
<b>Şekil 7.131:</b> Tavukçuyolu Cd.-Bayraktar Bulvarı Kavşağı NO <sub>x</sub> Emisyonu Grafiği ...	264
<b>Şekil 7.132:</b> Tavukçuyolu Cd.-Bayraktar Bulvarı Kavşağı Saatlik Çıkış Oranı .....	264
<b>Şekil 7.133:</b> Tavukçuyolu Cd.-Bayraktar Bulvarı Kavşağı Hacim/Kapasite Grafiği...	265
<b>Şekil 7.134:</b> Y.Dudullu Mh. İncelenen Karayolu Koridoru Toplam Gecikme .....	267
<b>Şekil 7.135:</b> Y.Dudullu Mh. İncelenen Karayolu Koridoru Taşıt Başına Gecikme .....	268
<b>Şekil 7.136:</b> Y.Dudullu Mh. İncelenen Karayolu Koridoru Toplam Duraklama .....	268
<b>Şekil 7.137:</b> Y.Dudullu Mh. İncelenen Karayolu Koridoru Taşıt Başına Duraklama..	269
<b>Şekil 7.138:</b> Y.Dudullu Mh. İncelenen Karayolu Koridoru Yolculuk Mesafesi.....	269
<b>Şekil 7.139:</b> Y.Dudullu Mh. İncelenen Karayolu Koridoru Yolculuk Süresi Grafiği..	270
<b>Şekil 7.140:</b> Y.Dudullu Mh. İncelenen Karayolu Koridoru Ortalama Hız Grafiği .....	270
<b>Şekil 7.141:</b> Y.Dudullu Mh. İncelenen Karayolu Koridoru Kullanılan Yakıt Grafiği.	271
<b>Şekil 7.142:</b> Y.Dudullu Mh. İncelenen Karayolu Koridoru HC Emisyonu Grafiği .....	271
<b>Şekil 7.143:</b> Y.Dudullu Mh. İncelenen Karayolu Koridoru CO Emisyonu Grafiği .....	272
<b>Şekil 7.144:</b> Y.Dudullu Mh. İncelenen Karayolu Koridoru NO <sub>x</sub> Emisyonu Grafiği...	272
<b>Şekil 7.145:</b> Y.Dudullu Mh. İncelenen Karayolu Koridoru Saatlik Çıkış Oranı.....	273
<b>Şekil 7.146:</b> Y.Dudullu Mh. İncelenen Karayolu Koridoru Hacim/Kapasite Grafiği..	273



## SEMBOLLER

Ağır araç düzeltme katsayısı	: $f_{HV}$
Ağır araç eşdeğer birim oto değer	: $e_{HV}$
Akım	: $q_i$
Akım içindeki ağır araç oranı	: $PHV$
Akımın kapasitesi	: $Q$
Ana akım değer (Troutbeck ve Brilon, 1995).	: $q_c$
Analiz süresi	: $\$$
Artan gecikme	: $d_2$
Baskın şeritteki akım	: $Q_{dom}$
Başlangıç kaybı	: $s_1$
Başlangıç kuyruklanma gecikmesi	: $d_3$
Bir devredeki kayıp zaman	$L$
Birim otomobil / saat olarak doygun akım	: $s_b$
Çatışan akım için yeşil süre	: $g$
ıkış genişliği	: $w_x$
Devre boyunca kaybedilen süre	: $L$
Devre kapasitesi	: $Q$
Devre süresi	: $D$
Devre süresi	: $C$
Diğer şeritteki akım	: $Q_{sub}$
Dıştan dışa ap	: $D_i$
Dönen akım	: $Q_c$
Dönen araç sayısı	: $Q_c$
Dönüş akımı miktarı	: $q_1$
Dönüş alanının genişliği	: $w_c$
Dönüş cebinin tam uzunluğu	: $D'$
Dönüş şeridi sayısı	: $N_c$
Dönüş yarıçapı	: $D_c$
Dönüştürülecek taşıt türü için trafik hacmi	: $q_i$
Doygun akım	: $s_i$
Doygun akım değer	: $S$
Doygunluk derecesi	: $r$

Duruş çizgisi kuyruğu	:	N
Duruş değeri parametresi	:	k
Düzeltilmiş kritik aralık kabulü değeri	:	Td
Düzeltilmiş sayım değeri	:	Vp
Eğim	:	fg
Eğim faktörü	:	fg
Erlang sayısı	:	K
Etkin yeşil süre	:	gi
Faydalı yürüme mesafesi	:	WE
Faz sayısı	:	n
Gecikme parametresi	:	$\rho$
Gelen akım hacmi	:	V
Gelen akım hacmi	:	vi
Geometri ve trafik akımına bağlı parametre(1)	:	F
Geometri ve trafik akımına bağlı parametre(2)	:	fc
Gerçek yeşil süre	:	G
Giriş açısı	:	$\emptyset$
Giriş genişliği	:	we
Giriş kolundaki ayırıcı ada genişliği	:	ws
Giriş şeridi sayısı	:	ne
Giriş ve çıkış noktaları arasındaki uzaklık	:	dc
Giriş yarıçapı (yaklaşım kolunun ağzındaki minimum eğrilik yarıçapı)	:	r
Girişin uzunluğu	:	l
Girişte genişlemenin keskinlik derecesi	:	S
Hacim/kapasite oranı	:	xi
Her yöne kırmızı sürelerin toplamı	:	$\Sigma t_R$
İ fazı ile bir önceki faz arasındaki koruma süresi	:	t <sub>ki</sub>
İ fazına ait yeşil süre	:	G <sub>i</sub>
İ fazındaki akım yönü için verilen sarı süre	:	Y <sub>i</sub>
İ şeridinde ait düzeltme katsayısı	:	$\Delta T_i$
İ tipi için doğru giden taşıt eşdeğeri	:	e <sub>i</sub>
İ'nci şeridin doygunluk derecesi	:	x <sub>i</sub>
İ'nci şerit için kullanım oranı	:	y <sub>i</sub>

İ'nci şerit kullanımı oranı	: $\rho_i$
İ'nci sürücü tarafından kabul edilen aralık değeri	: $a_i$
İ'nci sürücü tarafından reddedilen en büyük aralık değeri	: $r_i$
İncelen akımın kullandığı şerit sayısını	: $N$
İncelenen akımın kavşaktan geçirebileceği en fazla araç sayısı	: $s_0$
İncelenen şeride bağlı bir parametre	: $NL$
Kaldırım taşından kaldırım taşına yürünecek yol mesafesi	: $D$
Kapasite	: $Q_i$
Kapasite	: $c_i$
Kapasite	: $c$
Karşıdan karşıya geçen yaya sayısı	: $N_{ped}$
Karşılaşılan akımda doymun olmadan geçen yeşil süre	: $g_u$
Karşılaşılan akımın doymun akım değeri	: $s_u$
Kavşağa girebilecek maksimum araç sayısı	: $Q_e$
Kavşağın kritik doymunluk derecesi	: $X_c$
kavşağın yarıçapıdır $D_c$	: $D_c$
Kavşak akım oranı	: $Y$
Kavşak çapı	: $D_i$
Kavşak kayıp zamanı	: $L$
Kavşak yeşil süre oranı	: $U$
Kesişme açısı	: $f$
Komşu şerit akım miktarı	: $q_2$
Kontrol gecikmesi	: $d$
Kritik aralık değeri	: $T$
Kritik aralık değerlerinin uyduğu dağılımın ortalaması	: $E(ta)$
Kritik aralık değerlerinin uyduğu dağılımın varyansı	: $Var(ta)$
Kritik şerit için kullanım oranı	: $y$
Kümeleşme ( toplulaşma) oranı	: $R_p$
Logaritması alınmış verilerin ortalaması	: $\mu$
Metre olarak taşıt boyu	: $I$
n Devredeki faz sayısı	$n$
n fazındaki kritik yaklaşım için (hacim/ doymun akım) oranı	$Y$
Normal dağılıma ait kümülatif dağılım fonksiyonu	: $F(x)$

Optimum devre süresi	D
Ortalama akışın devam ettiği zaman aralığı	: $T_f$
Ortalama aşırı kuyruk ( taşıt olarak )	: $N_0$
Ortalaması alınmış verilerin varyansı	: $\sigma^2$
Örülme alanı boyu	: $L$
Örülme alanı genişliği	: $ww$
Örülme alanının uzunluğu	: $L$
Otobüslerin kavşaktan yolcu alıp almaması	: $f_{bb}$
Parklanma faktörü	: $f_p$
Paylaşılan şeritten yeşilden sonra geçen araç sayısı	: $nf$
Periyot süresi	C
Sadece "n" sayıda tali akımdaki aracın girebileceği kadar büyük aralık değeri	: $T(n)$
Sağa dönüşlerin incelenen akımın kapasitesine etkileri	: $f_{RT}$
Saniye olarak devre uzunluğu	: $c$
Sarı süre	: $a$
Şerit genişlik faktörü	: $f_w$
Servis sürelerinin dağılım katsayısı	: $C_w$
Servis sürelerinin varyansı	: $\text{var}(w_{\min})$
Seyir hızı	: $v$
Sola dönüşlerin incelenen akımın kapasitesine etkileri	: $f_{LT}$
Son kazancı	: $e_1$
Tahmin edilmiş u değeri (Hagring, 1996).	: $\mu^{\wedge}$
Takip aralığı	: $T_0$
Taşıt cinsinden ortalama kuyruk uzunluğu	: $N_0$
Taşıt olarak kuyruk arkası	: $N_b$
Taşıt/sn cinsinde akım	: $q$
Toplam gecikme	: $D$
Toplam hacim	: $q$
Toplam kayıp süre	$\Delta_t$
Trafik hacmi	: $q$
Trafik kompozisyon faktörü	: $f_c$
Trafik kompozisyonu düzeltme faktörü	: $f$
Uniform ilerleme faktörü	: $PF$

Uniform kontrol gecikmesi	: d1
Yaklaşan yoldaki kritik akımın doygunluk derecesi	: x
Yaklaşık en uygun devre süresi	: c0
Yaklaşım kolun ağzında, kavşak dış kenarına dik olarak ölçülen açıklık	: we
yaklaşım kolunun ağız bölgesinde ortalama etkin genişleme uzunluğu	: l
Yaklaşım kolunun yarı genişliği	: wa
Yanyol akımında görülen minimum gecikme	: wm
Yanyolda birinci aracın arkasında sıralanmış araçların ortalama gecikmesi	: wq
Yanyoldan girebilecek maksimum akım	: Qe
Yayalar için minimum yeşil süre	: Gp
Yayaların ortalama hızı	: Sp
Yeşil sinyal süresinin devre süresine oranı	: g/c
Yeşil süre oranı	: u
Yeşil süre sırasında gelen araçlar için tamamlayıcı düzeltme katsayısı	: fPA
Yeşil süresi boyunca akımın geçirebileceği en fazla araç sayısı	: ci
Yeşil süresinde gelen araçların tüm araçlara oranı	: P
Yeşilde gelen araçların oranı	: P
Yeşiller arası süre	: I
Yürüme mesafesi	: L
Yüzde olarak eğim	: Gr
Zirve saat faktörü	: PHF

## 1.GİRİŞ

Son yıllarda Türkiye’de de trafik akımları ve trafik tıkanmaları ile bunun neden olduğu zaman kayıpları hızla artmıştır. Bunun, başlıca üç önemli nedeni vardır. Birinci neden olarak otomobil sahipliğinin hızlı artması herkes tarafından bilinen bir gerçektir. Ülke genelinde, yerel yönetimlerin toplu taşımacılığı ihmal etmesi, ya da toplu taşıma hizmeti yapması olanaksız olan küçük işletmecilere görevi devretmesi ya da insanların çok fazla toplu taşıma araçlarına yönelmemesi ikinci bir neden olarak sayılabilir. Üçüncü neden ise, altyapının düzensiz olması, yanlış düzenlenmiş olması ve geliştirilmesi adına yanlış yatırımlar yapılmasıdır (Gedizlioğlu 2004, s.17).

Kent içi ulaşımının hem planlanması, projelendirilmesi ve işletiminde, hem de kentlere sosyal ve çevresel etkileri ile önemli sorunlar içerdiği ve bu sorunların kentsel yaşam kalitesinin iyileştirilmesi yönünde sağlıklı çözümlere gereksinim duyduğu açıktır (Elçi ve Rahnama 2008). Bilindiği üzere, modernizasyon ve teknolojik açıdan ilerleme, yoğun insan yerleşimlerindeki araç akışı ile belli olur. Günümüz modern şehirlerinde trafik akışının yönetimi ayrı bir yere sahip olup; yol ağının örgütlenmesi ve kavşakların inşaatı gittikçe önem kazanmaktadır. Trafik yönetimi, yolların kesiştiği noktalarda ve özellikle ışıklı kavşaklarda geçiş üstünlüğünün düzenlenmesine dayanmaktadır (Kurar 2001).

Bu çalışma, daha iyi bir trafik yönetimi sağlanması için sinyalize ve dönel kavşakların kapasitelerinin karşılaştırılmasını amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda çalışma sekiz ana bölümden oluşmaktadır.

Çalışmanın birinci bölümü olan giriş bölümünde; çalışmanın amacından bahsedilmekte olup, çalışmanın yöntemi ve bölümleri hakkında bilgi verilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde kavşaklar hakkında genel bilgiler verilmiş, eşdüzey kavşakların tipleri, sınıflandırılması ve tasarım esasları tanımlanmıştır.

Tezin üçüncü bölümünde sinyalize kavşaklar ile ilgili tanımlar, sinyalizasyon sisteminin oluşturulması, sinyalize kavşaklarda trafik yoğunluğunun değişiminden bahsedilmiştir.

Tezin dördüncü bölümünde dönel kavşakların özellikleri, uygulanmasını gerektiren koşullar, trafik kazaları ve dönel kavşaklar, dönel kavşakların geometrik özellikleri ile kapasitelerine etkiyen değişkenler incelenmiştir.

Tezin beşinci bölümünde sinyalize ve dönel kavşak kapasitesinin hesaplanmasında farklı yöntemler hakkında bilgi verilmiştir. Sinyalize kavşaklarda Amerikan yöntemi ile Avustralya yöntemi hakkında bilgiler verilir, yöntemler karşılaştırılarak, dönel kavşaklarda ise regresyon analizi ve kritik aralık kabulü yöntemlerinden ve kavşaklardaki hizmet seviyesinden bahsedilmiştir.

Tezin altıncı bölümünde çalışmada kullanılan verilerin elde edilmesi, çalışma için seçilen karayolu koridorlarının ve bu koridorlarda bulunan sinyalize ve dönel kavşaklar tanıtılmıştır.

Tezin uygulama bölümü olan yedinci bölümünde çalışma için seçilen karayolu koridoru ve içinde bulunan kavşaklardan derlenen veriler kullanılarak benzetim programı ile bu kavşakların mevcut durumu ve karayolu koridoru içinde bulunan dönel kavşağın sinyalize kavşak yapıldıktan sonraki diğer sinyalize kavşaklarla olan etkileşimi incelenmiş, simülasyon çalışması yapılmış ve elde edilen analiz sonuçları ile her iki durumdaki kapasite karşılaştırmaları grafikler yardımıyla yapılmıştır.

Sonuç bölümünde ise elde edilen analiz sonuçları mevcut durum ve çalışma koridorlarında bulunan dönel kavşakların sinyalize kavşak yapıldıktan sonra diğer kavşaklar ile olan etkileşimi toplam ağ performansı bazında karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Çalışma kapsamında, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Trafik Müdürlüğü, Ulaşım Koordinasyon Müdürlüğü ile görüşülmüş incelenen kavşaklara ait trafik sayımları, sinyal süresi bilgileri alınmıştır. Ümraniye Belediyesi İmar ve Şehircilik Müdürlüğü ile görüşülüp çalışma alanlarına ait en güncel halihazır plan paftaları temin edilmiştir.

Çalışmanın kuramsal araştırmasının yanında çalışma alanı olarak seçilen karayolu koridorlarında Synchro programı ile gerçeğe uygun bir şekilde benzetim ve simülasyon çalışmaları yapılarak analiz sonuçları hazırlanmıştır.

## 2. EŞ DÜZEY KAVŞAKLAR

Karayolu ulaştırma sisteminin altyapısını farklı doğrultudaki trafik akımları oluşturur. Farklı yönlerden gelen bu trafik akımlarının ortaklaşa kullanmak zorunda oldukları yol alanlarına kavşak adı verilir. Ortak kullanılan bu alanlar trafik akımlarının kesişmelerini önlemek için farklı düzeylere alınmışlar ise katlı kavşak, aynı düzeyde oluşturulmuşlar ise eşdüzey kavşak adını alırlar.

Kavşağa giren ve çıkan yollardan (kavşak kollarından) ayrı ayrı yaklaşıldığında, kollardaki geometrik veya fiziki değişikliğin başladığı noktaların birleştirilmesi ile oluşan bölge ise kavşak alanını teşkil eder. Kavşaklar genellikle üç veya dört kollu olup, dörtten fazla kollu olması arzu edilmez.

Kavşaklar karayolunun önemli bir unsurudur. Bunun nedeni, yolun performansı, güvenlik, hız, işletme maliyeti ve kapasite gibi özelliklerin kavşakların tasarımına bağlı olmasıdır. Kavşaklar iki veya daha çok karayolundaki doğrusal veya kesişen trafik akışlarını kapsadığı gibi, bu yollar arasındaki dönüş hareketlerini de içerir. Bu hareketler, kavşak tipine bağlı olarak, çeşitli geometrik tasarımlar ve trafik kontrolü ile sağlanır.(Karayolu Tasarımı El Kitabı 2005, s.100)

### **Kavşak Düzenlemelerinin Amacı**

Kavşaklar, ana ve tali yollardaki kesişen trafik akımlarının

- Sürekliliğinin sağlanması
- Güvenliğin artırılması
- Hızın kontrol altına alınması
- Yavaşlama ve durmalar nedeniyle oluşan gecikmelerin azaltılması
- Yeterli hizmet seviyesinin sağlanması
- Taşıt işletme maliyetlerinin azaltılması

amacıyla, arazi şartları, trafik hacmi ve trafik güvenliği dikkate alınarak, eşdüzey veya farklı düzeyli olarak tasarlanırlar.



## 2.1. EŞ DÜZEY KAVŞAK TIPLERİ

Farklı yönlerdeki trafik akımlarının ortaklaşa kullandıkları yol alanına eşdüzey kavşak adı verilir. İstatistiklere göre, hemen her ülkede, kentiçi ve kırsal yollarda, trafik kazalarının %40~%60'ı birden fazla yolun birleşmeleri veya kesişmeleri ile oluşan bu eşdüzey kavşaklarda meydana gelmektedir. Diğer yandan, özellikle kentiçi ulaşımında, gecikmelerin %70 den fazlasının yine bu tip kavşaklardaki duraklamalardan ileri geldiği gözlemlerle ortaya çıkmıştır.(Umar ve Yayla, 1992).

Eş düzey kavşak tipleri faaliyet alanı, şekil ve kanalize durumuna bağlı olarak değişkenlik gösterir.

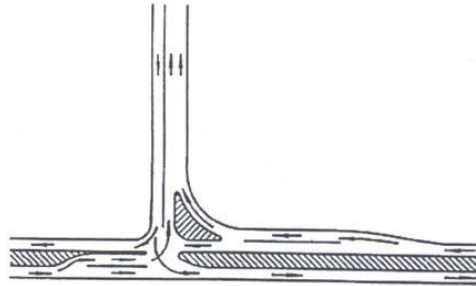
### 2.1.1. Kol Sayısına Göre Eşdüzey Kavşak Tipleri

Eşdüzey kavşaklar, kol sayısına göre üç ana tipte gruplandırılır.

- Üç kollu kavşaklar (T veya Y kavşaklar)
- Dört kollu kavşaklar
- Çok kollu kavşaklar

#### 2.1.1.1. Üç kollu kavşaklar

Bu grupta yer alan T tipi kavşaklarda tali yolun anayol ile kesişme açısı  $60^\circ$  ile  $120^\circ$  arasında olmalıdır. Kanalize edilmeden, düşük trafik hacimli 2x1 şeritli kırsal yollarda kullanılabildiği gibi, şehir içlerinde 2x2 şeritli yollarda da uygulanabilir. Daha yüksek trafik hacimli anayol - tali yol kesişmelerinde, dönen trafiği kontrol altına almak ve yeterli dönüş yarıçaplarını sağlamak amacıyla kanalize edilerek uygulanır.

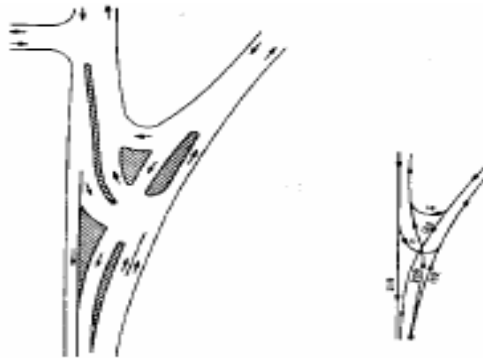


Kaynak: Karayolu Tasarımı El Kitabı. Aralık 2005.

**Şekil 2.1: Üç kollu kanalize T kavşak**

Kanalize edilmiş kavşaklarda adalar, fonksiyonel olabilmeleri için yeterli kesit alanına sahip olmalıdır. Özellikle, dönüş hareketlerini kanalize ederek ayıran adaların alanı en az 5m<sup>2</sup> tasarlanmalıdır. Kanalize edilmiş kavşaklar, kapasite analizi sonuçlarına göre gerekli görüldüğünde, özellikle şehir geçişlerinde, sinyalize edilerek uygulanır.

Y tipi kavşaklar ise, anayol - tali yol kesişmesinin dar açılı olduğu, tali yolda dik veya dike yakın eksen düzenlemesinin imar, kamulaştırma, vb. nedenlerle yapılamadığı durumlarda tasarlanırlar. Anayoldan sol dönüş yapacak taşıtlar ile karşı yönden gelen taşıtların çakışma noktasında (trafik hacminin artması söz konusu olduğunda) ışıklı ikaz sisteminin uygulanması gerekir. Kollardaki U-dönüşü için orta ada genişliği, dönüş yapacak taşıtların minimum dönüş yarıçapına göre düzenlenmelidir.

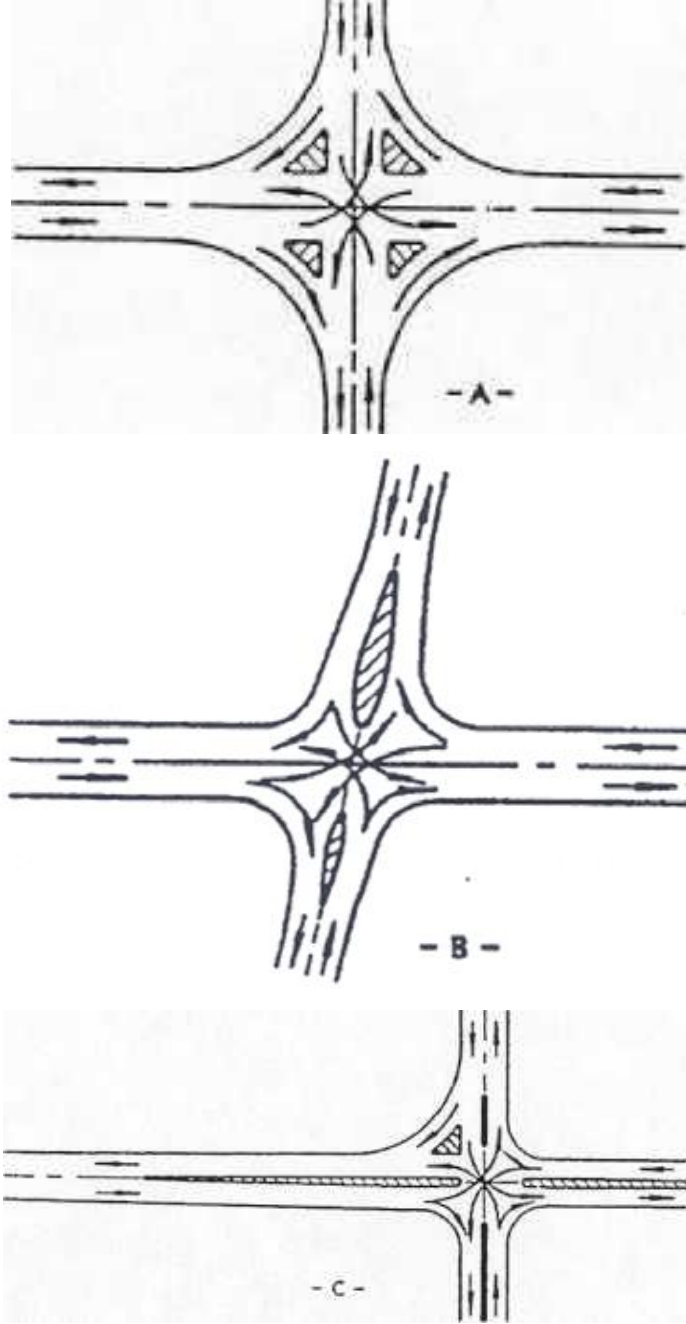


Kaynak: Karayolu Tasarımı El Kitabı. Aralık 2005.

**Şekil 2.2: Üç kollu kanalize Y kavşak**

#### **2.1.1.2. Dört kollu kavşaklar**

Üç kollu eşdüzey kavşaklarda olduğu gibi, dört kollu eşdüzey kavşaklarda da anayol - tali yol kesişme açısı 60° ile 120° arasında olmalıdır. Dar açılı kesişmelerde tali yol eksenlerinin yeniden düzenlenmesi gerekir. Bu kavşaklarda, anayolda kesintisiz trafik akışı kapasitesini sağlamak amacıyla hız değiştirme şeritleri tasarlanır. Bu şeritlerin paralel bölümleri anayoldan ayrılmalarda minimum 45m, anayola katılmalarda ise minimum 60m uygulanmalıdır. Anayola katılmalarda hızlanma şeritleri yeterli mesafede (min.50m.) kama olarak tasarlanabilir. Kavşak köşelerindeki yarıçaplar büyük taşıtların dönüşlerini sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır.



Kaynak: Karayolu Tasarımı El Kitabı. Aralık 2005.

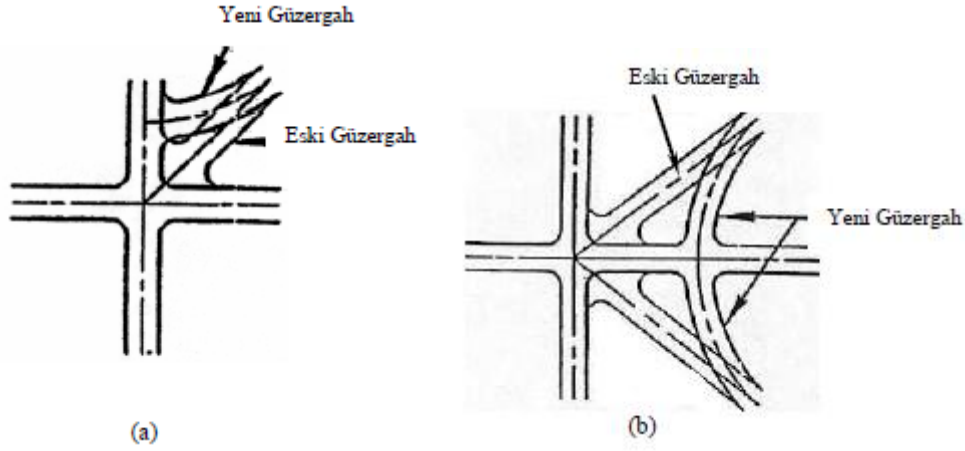
### Şekil 2.3: Dört kollu kanalize kavşaklar

Şekil 2.3. a'da, dört kolda sağ dönüşün kanalize edildiği kavşak konfigürasyonu görülmektedir. Dönüş trafiğinin yüksek olduğu, yeterli kesit alanının sağlandığı ve yaya trafiğinin mevcut olduğu yerlerde uygun tasarım tipidir. Bununla beraber, kesişen kolların iki şerit (2x1) olduğu yollarda genellikle uygulanmaz. Şekil 2.3. b'de, karşı

lıklı tali yolların damla adalarla oluşturulduğu kavşak tipi görülmektedir. Tasarımın basitliği, Şekil 2.3 a'daki uygulamaya göre tercih edilmesini sağlar. Şekil 2.3. c ise, yüksek hızlı, tam kapasite ile çalışan 2x1 şeritli anayol için uygun konfigürasyondur. Anayolda, sol dönüş trafiğinin yüksek olduğu durumlarda, orta refüjde dönüş cebi tasarlanır. Sağ dönüş trafiğinin fazla olduğu durumlarda ise, üçgen adalar ile katılma ve ayrılma şeritleri oluşturulur. Sol ve sağ dönüş trafik hacimlerindeki artışa bağlı olarak yardımcı (ilave) şeritlerin sayısı artırılabilir.

### 2.2.1.3. Çok kollu kavşaklar

Eşdüzey kavşaklarda, normalde dörtten fazla kol olmasından kaçınılır. Ancak tasarlanmak durumunda kalırsa, trafiğin az olduğu ve DUR kontrolünün uygulandığı yerler olması tercih edilmelidir. Beş veya daha fazla kollu kavşakların, bir veya daha fazla kol eksenlerinin tekrar düzenlenerek oluşturulacak ikinci bir kavşakla kesişmeler azaltılabilir. Bazı durumlarda ise bir veya daha fazla kolu tek yönlü çalıştırmak uygun çözüm olabilir.



Kaynak: Karayolu Tasarımı El Kitabı. Aralık 2005.

### Şekil 2.4: Çok kollu kavşakların yeniden düzenlenmesi

Şekil 2.4 a'da, beş kollu kavşağın yeniden düzenlenmesi gösterilmektedir. Diagonal kol eksenini, ana kavşaktan yeterli bir mesafede yeni bir kavşak oluşturacak şekilde, tali yola birleştirilerek yeniden düzenlenir. Şekil 2.4 b'de ise, altı kollu kavşakta, ana kavşağın sağında uygun bir mesafede yeni bir dört kollu kavşak oluşturacak şekilde, iki kolun yeniden düzenlenmesi gösterilmektedir. Buradaki tasarım, yukarı-aşağı yöndeki kolların daha önemli yollar (anayol) olarak kabul edilmesine göre yapılmıştır. Sol-sağ yöndeki kolların daha önemli olması durumunda ise, diagonal kollar yukarı ve aşağıdaki kollara

bağlanacağı için tali yolda üç ayrı kavşak oluşacaktır. Diagonal kolların daha düşük trafik hacmi olan yola birleştirilecek şekilde düzenlenmesi daha uygun olacaktır.

### **2.1.2. Trafik Kontrol Sistemine Göre Eşdüzey Kavşak Tipleri**

Trafik kontrol sistemine göre kavşaklar;

- Sinyalize kavşaklar
- Sinyalize olmayan kavşaklar
- Dönel kavşaklar

olarak gruplandırılır.

#### **2.1.2.1. Sinyalize kavşaklar**

Denetimli eşdüzey kavşaklarda taşıt hareketleri polis veya ışıklı işaret tesisleri aracılığıyla yönetilmektedir. Denetim çeşitleri üç başlık altında toplanabilir:

***El ile kumanda:*** Bir yetkili veya trafik polisi tarafından idare edilen denetim yöntemidir.

***Otomatik ışıkla kumanda:*** Kavşağa yaklaşma yönünde belli bir uzaklığa yerleştirilen, trafik sayımlarında kullanılan sayaçlara benzer dedektörlerle kumanda sağlanır. Taşıt kavşağa gelirken, tekerleğin dedektöre yapacağı basınç ya da çökme etkisi bir kondansatörü şarj eder ve araç, taşıtın hızına göre kavşağı geçme süresince o yöndeki yeşil ışığı açık tutar. Bununla beraber, diğer yönlerdeki taşıtların gereğinden fazla beklememeleri için yeşil ışık süresi sınırlıdır.

***Zamana bağlı ışıkla kumanda:*** Denetimli kavşaklarda en sık kullanılan denetim şekli olup, yeşil, sarı ve kırmızı sürelerin kavşağı kullanan taşıt hacmi değerlerine bağlı olarak ayarlanmasıyla gerçekleştirilir (Kutlu, 1991)

Sinyalizasyon sistemleri olarak da adlandırılan ışıklı işaret tesislerinin amacı, kavşak noktasında kontrolü sağlayarak kaza ihtimalini azaltmak ve amaçlanan kapasiteyi elde etmek için trafik akımlarının birbirini kesmeden ya da birbirlerini takiben geçmelerini minimum gecikme ile sağlamaktır (Murat, 1996).

Genel olarak trafik akımlarını düzenlemek, kavşaklarda güven, konfor ve kapasite gereklerini sağlamak için kurulmasına rağmen bazı olumsuz yanları da bulunmaktadır.

Bunlar kısaca şu şekilde sıralanabilir.

- Sabit yatırım masrafı
- İşletme, bakım ve onarım masrafları
- Anayolda seyreden araçların gereksiz yere durdurulup bekletilmesi sonucu enerji, zaman ve amortisman masrafları
- Seyahat konforunun azalması
- Çevre kirliliğinin artması (Murat 1996).

#### **2.1.2.2. Sinyalize olmayan kavşaklar**

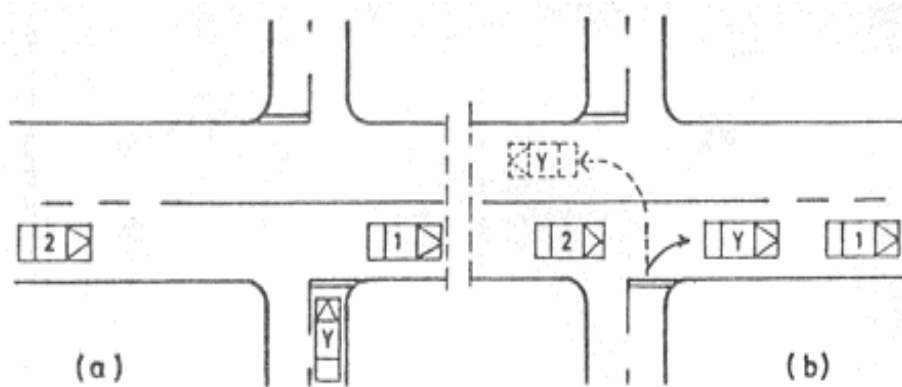
Farklı doğrultudaki taşıt hareketlerinin ışıksız trafik işaretleri ile düzenlendiği kavşaklar denetimsiz eş düzey kavşak adını alırlar. Denetimsiz eş düzey kavşakların düzenlenmesinde, kavşağa bağlanan yollardan birisi, hacim ya da geometrik özelliklerine göre diğerlerinden daha önemli kabul edilir ve “anayol” adını alır. Diğeri ya da diğerleri “yanyol” adını alırlar (Gedizlioğlu, 1979).

Denetimsiz kavşaklarda, trafik düzeninin sağlanması için kavşağın anayol yaklaşımına kavşağa gelmekte olduğunu belirten bir tehlike uyarı işareti ve bu yolun anayol olduğunu belirten bir bilgi işareti konur. Yanyolda ise bu düzenleme “yol-ver” veya “dur” işareti konularak sağlanır. Yanyolda “yol-ver” işareti varsa yanyol sürücüleri, kavşağa yaklaşırken hızlarını azaltıp anayolu gözlemek, anayolda kavşağa yaklaşan taşıt varsa ilk geçiş hakkını bu taşıtlara bırakmak zorundadır. Ancak durma zorunluluğu yoktur. Dolayısıyla yanyol sürücüleri, bu tip bir kavşağa yaklaşırken hızlarını görüşe ve anayoldaki trafik durumuna göre ayarlayıp durmadan sürekli bir hareket ile kavşağa girebilirler. Yanyol girişinde “dur” işareti varsa, yanyol sürücüsü kavşağa giriş noktasında tam olarak durmak ve anayolu iyice denetlemek zorundadır (Gedizliolu, 1979).

Yanyoldan kavşağa yaklaşan bir taşıt sürücüsü için kavşak içinde üç çeşit manevra söz konusudur. Bunlar; sağa dönüşle anayoldaki yakın şerit akımına katılma, sola dönüşle

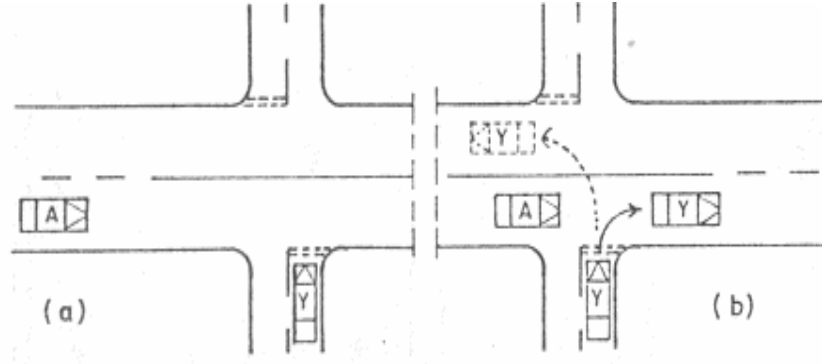
anayol yakın şerit akımını kesip uzak şerit akımına katılma ya da her iki yöndeki anayol akımını keserek karşıdaki yanyol akımına girme şeklinde olabilir (Varlıorpak, 2003).

Yanyoldan kavşağa yaklaşan sürücü kavşağa daha önce giriş yapmış bir anayol sürücüsü varsa bu taşıtın kavşağı boşaltmasını bekleyecek ve bir sonraki anayol taşıtını gözlemleyecektir ki anayol sürücüsü arasındaki bu aralık, yanyol sürücüleri için “araya giriş” aralığı olarak tanımlanır. Yanyol sürücüsü, kavşağa geldiğinde kavşakta taşıt yok fakat anayolda yaklaşmakta olan bir taşıt var ise anayoldaki taşıt ile arasındaki uzaklığın yapmak istediği manevra için yeterli olup olmadığına karar verip kavşağa bu koşul altında giriş yapar. Bu durumda da anayol taşıtının kavşağa, dolayısıyla yanyol taşıtına olan uzaklığına “öne giriş” aralığı adı verilir (Gedizliolu,1979). Araya giriş ve öne giriş aralıkları, şekil 2.5 ve şekil 2.6 üzerinde gösterilmiştir.



**Kaynak:** Gedizlioğlu, E., (1979). Denetimsiz Kavşaklarda Yanyol Sürücülerinin Davranışlarına Göre Pratik Kapasite Saptanması İçin Bir Yöntem. *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi.

**Şekil 2.5: Denetimsiz kavşaklarda araya giriş aralığı**



**Kaynak:** Gedizlioğlu, E., (1979). Denetimsiz Kavşaklarda Yanyol Sürücülerinin Davranışlarına Göre Pratik Kapasite Saptanması İçin Bir Yöntem. *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi.

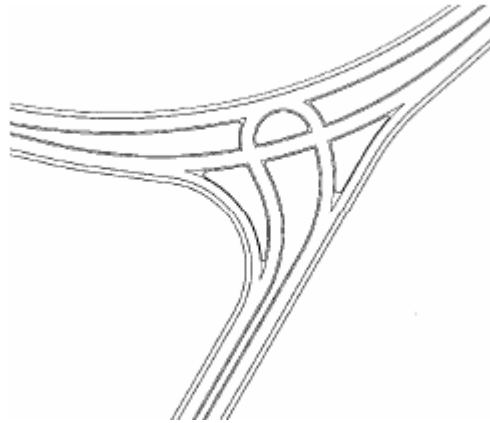
**Şekil 2.6: Denetimsiz kavşaklarda öne giriş aralığı**

### 2.1.2.3. Dönel kavşaklar

Daire veya elips adalı eşdüzey dönel kavşaklar kol sayısına göre,

- Yarım dönel (üç kollu kavşaklar)
- Mini dönel (üç veya daha fazla kollu kavşaklar)
- Modern dönel (üç veya daha fazla kollu kavşaklar)

olarak gruplandırılır. Mini ve modern dönel kavşakların dörtten fazla kollu tasarımları arzu edilmez. Ada yarıçapı mini dönel kavşaklarda en az 8m, modern dönel kavşaklarda ise minimum 20-25m olarak tasarlanmalıdır. Dörtten fazla girişi olan modern dönel kavşakların yarıçapı 60m'ye kadar tasarlanabilir. Üç kollu kavşaklarda yarım dönel orta ada, sol dönüşe uygun olup, U-dönüşü için kullanılamaz.

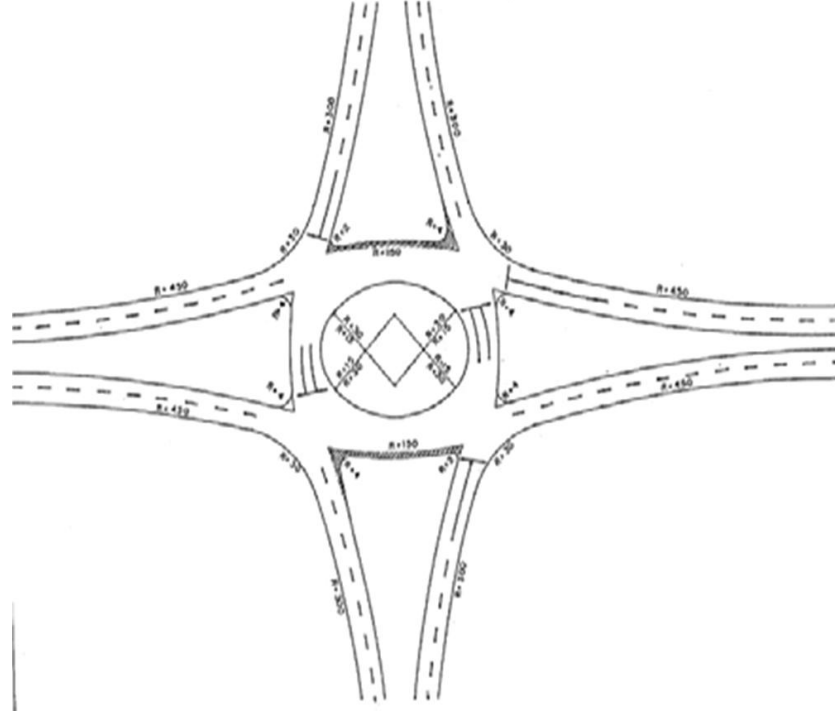


Kaynak: Karayolu Tasarımı El Kitabı. Aralık 2005.

**Şekil 2.7: Üç kollu yarım dönel kavşak**

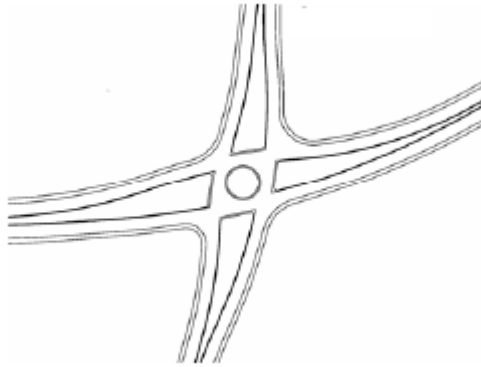


Dört kollu kavşaklarda mini dönel ada, anayol ve tali yol trafik hacimlerinin birbirine yakın olduğu durumlarda daire, birbirinden farklı olduğu durumlarda elips olarak tasarlanmalıdır.



Kaynak: Karayolu Tasarımı El Kitabı. Aralık 2005.

**Şekil 2.8: Dört kollu eliptik dönel kavşak**

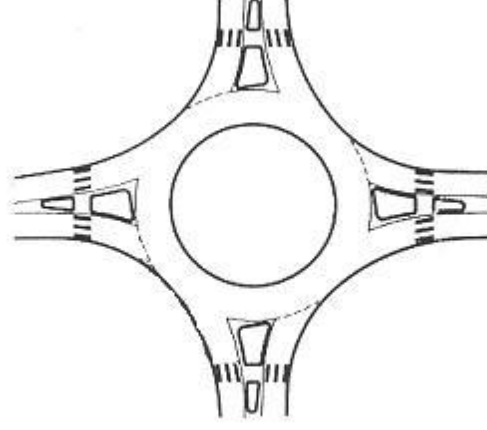


Kaynak: Karayolu Tasarımı El Kitabı. Aralık 2005

**Şekil 2.9: Dört kollu mini dönel kavşak**

Transit trafiğin dönüş trafik hacmine göre daha az olduğu ve yaya hareketleri ile ağır taşıt oranının fazla olduğu kavşaklarda, kavşak giriş-çıkışı ve kavşak içindeki taşıt hızını düşürerek trafik güvenliğini artırmak amacıyla, modern dönel kavşakların tasarlanması uygun olacaktır. Bu durumda, taşıt hızlarının düşmesiyle kavşak kapasitesi

azalacaktır. Ancak burada kapasite ve trafik güvenliğini optimize edecek tedbirlerle istenen kapasite standartlarına ulaşmak mümkün olabilmektedir.



Kaynak: Karayolu Tasarımı El Kitabı. Aralık 2005.

**Şekil 2.10: Modern döneş kavşak**

### **2.1.3. Kanalize Durumuna Göre Eşdüzey Kavşak Tipleri**

Taşıt ve yayaların güvenli ve düzenli trafik hareketlerinin sağlanması için birbirleriyle çatışan trafik hareketlerinin kaplama işaretleri, yükseltilmiş adalar veya benzeri tedbirlerle belirli gidiş yollarına ayrılması ve düzenlenmesidir. (<http://www.superbilgiler.com/platform-tarifleri.html>)Kavşaklar kapasiteyi artırmak amacıyla, işaretleme veya adalar ile yapılan yönlendirmeye göre;

- Kanalize edilmiş kavşaklar
- Kanalize edilmemiş kavşaklar

olarak sınıflandırılır

#### **2.1.3.1. Kanalize edilmiş kavşaklar**

Kavşağı giren taşıtların adalar ile kesin bir şekilde yönlendirilmesi sonucu oluşturulan kavşak tasarımına kanalize edilmiş kavşak denir. Bu kapsamda: Bölüm 2.4.6, 2.4.7, ve 2.4.8 de incelenen damla, adalar ve döneş kavşaklar ele alınacaktır.

## 2.2. EŞDÜZEY KAVŞAK TIPLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

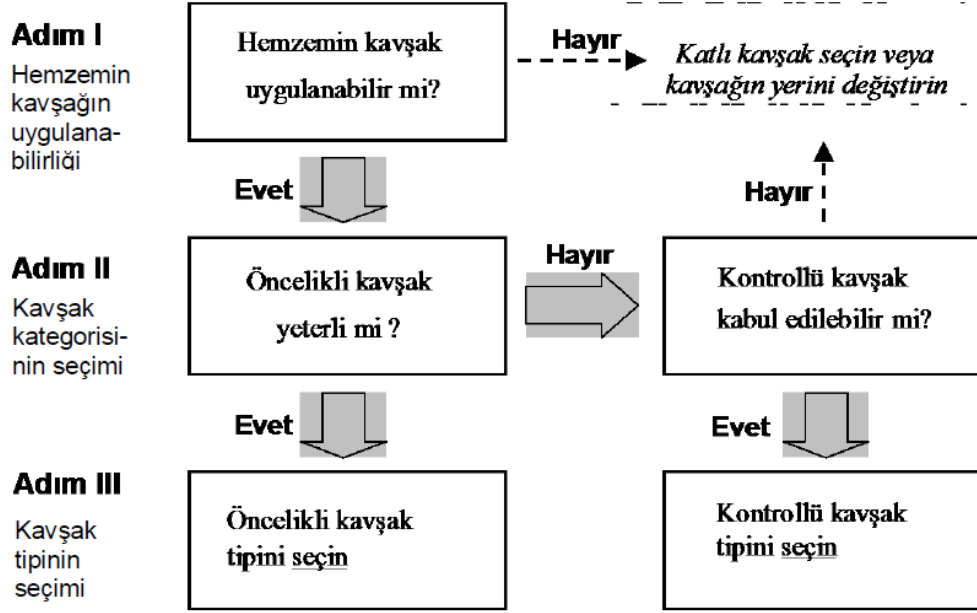
Ana trafik yoluna ait trafik düzenlemelerine bağlı olarak hemzemin kavşaklar iki ana kavşak kategorisi altında sınıflandırılabilir. Her bir kategori için çok sayıda farklı kavşak tipleri söz konusudur.

**Tablo 2.1. Hemzemin Kavşakların Sınıflandırılması**

Kavşak kategorisi	Trafik düzenlemesi		Kavşak tipleri
	Ana yol	Tali yol	
Öncelikli kavşak	Öncelik	Durma veya yol verme kontrolü	Ayrı dönüş şeritlerine ve trafik adalarının kullanımına bağlı olarak çeşitli tipler
Kontrollü kavşak	Durma veya yol verme kontrolü		Dönel kavşak Sinyalize kavşak

Kaynak: Sweroad, 2000. Karayolu Tasarımı Raporu Ek1, *Kavşak Tipi Seçimi İle Olarak Önerilen Esaslar*. Haziran 2000.

Genel olarak, kavşak tipi seçimi inşaat maliyetleri, kaza maliyetleri, çevre maliyetleri ve seyir süresi maliyetlerinin göz önünde bulundurulduğu bir sosyoekonomik bakış açısından yapılmalıdır. Bununla birlikte, bazı durumlarda kavşak tipi seçiminde diğer benzer kavşaklarda elde edilen deneyimler esas alınabilir. Dolayısıyla bütün olası kavşak tiplerini göz önünde bulundurarak sosyoekonomik hesaplamalar yapmak her zaman gerekli değildir. Trafik güvenliği boyutunun asıl kriter olması tavsiye edilir. Şu halde, gereksinimlerin karşılanıp karşılanmaması hususunda ilk olarak güvenlik kontrol edilmelidir. Bundan sonra, diğer etkenlerin kabul edilebilir olup olmadıkları kontrol edilmelidir.



Kaynak: Sweroad 2000. Karayolu Tasarımı Raporu Ek1, *Kavşak Tipi Seçimi İle Olarak Önerilen Esaslar*. Haziran 2000.

**Şekil 2.11: Kavşak seçim modeli**

### ***Seçim kriteri***

Her adımla ilgili olarak aşağıdakilerin baz alındığı çeşitli seçim kriterleri bulunmaktadır:

- Yol sınıflandırması ile konum ve trafik koşullarına ilişkin yol ve trafik koşulları
- Güvenlik, hız ve kapasite/gecikme ile ilgili standart gereklilikler
- Farklı kavşak tiplerinin güvenlik ve kapasite performanslarına ait deneyimler

Her adımla ilgili seçim kriteri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

**Tablo 2.2: Seçim Kriteri**

<b>Adım</b>	<b>Seçim Kriteri</b>
<b>I. Hemzemin kavşağın uygulanabilirliği</b>	– Yol sınıflandırması – Kapasite
<b>II. Kavşak kategorisinin seçimi</b>	
II a. Öncelikli kavşağın uygulanabilirliği	– Güvenlik – Kapasite
II b. Kontrollü kavşağın kabul edilebilirliği	– Yol sınıflandırması ve konum
<b>III. kavşak tipinin seçimi</b>	
III a. Öncelikli kavşak tipi	– Güvenlik
III b. Kontrollü kavşak tipi	– Güvenlik – Planlama koşulları – Gecikmeler – Ekonomik etüd

Kaynak: Sweroad 2000. Karayolu Tasarımı Raporu Ek1,Kavşak Tipi Seçimi İle İlgili Olarak ÖnerilenEsaslar. Haziran 2000.

### ***Gerekli Veriler***

#### ***Yol ve trafik koşulları***

Yol sınıflandırması ve konum

Hemzemin kavşakların ve/veya trafik kontrol tedbirlerinin (dur ya da yol ver kontrolü) kabul edilebilirliği yol fonksiyonu ile ilişkili olmalıdır. Bazı önemli yollarda, hemzemin kavşakların veya trafik kontrol önlemleri kabul edilemeyebilir.

Hemzemin kavşakların ve/veya trafik kontrol tedbirlerinin kabul edilebilirliği ayrıca yolun şehir dışında, banliyöde ya da şehir içinde bulunması ile ilgili olmalıdır.

#### ***Trafik koşulları***

Trafik verileri daha çok ana ve tali yollar üzerindeki günlük trafik hacimleri (YOGT) olarak gerekli olmaktadır. Detaylı kapasite kontrolü ve tasarım için, saatlik trafik ile dönüş yapan trafik akımları hakkında da trafik verilerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Planlanan kavşağın beklenen hizmet ömrü boyunca meydana gelecek trafik büyümesi göz önünde bulundurulmalıdır. Projenin tipine bağlı olarak hizmet ömrü değişiklik göstermektedir. Şehir alanları içindeki küçük projelerde hizmet ömrü kırsal alanlardaki büyük projelerdekinden daha kısa olmalıdır. Türkiye'deki devlet yolları için resmi proje ömrü 20 senedir.

### Standart gereklilikler

**Güvenlik:** Güvenliğin birincil seçim ölçütü olması tavsiye edilir. Bu yüzden, kavşakların temel güvenlik gereklilikleri (örneğin her yıl için beklenen kaza ya da yaralanma sayısı olarak tanımlanan) tesis edilmelidir.

**Hız:** Gerek güvenlik düzeyi gerekse farklı kavşak tiplerinin kapasitesi ana yol üzerindeki hız sınırlarına bağlıdır. Dolayısıyla, ana yol üzerindeki hız sınırının kararlaştırılması gerekir. Hızla ilgili şartlarda yol sınıflandırması ve konumu esas alınabilir.

**Kapasite:** Güvenliğe ek olarak, kapasite (ya da gecikmeler) önemli bir seçim kriteridir. Söz gelişi kavşaklara ait hizmet seviyesi (HCM'ye göre) ya da yük faktörü (fiili trafik hacmi / maksimum trafik hacmi) olarak tanımlanan kapasite gerekliliklerinin tesis edilmesi gerekir.

### **2.2.1. Eş Düzey Kavşakların Uygulanabilirliği**

Bir eşdüzey kavşağın uygulanabilir olup olmadığını saptamak için iki kontrol yapılması gereklidir:

- 1-Bu yol üzerinde hemzemin kavşak kabul edilebilir mi?
- 2-Hemzemin kavşağın kapasitesi yeterli midir?

#### **2.2.1.1.Yol sınıflandırması**

Eşdüzey kavşaklar genelde otoyollar ve dört şeritli bölünmüş yollar dışındaki tüm yollarda kabul edilebilirler. Bununla birlikte, bazı önemli yollar arasındaki kavşaklarda, amaç eşdüzey kavşaklardan kaçınılması olabilir. Fonksiyonel yol sınıflandırmasına dayalı olarak, eşdüzey kavşakların kabul edilebilirliğini gösteren bir tablo hazırlanabilir. Bu tür bir tablo örneğine aşağıda yer verilmiştir.

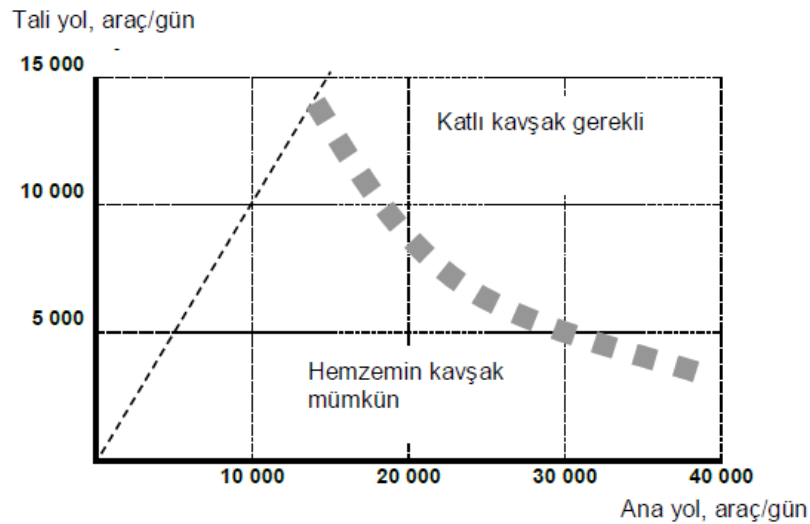
**Tablo 2.3: Çok düşük trafik hacmine sahip yollarda, hemzemin kavşak kabul edilebilir. Hemzemin kavşakların kabul edilebilirlik tablosuna örnek**

Ana Yol	Kesişen/bağlanan yol			
	Devlet yolu tip I	Devlet yolu tip II	İl yolları	Köy, belediye ve orman yolları
Devlet yolu, tip I	Evet/Hayır <sup>1)</sup>	Evet/Hayır <sup>1)</sup>	Evet	Evet
Devlet yolu, tip II		Evet	Evet	Evet
İl yolu			Evet	Evet

Kaynak: Sweroad 2000. Karayolu Tasarımı Raporu Ek1,Kavşak Tipi Seçimi İle İlgili Olarak ÖnerilenEsaslar. Haziran 2000.

### 2.2.1.2. Kapasitenin değerlendirilmesi

Bir hemzemin kavşağın makul gecikme ile hizmet verebileceği trafik hacimleri birçok faktöre bağlıdır. Bu yüzden, bir hemzemin kavşağın yeterli olup olmadığına ilişkin ilk kontrol nispeten kaba bir tahmin olacaktır. Bu tahmin, ana ve tali yollar üzerindeki trafik hacimlerinin dikkate alındığı bir şema kullanılarak yapılabilir. Aşağıdaki şekil İngiltere'den elde edilen deneyimler esas alınarak hazırlanmış böyle bir tablo örneğini göstermektedir. (Şehir içi Alanlarındaki Yollar ve Trafik, 1987)



Kaynak: Sweroad 2000. Karayolu Tasarımı Raporu Ek1,Kavşak Tipi Seçimi İle İlgili Olarak ÖnerilenEsaslar. Haziran 2000.

**Şekil 2.12: Bir hemzemin kavşağın kapasitesinin kontrol edilmesine ilişkin örnek diyagram**

## 2.2.2. Kavşak Kategorisinin Seçimi

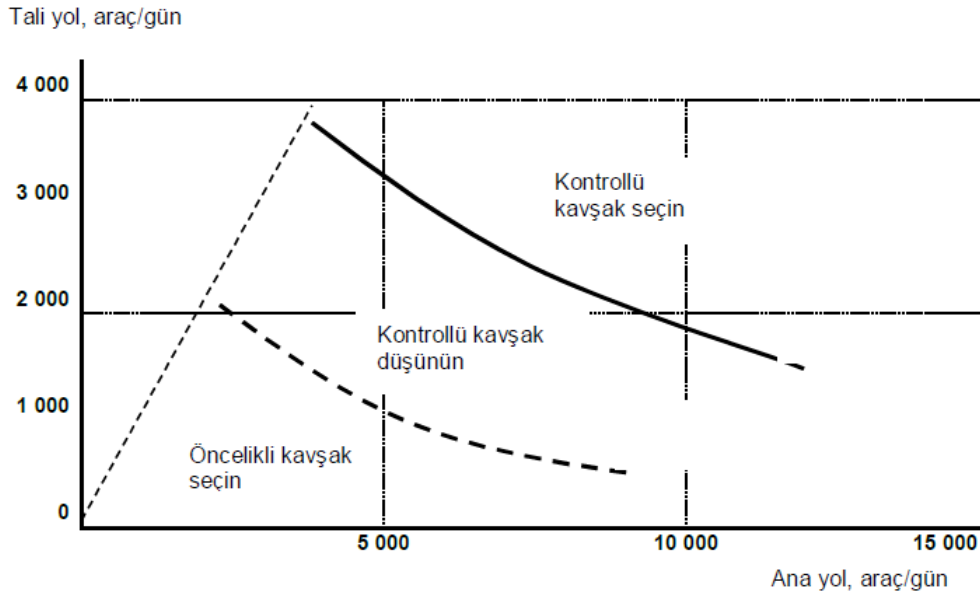
Kavşak kategorisinin seçimi iki adımda yapılabilir:

- Güvenlik ve kapasite açısından öncelikli kavşak yeterli mi?
- Eğer değilse, kontrollü kavşak kabul edilebilir mi?

### 2.2.2.1. Öncelikli kavşağın uygulanabilirliği

#### *Güvenliğin değerlendirilmesi*

Kavşaklar için güvenlik gerekliliği arzulan bir seviye ile belli bir maksimum/minimum seviyenin karşılanmak zorunda olduğu aralık olarak tanımlanabilir. Beklenen kaza sayısı arzulan seviyeyi aşmadığı takdirde, bir öncelikli kavşağın seçilmesi gerekir. Bu sayı belli bir seviyeyi aştığı takdirde, bir kontrollü kavşağın seçilmesi gerekir. Tanımlanan seviyeler arasında bir kontrollü kavşağın göz önünde bulundurulması gerekir. Seçim, ana ve tali yollardaki trafik hacimleri ile güvenlik seviyeleri arasındaki ilişkiyi gösteren diyagramlar kullanılarak yapılabilir. Aşağıda, İsveç'teki kaza istatistiklerine dayalı olarak, ana yol üzerinde 70 km/s hız sınırının olduğu 3 ayaklı bir kavşağa (T-kavşağa) ait diyagram gösterilmektedir.



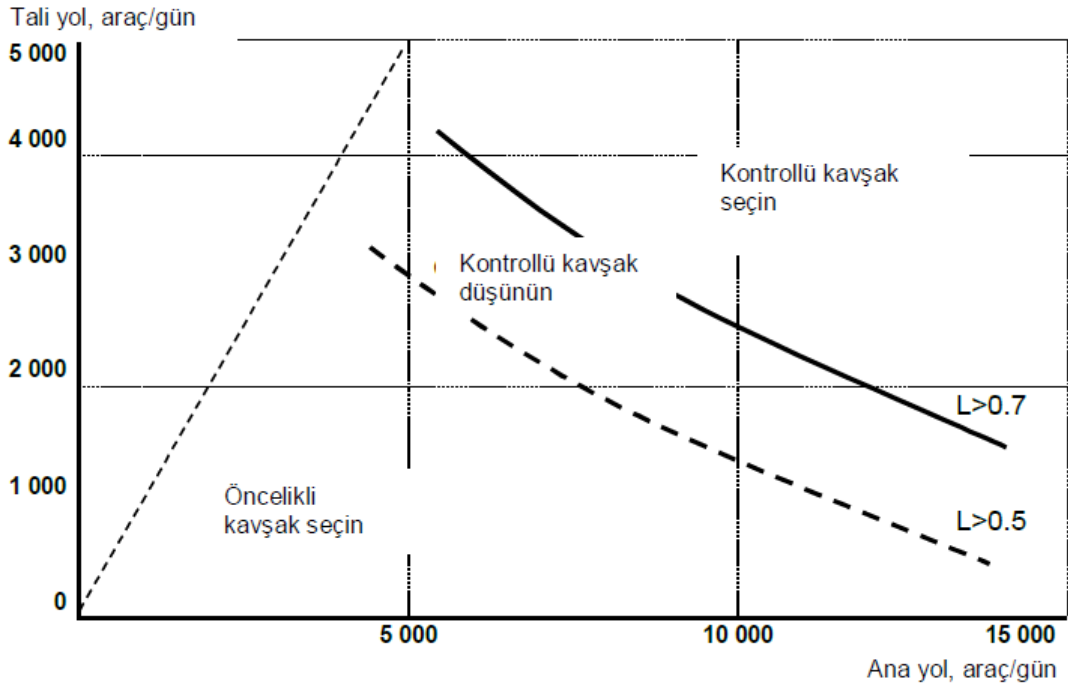
Kaynak: Sweroad 2000. Karayolu Tasarımı Raporu Ek1, Kavşak Tipi Seçimi İle İlgili Olarak Önerilen Esaslar. Haziran 2000.

**Şekil 2.13: Öncelikli kavşakların güvenlik değerlendirmesi ile ilgili örnek diyagram (T-kavşak, 70 km/s)**



### ***Kapasitenin değerlendirilmesi***

Güvenlik nedenlerinden ötürü bir öncelikli kavşağın göz önünde bulundurulması ya da seçilmesi gerekli olduğu takdirde, kapasitenin kontrol edilmesi gerekir. Bu kontrol güvenlikte izlenen yol ile aynı şekilde yapılabilir. Kapasite gerekliliği (hizmet seviyesi ya da yük faktörü olarak tanımlanan) karşılanması zorunlu olan bir istenen seviye ile belli bir maksimum/minimum seviye olarak tanımlanabilir. Seçim, ana ve tali yollardaki trafik hacimleri ile kapasite seviyeleri arasındaki ilişkiyi gösteren diyagramlar kullanılarak yapılabilir. Aşağıda, ana yol üzerinde 70 km/s hız sınırının olduğu 3 aylık bir kavşağa (T- kavşağı) ait diyagram gösterilmiştir.



Kaynak: Sweroad 2000. Karayolu Tasarımı Raporu Ek1, Kavşak Tipi Seçimi İle İlgili Olarak Önerilen Esaslar. Haziran 2000.

**Şekil 2.14: Öncelikli kavşakların güvenlik değerlendirmesi ile ilgili örnek diyagram (T-kavşak, 70 km/s)  $L$  = yük faktörü (fiili trafik hacmi/maksimum kapasite)**

#### **2.2.2.2. Denetimli kavşağın kabul edilebilirliği**

##### ***Yol sınıflandırması ve konum***

Trafik kontrol tedbirleri (yerel hız limiti ile dur veya yol ver kontrolü) ana yollar üzerinde kabul edilemeyebilir. Aşağıdaki tablo yol sınıflandırması ve konuma bağlı olarak Standard yol gerekliliklerini göstermektedir.

**Tablo 2.4: Farklı yol sınıflarında trafik kontrol önlemlerinin kabul edilebilirliğine ilişkin örnek**

Konum	Yol sınıfı		
	Devlet yolu tip I	Devlet yolu tip II	İl yolu tip I ve II
Şehirdışı	Hayır	Evet/Hayır	Evet
Banliyö	Evet/Hayır	Evet	Evet
Şehiriçi	Evet	Evet	Evet

Kaynak: Sweroad 2000. Karayolu Tasarımı Raporu Ek1,Kavşak Tipi Seçimi İle İlgili Olarak

### **Önerilen Esaslar. Haziran 2000**

#### **2.2.3. Kavşak Tipinin Seçimi**

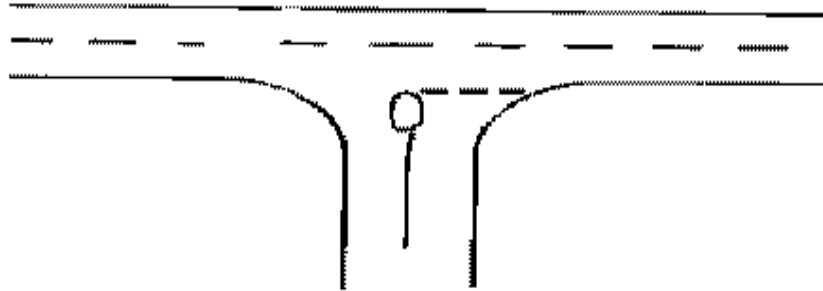
Öncelikli veya kontrollü kavşak seçimine bağlı olarak, kavşak tipinin seçimi aşağıda belirtilen iki yoldan biri ile yapılabilir:

- Öncelikli kavşak tipinin seçimi
- Denetimli kavşak tipinin seçimi

##### **2.2.3.1. Öncelikli kavşak tipinin seçimi**

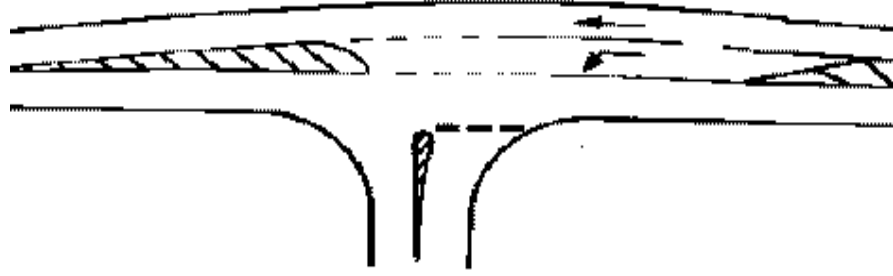
###### Öncelikli kavşak tipleri

Önerilen öncelikli kavşak tipleri aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir:



Kaynak: Sweroad 2000. Karayolu Tasarımı Raporu Ek1,Kavşak Tipi Seçimi İle İlgili olarak Önerilen Esaslar. Haziran 2000

**Şekil 2.15: Öncelikli kavşak tip I**

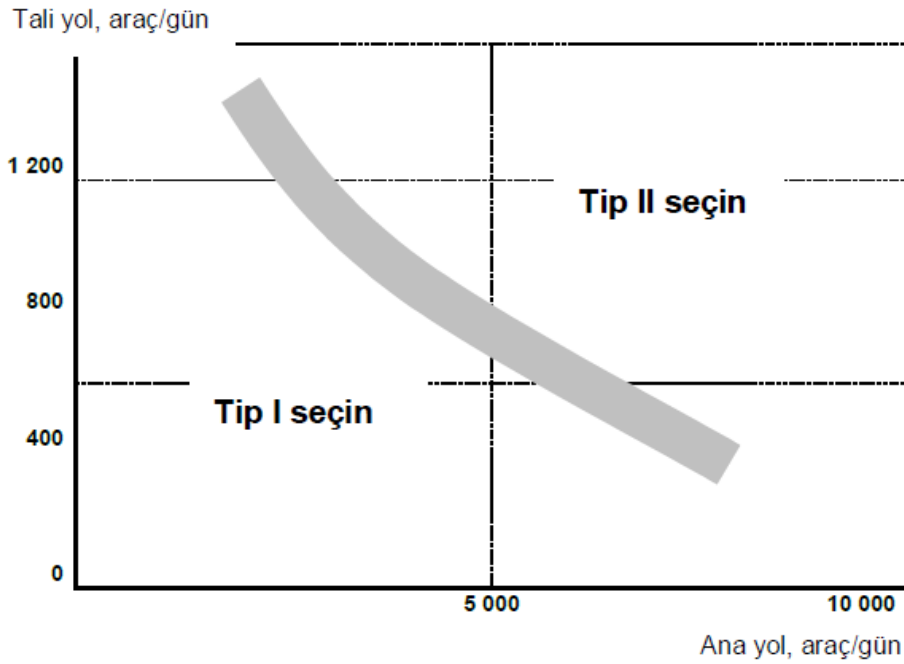


Kaynak: Sweroad 2000. Karayolu Tasarımı Raporu Ek1,Kavşak Tipi Seçimi İle İlgili olarak Önerilen Esaslar. Haziran 2000

**Şekil 2.16: Öncelikli kavşak tip II**

### Güvenliğin değerlendirilmesi

Güvenli bir kavşak genellikle aynı zamanda yeterli kapasite sağladığından, öncelikli kavşağın seçiminde sadece güvenlik performansı esas alınır. Seçim daha önceki adımlarda kullanılan türden diyagram kullanılarak yapılabilir.



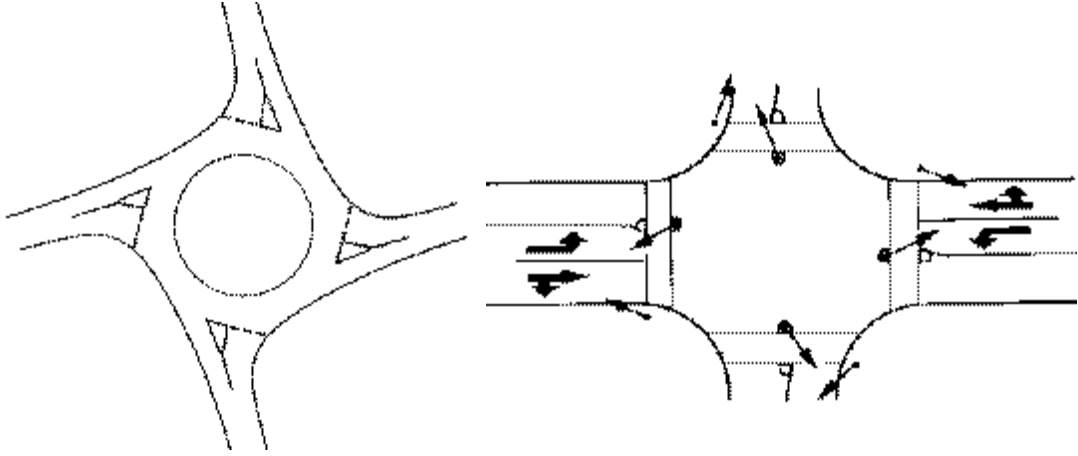
Kaynak: Sweroad 2000. Karayolu Tasarımı Raporu Ek1,Kavşak Tipi Seçimi İle İlgili olarak Önerilen Esaslar. Haziran 2000

**Şekil 2.17: Öncelikli kavşak tipinin seçimine ilişkin örnek**

### **2.2.3.2. Sinyalize kavşak tipinin seçimi**

#### Sinyalize kavşak tipleri

Önerilen kontrollü kavşak tipleri Şekil 2.18, Şekil 2.19' da gösterilmiştir:



Kaynak: Sweroad 2000. Karayolu Tasarımı Raporu Ek1, Kavşak Tipi Seçimi İle İlgili olarak Önerilen Esaslar. Haziran 2000

**Şekil 2.18: Dönel kavşak**

**Şekil 2.19: Sinyalize kavşak**

Son zamanlarda yapılan incelemelerde dönel kavşakların sinyalize kavşaklardan daha güvenli olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca dönel kavşaklar, sinyalize kavşaklardan farklı olarak, normalde kontrollü bir kavşağın kabul edilebilir olduğu yol ve yerlerde kullanılabilir.

Güvenlik sebeplerinden ötürü, aşağıdaki durumlar söz konusu olmadığı sürece, dönel kavşak seçilmelidir:

- Planlama şartlarının sinyalize kavşakların seçimini zorunlu kıldığı haller
- Sinyalize kavşağın kullanılmasının sosyoekonomik bakımdan daha avantajlı olduğu haller.

#### Planlama koşullarının değerlendirilmesi

Söz gelişi mevcut alan ya da birleşen yolların güzergahına bağlı olarak dönel kavşağın kullanılması mümkün olmayabilir. Bunun kontrolü standart boyutları olan bir kavşağın ön vaziyet planı incelenerek yapılabilir. Kavşak koordine edilen sinyalizasyon şebekesinin bir parçası olması ya da sinyalize kavşakların yaygın olduğu bir yerde bulunması halinde, sinyalize edilmiş bir kavşağın seçimi göz önünde bulundurulmalıdır. Sinyalize kavşaklar genel olarak bütün yol sınıfları ve yol konumları için kabul edilebilir özellikte değildir. Aşağıdaki tabloda sinyalize kavşakların kabul edilebilirliğine ilişkin bir örnek verilmiştir.

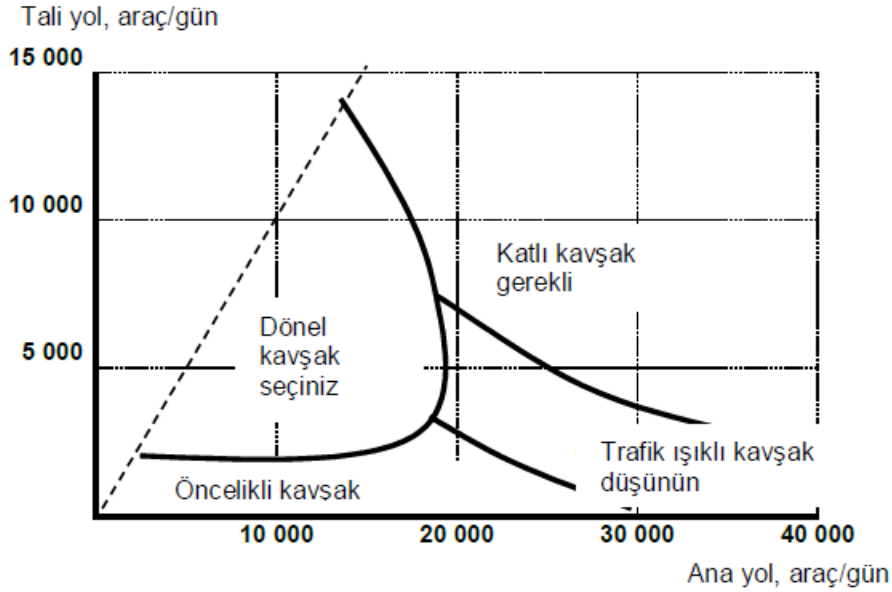
**Tablo 2.5: Farklı yol sınıfı ve konumlarında sinyalize kavşakların kabul edilebilirliğine ilişkin örnek**

Konum	Yol sınıfı		
	Devlet yolu tip I	Devlet yolu tip II	İl yolu tip I ve II
Şehirdışı	- - -	- - -	- - -
Banliyö	- - -	Kabul edilebilir	Kabul edilebilir
Şehiriçi	Kabul edilebilir	Kabul edilebilir	Kabul edilebilir

Sweroad 2000. Karayolu Tasarımı Raporu Ek1,Kavşak Tipi Seçimi İle İlgili olarak Önerilen Esaslar. Haziran 2000

### Gecikmelerin değerlendirilmesi

Ana yol üzerinde yüksek hacimli trafiğin söz konusu olduğu durumlarda, sinyalize kavşaklardaki gecikmeler dönel kavşaklardakinden daha kısa sürelidir. Netice itibariyle, sinyalize kavşağın toplam sosyoekonomik maliyeti daha düşük olabilir. Aşağıdaki şekil, sinyalize kavşakların hangi trafik hacimleri için ekonomik açıdan göz önünde bulundurulması gerektiğini göstermektedir.



Kaynak: Karayolu Tasarımı Raporu. Aralık 2005.

**Şekil 2.20: Ne zaman dönel kavşağın seçilmesi ve ne zaman sinyalize kavşağın göz önünde bulundurulması gerektiğine ilişkin örnek diyagram**

### Ekonomik etüd

Eğer planlama koşulları ya da trafik hacimleri sebebiyle sinyalize kavşak göz önünde bulunduruluyor ise, sosyoekonomik analiz yapılması gerekir. Bu analize yol inşaat ve

bakım maliyetleri, kaza maliyetleri, seyahat süresi maliyetleri, araç işletme maliyetleri ile çevre giderlerinin dahil edilmesi gerekir.

### **2.3. EŞDÜZEY KAVŞAK TASARIM ESASLARI**

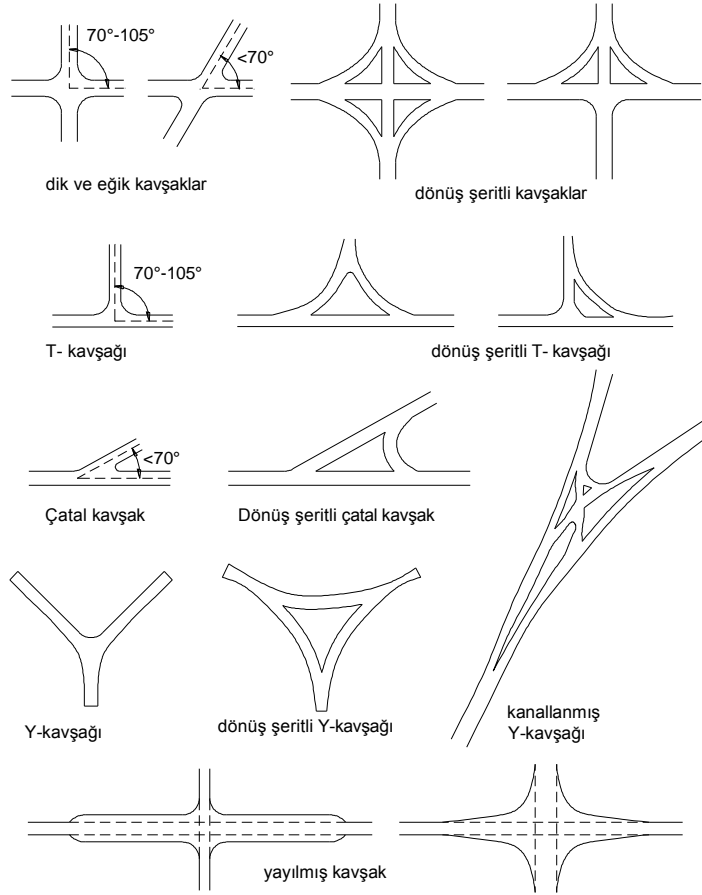
Türkiye’de yaygın olarak kullanılan kavşak tipi eşdüzey kavşaklardır. Kavşaklar kazaların çok olduğu yol elemanlarından biridir. Düşük ve orta yoğunluklu yollarda genellikle sinyalizasyonsuz eşdüzey kavşak tasarımı tercih edilir. AASHTO(2001)’ya göre, bu tip yollar yüksek hızlı seyahate ve düşük geometriye sahiptir. Sinyalizasyonsuz kavşaklar, anayoldaki hareketlilik, aynı yönde duran ve yavaş hareket eden araçlarla devam edenler arasında hız farkının çok olması nedenleriyle de sinyalizasyonlu kavşaklardan daha tehlikelidir. Emniyetli bir ulaşım ve trafik düzeninde eşdüzey kavşaklar son derece önemlidir. Bu ise tasarım-proje-bakım-onarımın ve işletmenin en üst seviyede tutulmasını gerektirmektedir.(Tuncuk ve Karaşahin., 2001. S.470-483)

Karayolu tasarımı yol kullanıcılarının yetenek ve beklentilerine uygun hale getirilmelidir. Sürücülerin tepkileri fiili durumdan ziyade beklenen duruma göre olmaktadır. Bunların ikisi arasında fark olduğu takdirde, (söz gelişi tasarım standartlarından dolayı) sürücü karar vermekte gecikebilir veya kazaya yol açan yanlış bir karar verebilir. Netice itibariyle, geometrik tasarımın sürücünün beklentisi ile ya da kabul etmeye istekli olduğu durum ile tutarlı olması gerekir(Karayolu Tasarımı raporu). Geometrik durumlarına göre çeşitli kavşak tipleri Şekil de görülmektedir. Şekilde görülen eğik kavşağa makas tipi kavşak da denir ve bunlarda kollar arasındaki açı 70 dereceden küçüktür. Bu açı 70~105 derece arasında kalırsa dik kavşak tipi olur. Çatal kavşaklarda iki kol arasındaki açı 70 dereceden küçük olup aksi durumda yani açı 70~105 derece arasında ise T tipi kavşak adını almaktadır.

Ayrıca,

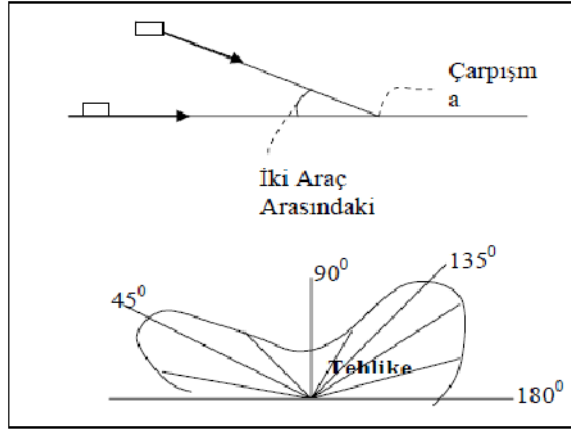
- Araçlar ve yayaların kavşakta en kısa mesafe ve sürede geçmelerinin sağlanması

- Sürücülerin yanıl görüş mesafesini azaltarak uygun pozisyon ve hızda seyretmelerinin sağlanması
- Büyük araçların dönüş hareketlerinin kolaylaştırılması



Kaynak: Umar, F. ve Yayla, N., 1992. *Yol inşaatı*. İstanbul Teknik Üniversitesi  
**Şekil 2.21: Çeşitli eşdüzey kavşak tipleri**

Kavşak alanının daralmasını sağlayacak araç/araç ve araç/yaya çakışma noktalarının daha kolay kontrol altına alınabilmesinin sağlanması ve dolayısıyla kaza oluşumunu en aza indirmek (örnek olarak Şekil 2.22’de kavşak kolları arasındaki açı değişimine bağlı olarak oluşabilecek kazaların tehlike oranları görülmektedir gibi önemli avantajlar elde edilmesinden dolayı dik ve dike yakın kesişmeler yapılmalıdır.



Kaynak: PROCED. Rproceeding, Institute of Traffic. 1960  
**Şekil 2.22: Çarpışma açılarının güvenliğe etkisi**

### 2.3.1. Eşdüzey Kavşak Tasarımında Genel Kriterler

Hangi tipten olursa olsun bir kavşak planlanırken göz önünde tutulacak dört ana prensip şunlar olmalıdır:

- 1-Kazalara karşı güvenlik
- 2-Yeterli kapasite
- 3-Ekonomi
- 4-Çevreye uygunluk

Yukarıdaki dört prensibin şu şekilde ifade edilmesi de mümkündür. Kavşaklar, çevre koşulları ile uyum göstermek üzere kaza ihtimali ile tesis ve bakım masrafları az olacak, buna karşılık yüksek kapasite gösterecek şekilde planlanıp inşa olunmalıdırlar.

Belirtilen bu esaslar çerçevesinde, kavşak planlamasına başlanırken nazara alınması icap eden ana faktörler şunlar olmaktadır.

- a-Kavşağın yol ağı içindeki önemi
- b-Mevcut trafik özellikleri
- c-Kavşağı oluşturan yolların geometrik özellikleri
- d-Yakın kavşaklarda uygulanan veya uygulanacak denetim şekilleri
- e-Sürücü ve yaya davranışları
- f-Topoğrafik durum ve çevre koşulları

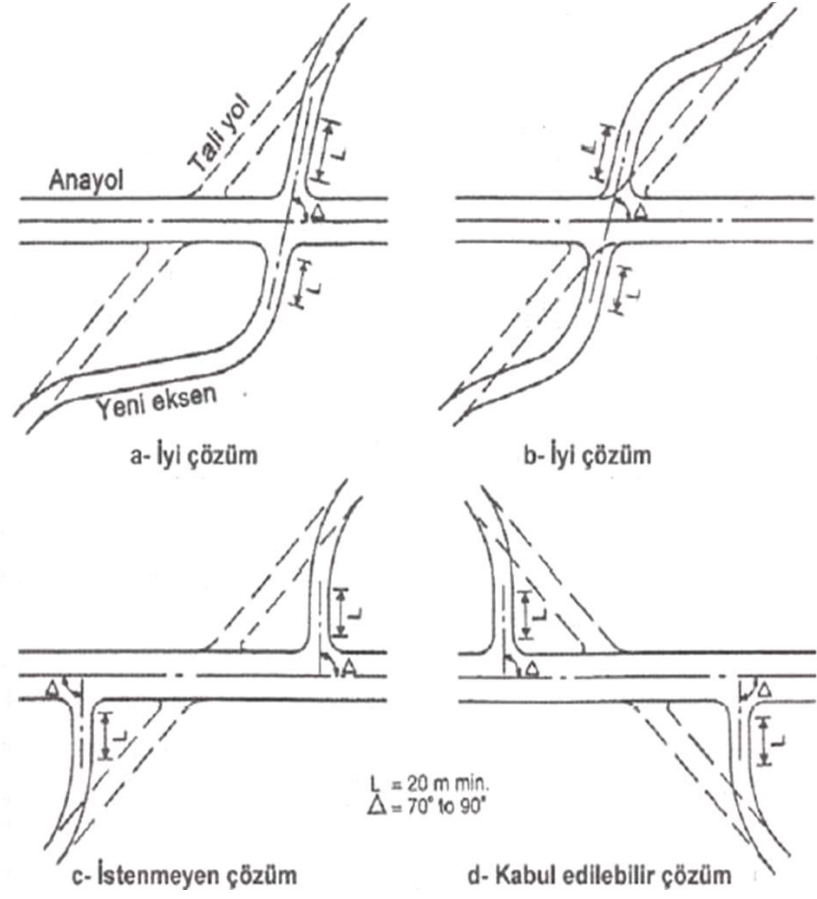
**a-)** Kavşağın yol ağı içindeki önemi, kavşağa birleşen yolların sınıfı ile ilgili olup kavşağın geometrik standartları ile uygulanacak denetim şeklinin seçiminde etkili olur. Örneğin, trafik hızının yüksek olduğu bir transit yol veya ana arter üzerindeki kavşaklar



güvenlik dereceleri çok yüksek, ayrıca gecikme en az olacak şekilde planlanırlar. Bunları temin için de gereken harcamalardan kaçınılmaz.

**b-)** Planlama sırasında bilinmesi zorunlu olan trafik özellikleri ise şunlardır: (Gedizlioğlu 2010)

- Kavşağa gelen trafik miktarı (YOGT olarak)
- Trafiğin gün, hafta ve yıl içinde değişim şekli
- Trafiğin bileşimi yani otomobil, kamyon vb. taşıt cinslerinin toplam trafikteki yüzdeleri
- Anayoldaki proje hızı
- Her kavşak ayağından gelen trafiğin sağa ve sola dönenler ile düz geçenlerinin yüzdeleri (zirve saatlerdeki)
- Kentiçi kavşaklar için kavşağın yakınında bulunan terminal, otopark, garaj vb. yerlerin durumları
- Yine kentiçi kavşaklar için kamu yolcu taşınması yapan taşıtların miktarı ve bunlara ait tesislerin kavşağa olan mesafeleri
- Kavşak yakınındaki yaya hareketleri
- Daha önce meydana gelen kazaların sayısı, türü vb. hususlardaki istatistik bilgiler



Kaynak: Tunç A., Yol Tasarımının Esasları ve Uygulamaları

**Şekil 2.23: Kavşakta tali kolların birleşme şekilleri**

**c-)** Planlama sırasında nazara alınacak geometrik özellikler kavşağa verilecek geometrik şekil üzerinde etkili olup bunlar: (Gedizlioğlu 2010)

- Kavşağa birleşen yolların sayısı
- Kavşak ayakları arasındaki açı
- Görüş uzunlukları
- Bir önceki ve sonraki kavşağa olan mesafeler
- Kavşakta tali kolların birleşme şekilleridir. Tali yolların birleşme şekillerine örnek Şekil de verilmiştir

**d-)** Bir yol boyunca birbirine yakın kavşaklarda farklı denetim şekillerinin uygulanması sürücü davranışlarını kötü yönde etkileyen, dolayısıyla kapasiteyi azaltıp kaza ihtimalini artıran bir durumdur. Bu nedenle bir yol boyunca denetim şekilleri bakımından aynı tip kavşakların tesisine çalışılmalıdır.

e-) Sürücü ve yayaların trafik kurallarına uyma ve trafik işaretlerine riayet dereceleri; kavşak tipi ve denetim şeklinin seçiminde etkili diğer bir önemli husustur. Örneğin, ilk geçiş hakkı konusunda kurallara riayet derecesi zayıf olan bir bölgede dönel tip kavşaklardan beklenen kapasiteyi sağlamak zor olduğu gibi, böyle bir bölgedeki denetimsiz kavşaklarda kaza ihtimali fazladır. Bu arada, yayaların kurallara riayet dereceleri az ise bunlar için kavşak yakınında alt ve üst geçitler tesisi gerek kaza ihtimalini azaltmak ve gerekse kavşaktan beklenen kapasiteyi temin bakımından uygun olur.

f-) Kavşak bölgesinin topoğrafik durumu; kavşaktaki görüş uzunlukları, kavşağın inşaa maliyeti, kavşağa birleşen yolların eğimleri ve bunların birleşme açıları bakımından önemlidir. Çevre koşulları ise, kavşağın yakınındaki varsa tarihi ve diğer yapılar, ayrıca doğal güzellikler ile uyum sağlanması, kaza, gürültü vb. yönlerden yakın çevreye fazla zarar verilmesinin önlenmesi bakımından bilinmesi gereken hususlardır.

Kavşak planlamalarında yukarıda sıralanan ana faktörlerin yanında mali olanakların da önemli bir etkisi olduğu açıktır. Mali durum iyi ise, gelecek yıllarda yoğun bir trafiğe maruz kalacağı beklenen bir kavşağın farklı düzeyli tipten planlanması kaza ve gecikmelere karşı köklü bir çözüm şeklidir.

### **2.3.2. Eşdüzey Kavşak Planlamasında Dikkate Alınacak Diğer Hususlar**

Eşdüzey kavşakların planlanması sırasında göz önünde tutulması gereken diğer hususlar şöyle sıralanabilir.

-Planlama sırasında, kavşağa girecek sürücülerini şaşırtacak karışık düzenlemelerden kaçınılmalıdır. Sürücü, diğer yollardan gelen taşıtlar ile bunların hangi yönlere gidebileceğini yeterli mesafeden açık bir şekilde görüp anlayabilmelidir.

-Daha sonra görülecek olan trafiğin yönlendirilmesi kısmında da temas edileceği gibi, trafik akımlarının kavşak içindeki yörüngeleri kesin bir şekilde sınırlandırılmalı, birleşme, ayrılma ve kesişme açıları güvenliği ve kapasiteyi artıracak şekilde ayarlanıp sağlanmalıdır.

-Kavşaktaki köşe yarıçapları taşıtların sürekli bir hareketle kolayca dönebilmelerine yeterli olmalıdır. Köşelerde otobüs ve kamyon gibi ağır taşıtlar için 10,0 m, otomobiller için 5,0 m lik dönüş yarıçapları yeterli sayılabilir. Dönüş sırasında, dönüşü yapan taşıtın diğer şeride taşmaması için kavşağın bulunduğu şeritlerde genişletmeler yapılabilir. Ancak, bu genişletmeler gereğinden fazla olmamalıdır.

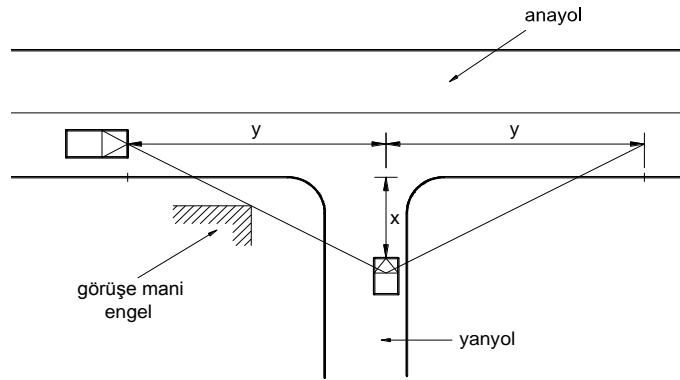
-Farklı yollardan gelen taşıt sürücüleri birbirlerini yeterli mesafelerden kolaylıkla görebilmelidirler. Şekil de görülen bir (T) kavşağı için arzu edilen görüş mesafeleri, anayoldaki hız sınırına göre, Tablo da verilmiştir. Şekilde yanyol üzerinde gösterilen (x) mesafesi normal olarak 9,0 m kabul edilirse de yanyoldaki trafik çok az ise bu mesafe 4,50 m olarak alınabilir. Anayol bölünmemiş tipten ve çift yönlü ise (y) mesafesi her iki tarafta da sağlanmalıdır.

Şayet, anayol tek yönlü ise yanyoldan gelişe göre sola doğru tek taraflı bir görüş mesafesinin temini yeterli olabilir.

**Tablo 2.6: Kavşaklarda görüş uzunlukları**

Anayolun sınıfı	Anayoldaki hız sınırı (km/sa)	Minimum y uzunluğu (m)
Ana arter	80	150
	65	120
Ana cadde	50	90
Cadde (ikinci derece)	50	60

Kaynak: Tuncuk, M. & Karaşahin, M., 2005. *Şehir İçi Eşdüzey Kavşak Geometrilerinin ve Kazalara Etkilerinin İncelenmesi*. Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi



Kaynak: Mass Highway. Eddition, *Intersection Design*, Chapter 6.2005

**Şekil 2.24: Kavşaklarda üçgen görüş alanları**

Tabloda görülen görüş uzunlukları herhangi bir nedenle sağlanamıyorsa, her iki yolda hız sınırlaması yapılmalıdır. Yollardan birinin mutlak geçiş üstünlüğü varsa, yanyolun kavşağa birleşen yerine «DUR» veya «YOL VER» işaretleri konulmalı, ayrıca kaplama üzerine «DUR» çizgisi çizilmelidir.

-Kapasite ve özellikle güvenlik açısından eşdüzey kavşaklarda işaretleme ile aydınlatmaya özel önem verilmelidir.

### **2.3.3. Görüş Mesafesi Tasarımı**

Kavşaklardaki güvenliğin sağlanması için duruş görüş mesafesinin sağlanmasına çalışılmalıdır. Kavşaktaki görüş mesafesi yol eksenini boyunca ve yan yoldaki üçgen görüş alanı olarak ele alınmaktadır. Kavşak yatay kurba üzerinde kesinlikle yapılmamalı ve alinymanda veya dere tipi düşey kurbada yapılmalıdır.

Araçların kavşağı emniyetle geçebilmesi için sürücülerin diğer kollardan yaklaşan araçları görebilmesi ve böylece diğer araçlarla çarpışmaması için durabilmesi veya hızını ayarlayabilmesi gerekmektedir. Şekil de görüldüğü gibi kavşak köşelerinde üçgen görüş alanı sağlanmalıdır. Yani, üçgen görüş alanlarının içine herhangi bir nesne (bina, istinat duvarı, köprü ayağı, yarma şevi, ağaç, levha, büfe, reklam panosu, vb.) olmamalıdır. Şekil’de kavşağı yaklaşan ve kavşakta bekleyen araçlar için gerekli üçgen görüş alanının boyutları görülmektedir.

### **2.3.4. Eşdüzey Kavşaklarda Trafik Hareketleri**

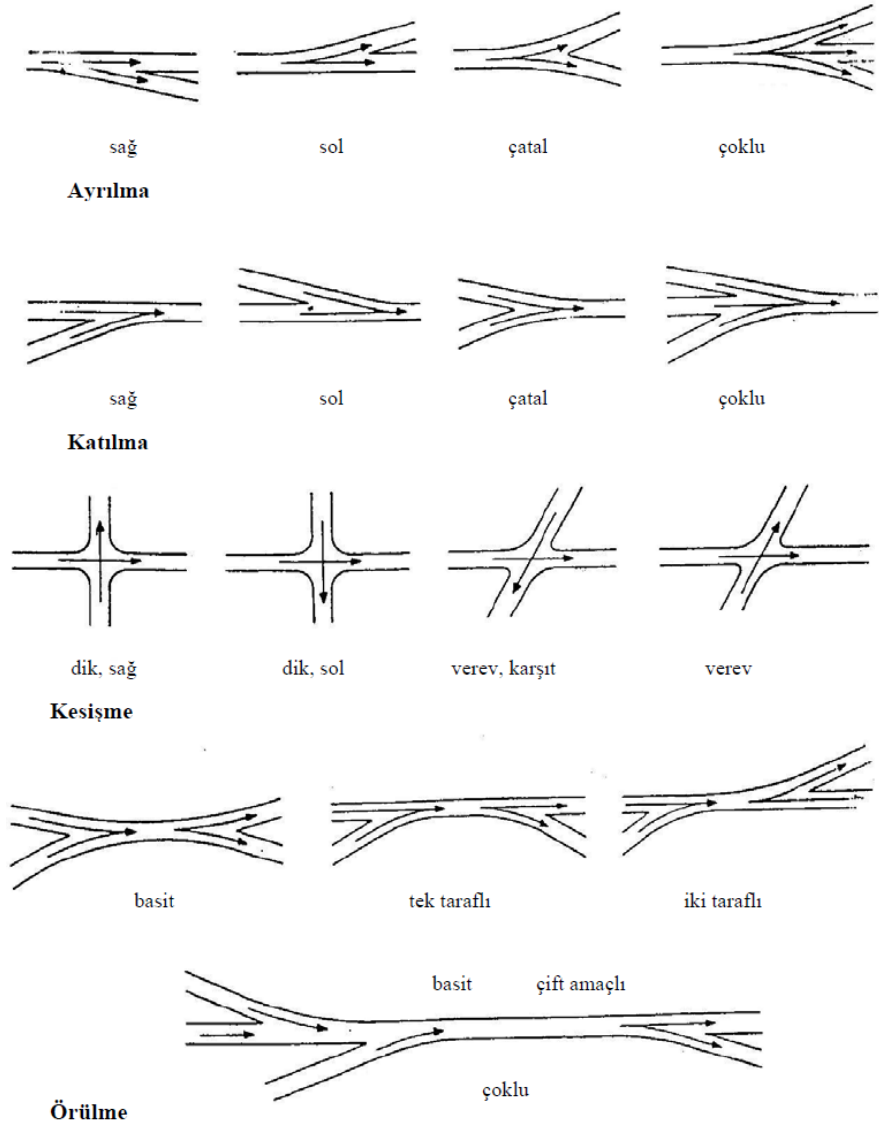
Bir eşdüzey kavşakta dört çeşit olası trafik hareketi bulunabilir. Bunlar:

- Ayrılma
- Katılma
- Kesişme
- Örüme

Ayrılma, anayol trafiğinde aynı yöndeki taşıtların anayoldan tali yola geçişleridir. Katılma, tali yoldaki taşıtların aynı yöndeki anayol trafiğine geçişleridir. Ayrılma ve katılmalar sağa, sola, çatal veya çoklu şekilde olabilir.

Kesişme, farklı yöndeki trafik akımlarının bir noktada çakışmasıdır. Kesişmeler dik veya verevdir.

Örülme ise, aynı yöndeki ayrılma ve katılma hareketlerinin kesişmesi veya çakışması ile oluşur.



Kaynak: Karayolu Tasarımı El Kitabı, s.112

**Şekil 2.26: Eşdüzey kavşaklarda trafik hareketleri**

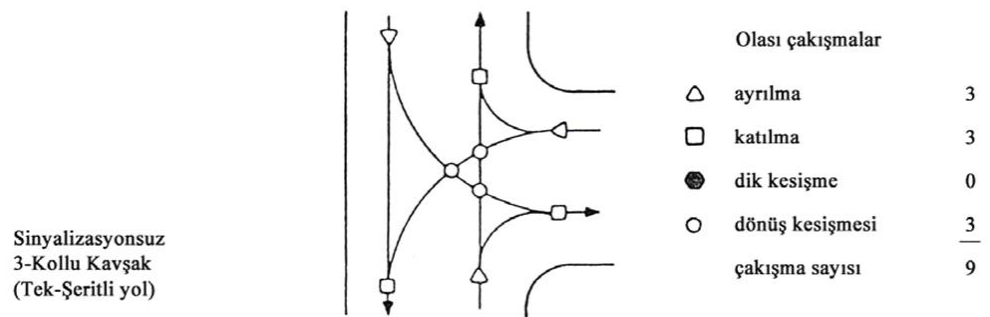
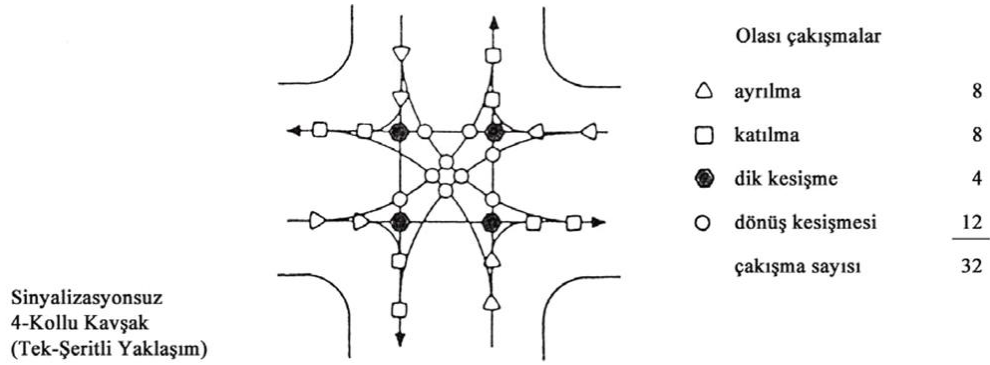
### 2.3.5. Eşdüzey Kavşaklarda Çakışmalar

Çakışmalar ayrılma, katılma ve kesen trafiğin karşılaştığı noktalardır. Eşdüzey kavşaklardaki çakışmalar dört çeşittir. Bunlar:

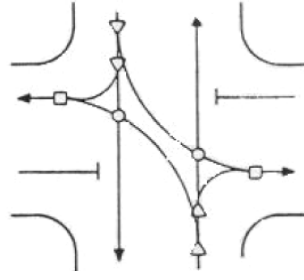
- Ayrılma
- Katılma
- Doğrusal geçişler
- Dönüşler

Kavşaklardaki çakışmaların sayısı;

- Kavşağa yaklaşan tek yön veya iki yönlü yolların sayısına
- Her bir yaklaşımdaki taşıt sayısına
- Sinyalizasyona
- Trafik hacmine
- Sol ve sağ dönüş trafik oranına bağlıdır.

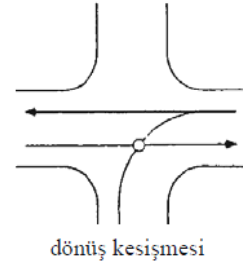
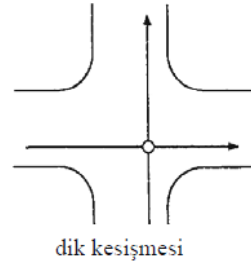
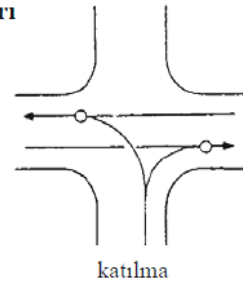
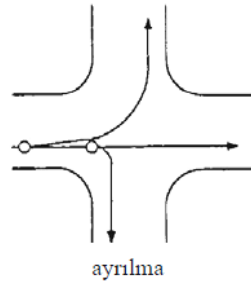


Sinyalize  
4-Kollu Kavşak  
(Tek-Şeritli Yol)

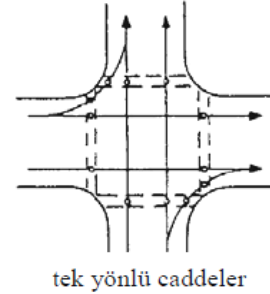
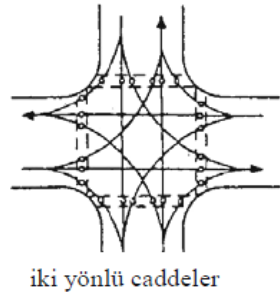


Olası çakışmalar		
△	ayrılma	2
□	katılma	2
●	dik keşişme	1
○	dönüş keşişmesi	0
	çakışma sayısı	5

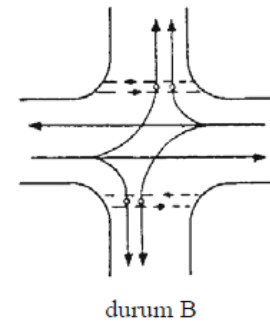
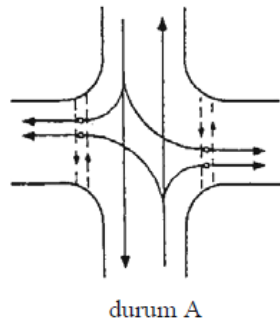
### Taşıt Çakışmaları



### Taşıt - Yaya Çakışmaları



sinyalizasyonsuz  
kavşaklarda



sinyalize  
kavşaklarda

Kaynak: Karayolu Tasarımı El Kitabı. Aralık 2005.

**Şekil 2.27: Çakışma tipleri**

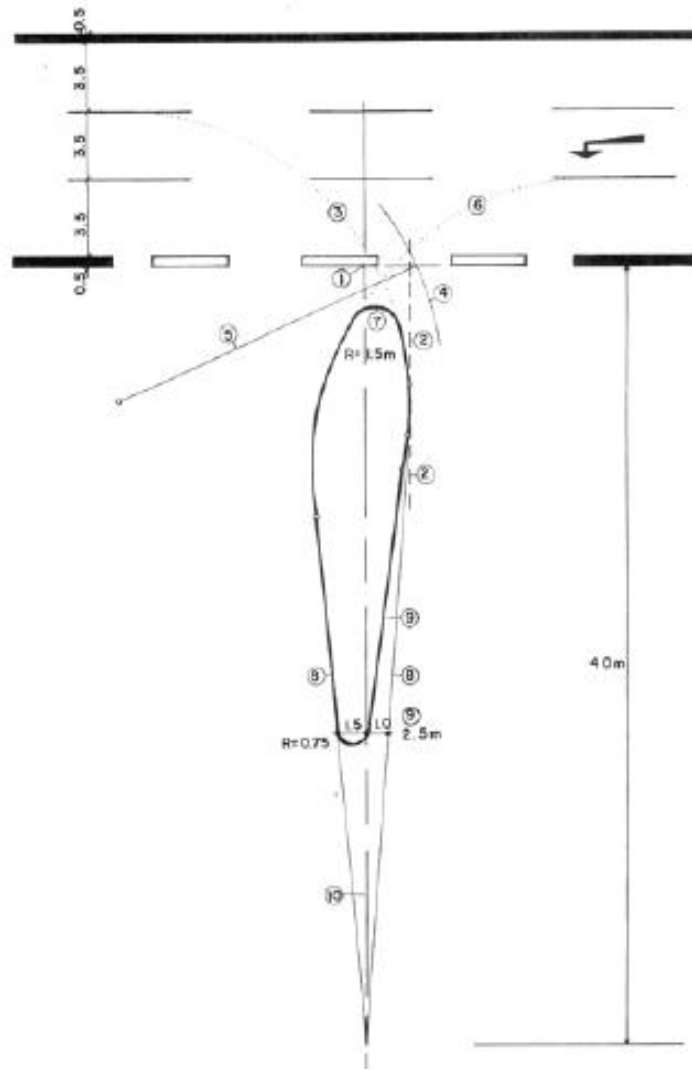


### 2.3.6. Eşdüzey Kavşaklarda Damla Tasarımı

Tali yol eksenini üzerinde trafik yönünü ayırmak amacıyla ve tali trafiğin bekleme zorunluluğunun gereği olarak damla tasarımı yapılır. Damla tasarımı ada büyüklüğüne ve tali yol ekseninin anayol eksenine bağlantı açısına göre iki tip olarak yapılacaktır.

#### Büyük Damla Tasarımı (Anayol iki şeritli ve anayolda sol dönüş cebi var)

A.  $\alpha = 80g < \alpha < 120g$



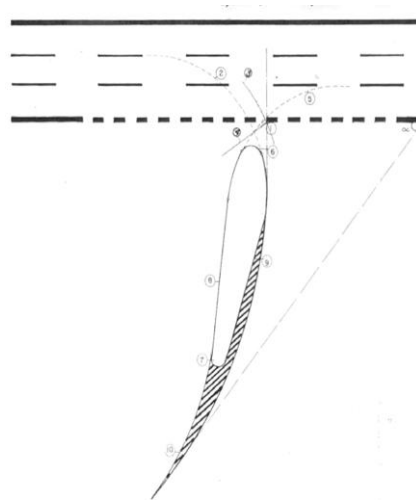
Kaynak: Karayolu Tasarımı El Kitabı. Aralık 2005

Şekil 2.28: Büyük damla

### Tasarım Aşamaları:

1. Yan yol ekseninin anayol kenarını kestiği noktanın tespiti.
2. Yan yol ekseninin sağında Abak 1'den alınan mesafede bir paralelin çizimi.
3. Değeri Abak 2'den alınan, 2'deki doğruya ve anayolda taşıtların gireceği şeridin iç kenarına teğet olan bir kurbun çizimi. 4. 3'de çizilen kurpla aynı merkezli yarıçapı 2m daha büyük olan bir kurbun çizimi.
5. Çizilen daire merkezi ile 4'de çizilen kurbun anayol kenarını kestiği noktayı birleştiren doğrunun 3'de çizilen kurbu kestiği noktanın tespiti.
6. 5'de bulunan noktadan geçen ve anayolda sol dönüş şeridinin iç kenarına teğet olan kurbun çizimi. Kurp yarıçapı Abak 2'den alınmakla birlikte, damla başının 1.5-5m genişlikte olması için yarıçap değiştirilebilir.
7. Damla başının anayol kenarından en az 2m, en fazla 4m mesafede olacak şekilde  $R=1.5m$ 'lik bir kurpla teşkili.
8. Yan yol eksenini üzerinde anayol kenarından 40m uzaklıkta bir mesafeden 3 ve 6'da çizilen kurplara teğetlerin çizimi.
9. Yan yol eksenine dik, 8'de çizilen teğetler arasında 2.5m'lik mesafenin bulunması. Bu noktada sağdaki teğetten içe doğru 1m alınarak bulunan noktadan 3'deki kurba teğet çizimi. Kalan 1.5m'lik genişlik  $R=0.75m$ 'lik kurpla yuvarlatılarak damla sonu teşkil edilir.
10. 8'de bulunan alanın damla dışında kalan kısmının boyanması.

### B. $\alpha < 80g$



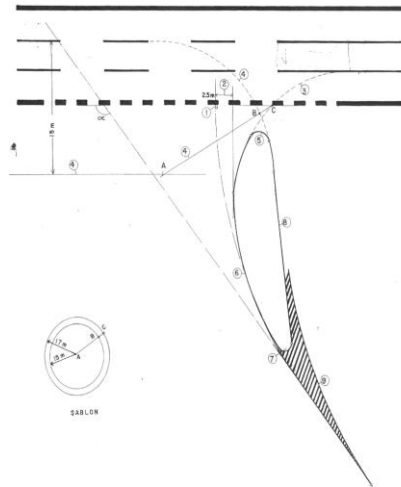
Kaynak: Karayolu Tasarımı El Kitabı, Aralık 2005

**Şekil 2.29:  $\alpha < 80g$  Büyük damla**

### Tasarım Aşamaları:

1. Yan yol ekseninin  $R \geq 50m$ 'lik bir kurpla anayol kenarına dik olacak şekilde bağlanması (Dörtlü kavşaklarda damlaların karşılıklı gelmesi için eksenler damla genişliği kadar kaydırılır.)
2. Değeri Abak 2'den alınan yan yol eksenine ve anayolda taşıtların gireceği şeridin iç kenarına teğet olan bir kurbun çizimi.
3. 2'de çizilen kurpla aynı merkezli yarıçapı 2m daha büyük olan bir kurbun çizimi.
4. Çizilen daire merkezi ile 3'de çizilen kurbun anayol kenarını kestiği noktayı birleştiren doğrunun 2'de çizilen kurbu kestiği noktanın tespiti.
5. 4'de bulunan noktadan geçen ve anayolda sol dönüş şeridinin iç kenarına teğet olan kurbun çizimi. Kurp yarıçapı Abak 2'den alınmakla birlikte, damla başının 1.5-5m genişlikte olması için yarıçap değiştirilebilir.
6. Damla başının anayol kenarından en az 2m, en fazla 4m mesafede olacak şekilde  $R=1.5m$ 'lik bir kurpla teşkili.
7. Damla yaklaşık 25m uzunlukta teşkil edilir. Damla sonunun 1m kadar yan yol ekseninden sola kaydırılarak  $R=0.75m$ 'lik bir kurpla teşkili.
8. 5'de çizilen kurba damla sonundan bir teğetin çizimi.
9. 2'de çizilen kurba damla sonundan bir teğetin çizimi.
10. Damla sonunda damlaya ve yan yol eksenine 15m'lik bir mesafede teğet olan bir kurbun çizimi.

### C. $\alpha > 120g$



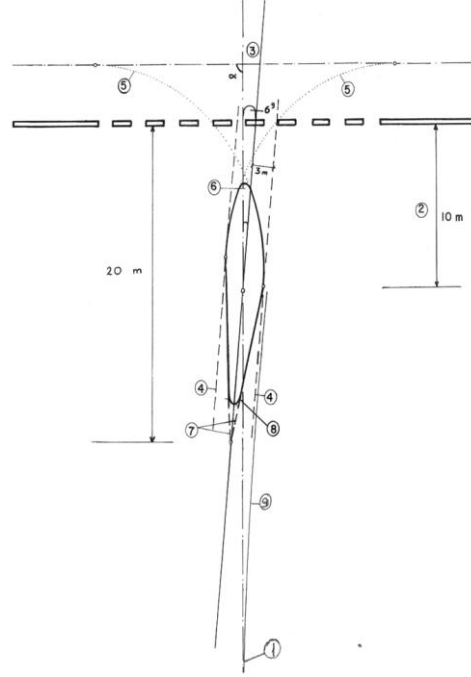
Kaynak: Karayolu Tasarımı El Kitabı. Aralık 2005

**Şekil 2.30:  $\alpha > 120g$  büyük damla**

**Tasarım Aşamaları:**

1. Yan yol ekseninin  $R \geq 50m$ 'lik bir kurpla anayol kenarına dik olacak şekilde bağlanması (Dörtlü kavşaklarda damlaların karşılıklı gelmesi için eksenler damla genişliği kadar kaydırılır.)
2. Düzeltilmiş yan yol ekseninin anayol eksenine dik olarak anayol kenarını kestiği noktanın 2.5m sağından bir doğrunun çizimi.
3. Anayolda sol dönüş şeridinin iç kenarına ve 2'de çizilen doğruya teğet olan dönüş kurbunun çizimi.
4. Şekilde verilen şablonla yan yoldan sola dönüş şeridinin iç kenarının çizimi (c noktası 3'de çizilen kurbun anayol kenarını kestiği noktada ve iç daire taşıtların gireceği şeridin iç kenarına teğet olacak şekilde)
5. Damla başının anayol kenarından en az 2m, en fazla 4m mesafede olacak şekilde  $R=1.5m$ 'lik bir kurpla teşkili.
6.  $R=30m$ 'lik bir kurbun 3'de çizilen kurba ve yan yol eksenine teğet olacak şekilde çizimi.
7. Damlanın yaklaşık olarak 25m uzunlukta olacak şekilde teşkili ve sonunun  $R=0.75m$ 'lik bir kurpla teşkili.
8. 7'de bulunan ada sonu ile 4'de çizilen kurbun bir teğetle bağlanması.
9. 8'de çizilen doğruya ve yan yol eksenine damla sonundan yaklaşık olarak 15m uzaklıkta teğet bir kurbun çizimi.

**Küçük Damla Tasarımı (Anayol ve yan yol iki şeritli)**  
**A.  $80g < \alpha < 120g$**



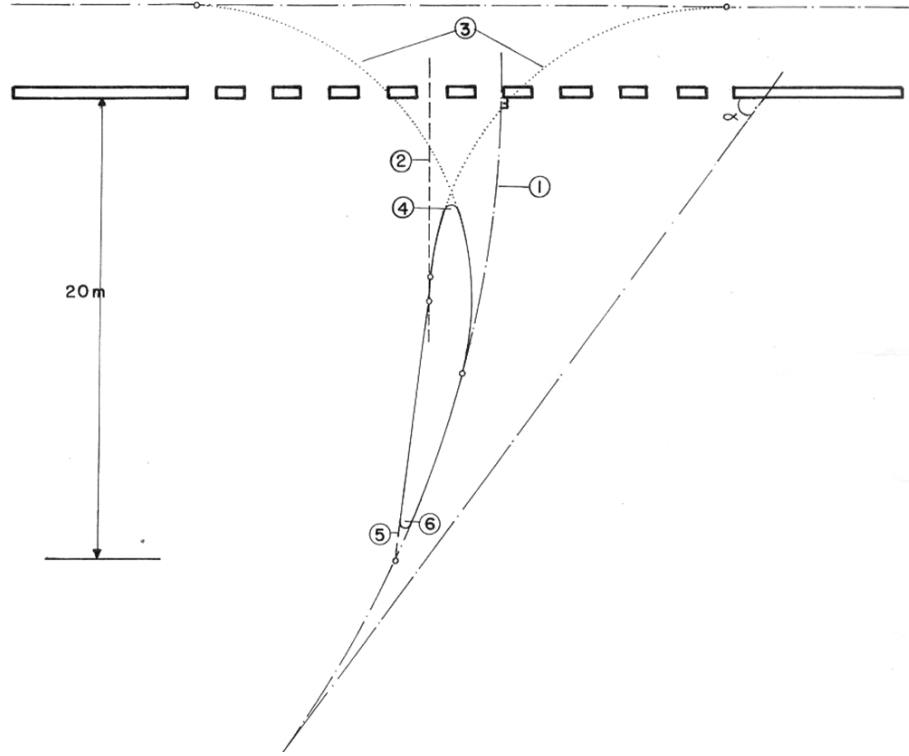
Kaynak: Karayolu Tasarımı El Kitabı. Aralık 2005

**Şekil 2.31:  $80g < \alpha < 120g$  küçük damla**

**Tasarım Aşamaları:**

1. Yan yol ekseninin çizimi.
2. Yan yol eksenini üzerinde anayol kenarından 10m uzaklıkta bir noktanın tesbiti.
3. Bu noktadan geçen ve yan yol eksenini ile sağa doğru  $6g$ 'lık bir açı teşkil eden damla ekseninin çizimi.
4. Damla ekseninin 1.5m sağında ve solunda eksene paralel iki yardımcı doğrunun çizimi.
5. Bu yardımcı doğrulara ve anayol eksenine teğet  $R=12m$  yarıçapında dönüş kurplarının çizimi. Eğer  $\alpha < 100g$  ise soldaki kurp yarıçapı  $R=8m$ 'ye kadar küçültülebilir.
6. Damlanın ön tarafının  $R=0.75m$ 'lik kurpla yuvarlatılması.
7. Damla eksenini üzerinde anayol kenarından 20m uzaklıktaki bir noktadan  $5'$ de çizilen dönüş kurplarına iki teğetin çizimi.
8.  $7'$ de çizilen teğetler arasında 1.5m'lik bir mesafenin kaldığı noktanın tesbiti ve burada  $R=0.75m$ 'lik bir kurpla damla arkasının teşkili.
9. Yan yol ekseninde başlayan ve damlanın sağına teğet olan şerit kenarının çizimi.

## B. $\alpha < 80g$



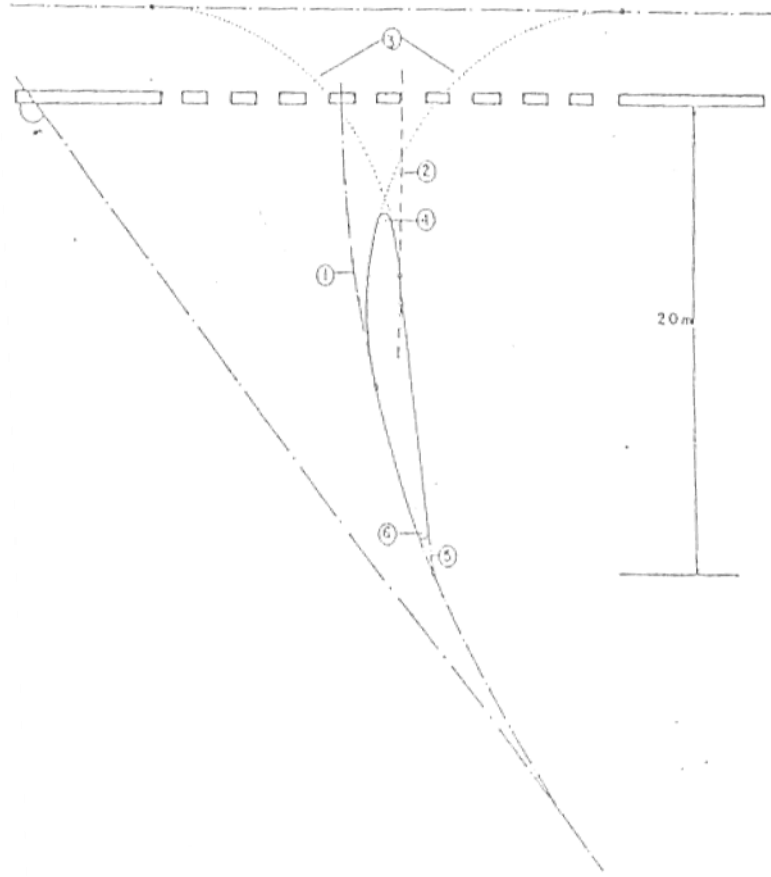
Kaynak: Karayolu Tasarımı El Kitabı, Aralık 2005

**Şekil 2.32:  $\alpha < 80g$  küçük damla**

### Tasarım Aşamaları:

1. Yan yol ekseninin  $R \geq 50m$ 'lik bir kurpla anayol kenarına dik olacak şekilde bağlanması (Dörtlü kavşaklarda damlaların karşılıklı gelmesi için eksenler damla genişliği kadar kaydırılır.)
2. Yan yol ekseninin anayol kenarını kestiği noktanın 3m solundan anayola dik bir doğrunun çizimi.
3. Çizilen bu doğruya ve yan yol eksenine teğet  $R=12m$  yarıçaplı dönüş kurplarının çizimi.
4. Damlanın ön tarafının  $R=0.75m$ 'lik bir kurpla yuvarlatılması.
5. Yan yol ekseninde anayol kenarından sol dönüş kurbuna bir teğetin çizimi.
6. Bu doğruyla yan yol eksenini arasında 1.5m'lik bir mesafenin kaldığı yerin tesbiti ve burada  $R=0.75m$ 'lik bir kurpla damla sonunun teşkili.

### C. $\alpha > 120^\circ$



Kaynak: Karayolu Tasarımı El Kitabı. Aralık 2005

**Şekil 2.33:  $\alpha > 120^\circ$  küçük damla**

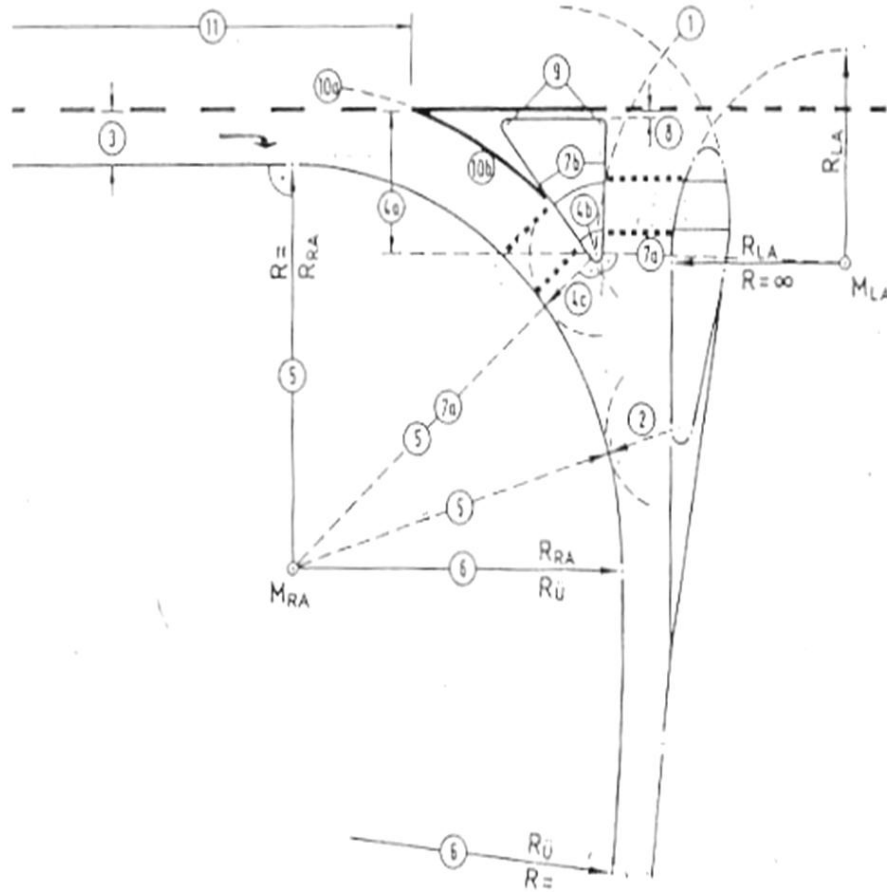
#### **Tasarım Aşamaları:**

1. Yan yol ekseninin  $R \geq 50\text{m}$ 'lik bir kurpla anayol kenarına dik olacak şekilde bağlanması (Dörtlü kavşaklarda damlaların karşılıklı gelmesi için eksenler damla genişliği kadar kaydırılır.)
2. Yan yol ekseninin anayol kenarını kestiği noktanın 3m sağından anayola dik bir doğrunun çizimi.
3. Çizilen bu doğruya ve anayola teğet  $R=12\text{m}$  yarıçaplı dönüş kurplarının çizimi.
4. Damlanın ön tarafının  $R=0.75\text{m}$ 'lik bir kurpla yuvarlatılması.
5. Yan yol eksenini üzerinde anayol kenarından 20m uzaklıktaki bir noktadan yan yoldan sol dönüş kurbuna bir teğetin çizimi.

6. 5’de çizilen doğru ile yan yol eksenini arasında 1.5m’lik bir mesafenin kaldığı yerin tesbiti ve burada  $R=0.75m$ ’lik bir kurpla damla sonunun teşkili.

7. Yan yol ekseninde başlayan ve damlanın sağına teğet olan şerit kenarının çizimi.

### Damlalı Kavşakta Köşe Ada Tasarımı



Kaynak: Karayolu Tasarımı El Kitabı. Aralık 2005

**Şekil 2.34: Damlalı kavşakta köşe ada tasarımı**

#### Tasarım Aşamaları:

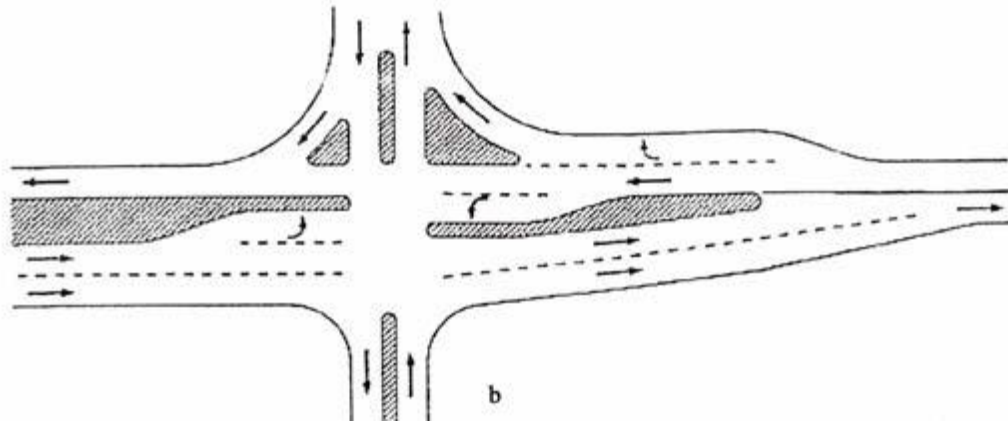
1. MLA merkezinden  $RLA+6.0+0.5m$  yarıçapında bir daire yayının çizimi.
2. Damla sonundan 5.5m yarıçaplı bir daire yayının çizim.
3. Anayol kenarından 3.5m (min. 3.0m) uzakta yol kenarına paralel çizimi.
4. 2’de çizilen daireye ve 3’de çizilen paralel çizgiye teğet olan bir kurbun çizimi.
5. Bu karp merkezinden (MRA)  $RRA+5.5m$  yarıçapında bir daire yayının çizimi ve 1’de çizilen yay ile kesişim noktasının tesbiti.
6. 4’de çizilen yay ın bir daire yayı veya geçiş eğrisi ile tali kavşak koluna bağlanması.

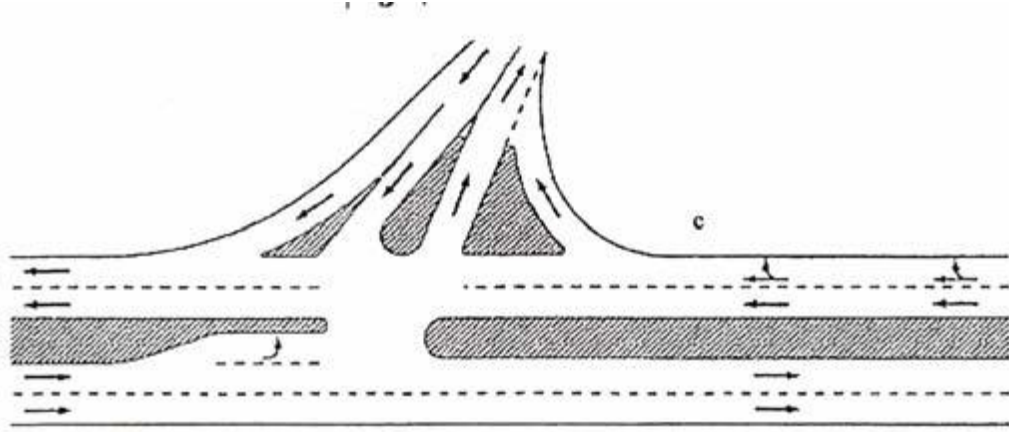


7. a) 5'de bulunan kesişim noktasını merkez alan  $R=0.5m$ 'lik dairenin çizimi, bu dairenin merkezini MRA ve MLA merkezlerine birleştiren doğruların çizimi.  
b) Bu doğruların 7.a'da çizilen  $R=0.5m$ 'lik daireyi kestikleri noktadan dikler çıkılarak anayol kenarı ile kesiştirilmesi.
8. Anayol kenarından, üçgen adanın kesişen kesimi içerisinde  $0.5m$  mesafede bir paralelin çizilerek üçgen adanın kenarları ile kesiştirilmesi.
9. Üçgen ada köşelerinin  $R=0.5m$ 'lik kurplarla yuvarlatılması.
10. a) 5'de MRA merkezinden çizilen  $RRA+5.5m$  yarıçaplı daire yayının anayol kenarı ile kesiştirilmesi.  
b) Anayol kenarı ile üçgen ada arasındaki kesimin sürekli çizgi ile işaretlenmesi.
11. 10.a'da belirlenen kesişme noktasından başlayan, yavaşlama şeridi için tasarlanan uzunluğun tesbiti.

### 2.3.7. Eşdüzey Kavşaklarda Ada Tasarımı

Adalar, trafik hareketlerinin kontrolü için kullanılan şeritler arasındaki alanlardır. Aynı zamanda, yaya refüjü ve trafik işaretleri için gerekli olan alanı sağlarlar. Adalar yükseltilmiş bordürle oluşturulabileceği gibi, kaplamanın boya veya termoplastik ile işaretlenmesi şeklinde de yapılabilir.





Kaynak: Karayolu Tasarımı El Kitabı. Aralık 2005

**Şekil 2.35: Kavşağın adalar ile kanalize edilmesi**

Kavşak tasarımında kanalize adalar genellikle, aşağıdaki amaçlardan bir veya daha fazlasını sağlamak amacıyla kullanılır.

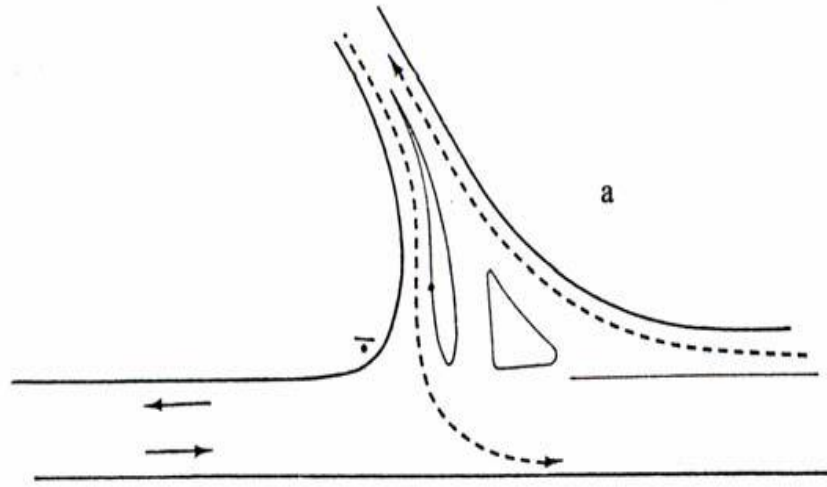
- Taşıt çakışmalarını ayırmak
- Çakışma açılarını kontrol etmek
- Kavşak bölgesindeki büyük kaplama alanlarını azaltmak
- Trafiği düzenlemek ve kavşağın uygun kullanımını göstermek
- Dönüş hareketlerini düzenlemek
- Yayıları korumak ve geçiş alanı sağlamak
- Dönen ve kesişen trafiği korumak ve depolamak
- Trafik işaret ve sinyalizasyon taşıtlarının tesis edilmesini sağlamak

Adalar üstlendiği fonksiyona göre üç temel gruba ayrılır:

#### ***Yönlendirme (kanalize) adaları:***

Dönüşlerde trafik hareketlerini kontrol altına almak ve istenilen yöne yönlendirmek için kullanılır. Kavşak bölgesindeki kullanılmayan boş alanların trafiği şaşırtmaması için adalara dönüştürülmesiyle elde edilir. Şartlara ve kavşağın boyutlarına bağlı olarak farklı şekil ve ölçülerde tasarlanabilir. Doğrusal ve dönüş trafiğinin fazla olduğu yerlerde uygun biçimde yerleştirilen kanalize adalar çeşitli avantajlar sağlar. Ancak, özellikle küçük alanlı bordürlü adaların yapıldığı kırsaldaki önemsiz iki şeritli yollarda kavşağın kanalize edilmesi gerekmeyebilir.

Genellikle kırsal alandaki kavşaklarda aydınlatma ve trafik işaret taşıtlarının ve yaya geçişinin olmadığı durumlarda, bordürlü adalar kullanılmamalıdır. Önemli kavşakların bulunduğu çok şeritli karayolu ve caddelerde bordürlü adaların yapılması uygun olur. Sürücülerin davranış alışkanlıklarına bağlı olarak, çizgili yönlendirme adaları kavşağın etkinliğini artırmak amacıyla yapılabilir. İyi düzenlenmiş çizgili bir kanalize kavşak bordürlü adalar yapılana kadar geçici olarak hizmet verebilir. Fakat kötü hava şartları ve kullanıcıların davranış alışkanlıklarının uyumlu olmaması performansı azaltacağı için, bu tip kanalize adaların kullanımını güçleştirir.

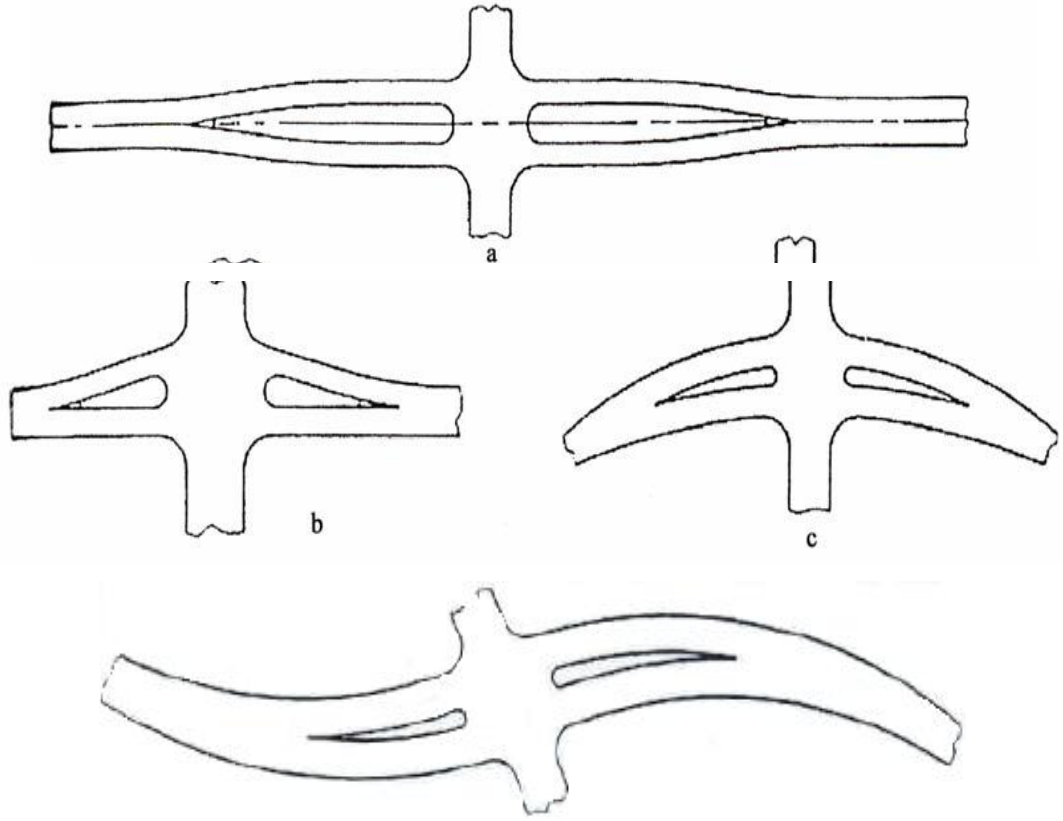


Kaynak: Karayolu Tasarımı El Kitabı, Aralık 2005

**Şekil 2.36: Yönlendirme adası**

#### ***Ayrırma adaları:***

Şekil 2.37. 'de görüldüğü gibi, bölünmemiş yollardaki kavşaklarda tasarlanır. Kavşağa yaklaşan sürücüler ilerdeki kavşağın varlığı hakkında uyarır ve kavşak içindeki trafiği düzenler. Genellikle doğrusal trafik akımlarında zıt veya aynı yöndeki trafiği ayırmak için kullanılır.

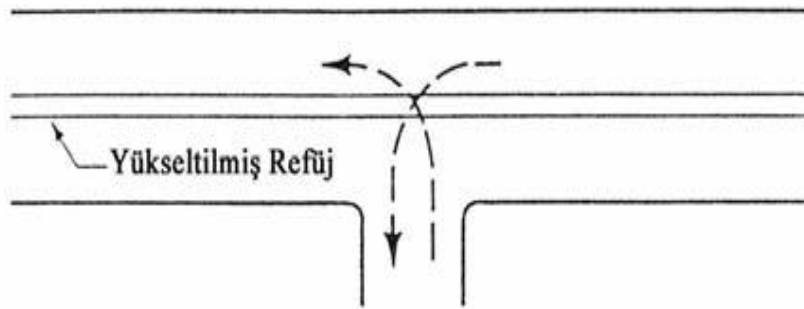


Kaynak: Karayolu Tasarımı El Kitabı. Aralık 2005

**Şekil 2.37: Ayırma adaları**

**Refüj adaları:**

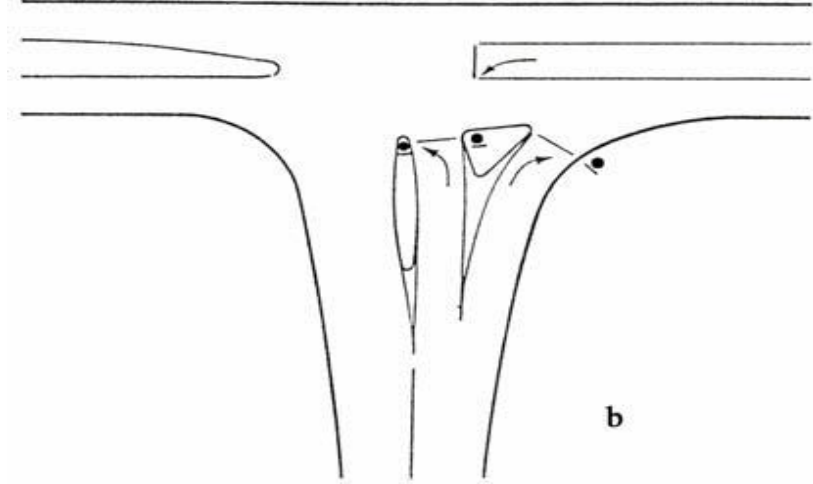
Geniş bir caddeyi geçen yayaları korumak amacıyla şehir geçişlerinde uzun mesafede yapıldığı gibi eşdüzey kavşaklarda yine yayaları korumak, sol dönüşleri önlemek ve bölünmüş yollarda zıt akımları uzun mesafede ayırmak amacıyla da uygulanır.



Kaynak: Karayolu Tasarımı El Kitabı. Aralık 2005

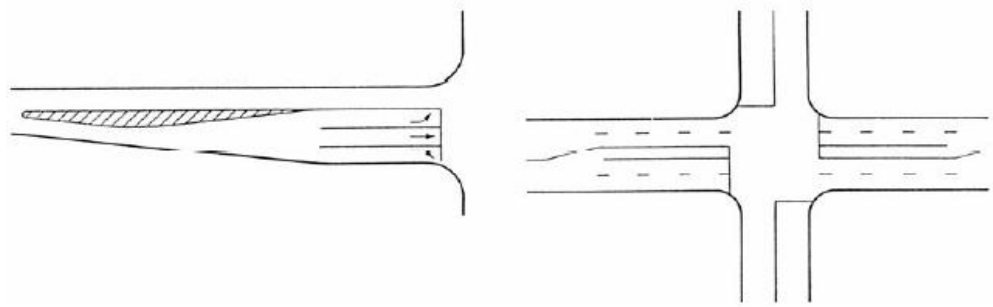
**Şekil 2.38: Refüj adası ile sol dönüşlerin önlenmesi**

Eşdüzey kavşaklarda tasarlanan adaların bazı fonksiyonları Şekil 2.39, 2.40 ve 2.41 'de görülmektedir.



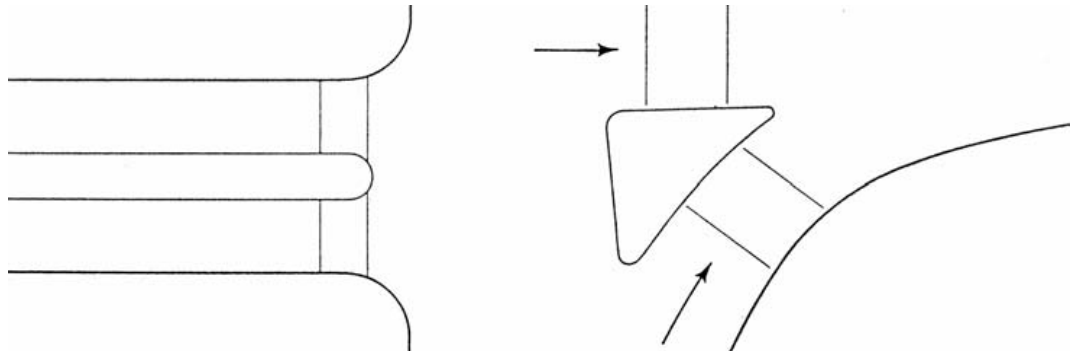
Kaynak: Karayolu Tasarımı El Kitabı. Aralık 2005

**Şekil 2.39: Trafik kontrol araçlarının tesisi**



Kaynak: Karayolu Tasarımı El Kitabı. Aralık 2005

**Şekil 2.40: Taşıtların depolanması**



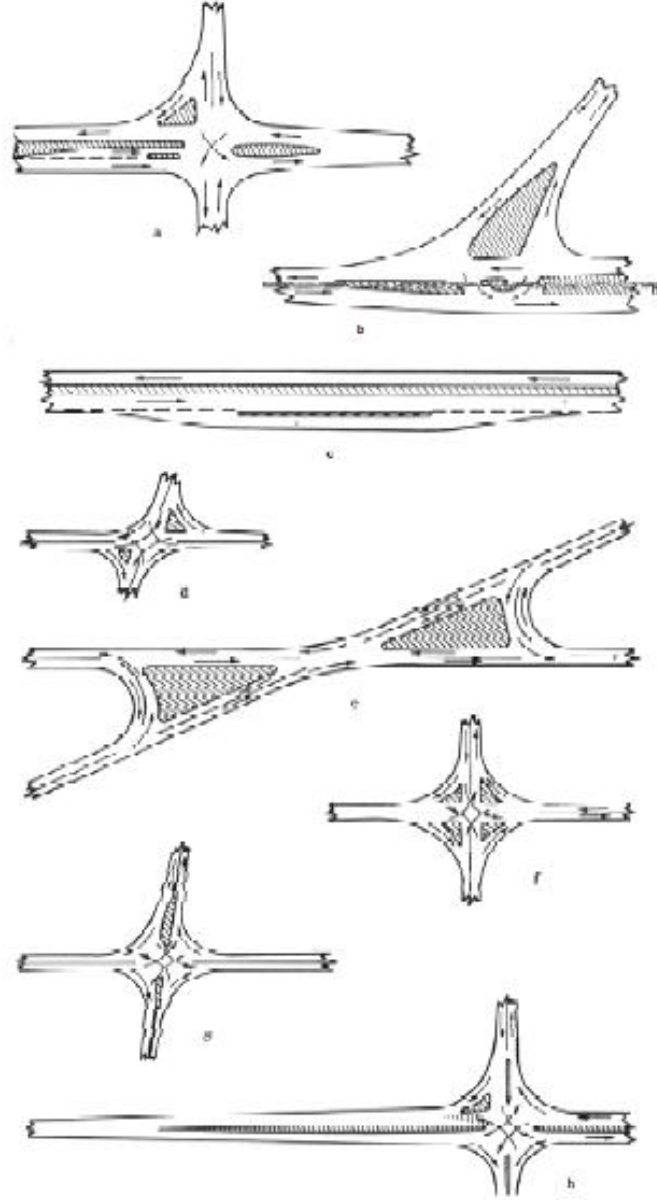
Kaynak: Karayolu Tasarımı El Kitabı. Aralık 2005

**Şekil 2.41: Yayaların korunması**

Eşdüzey kavşaklardaki trafik adalarının tasarımı sırasında aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir.

- Sürücülerin aynı anda birden fazla karar verme zorunda bırakılmaması
- 90° den büyük açılı dönüşlerin veya keskin kurpların yapılmaması
- Çakışma alanının mümkün olduğunca küçük tutulması
- Katılma ve örülme mesafelerinin mümkün olduğunca uzun olması
- Trafik akımları mümkünse dik açılı değilse maksimum 60° ila 120° açılı olması
- Doğrusal trafik akımını kesintiye uğratmamak için ilave sağ/sol şeritler ile uygun uzunlukta depolama alanı tasarlanması
- Yaya geçişlerinin sağlanması

Eşdüzey kavşaklarda trafik adalarının muhtelif kullanımları Şekil 2.42 'de verilmiştir.



Kaynak: Karayolu Tasarımı El Kitabı. Aralık 2005

**Şekil 2.42: Adaların muhtelif uygulamaları**

Adalarının tasarımında; kesişen kollardaki ve kavşaktaki dönüşlerin tasarım hızı ve trafik hacmi, kesişen kolların genişlikleri ve geometrisi, kullanılacak ada tipi ve büyüklüğü gibi hususlar detaylı bir şekilde etüt edilecektir. Bununla ilgili dikkate alınması gereken önemli kriterler şunlardır:

- Kavşak içindeki taşıtların manevralarını ve yönlendirilmelerini kolaylaştırmak amacıyla ada sayısı mümkün olduğunca az tutulmalı
- Adaların etkin olabilmesi için yeterince büyük olmalı

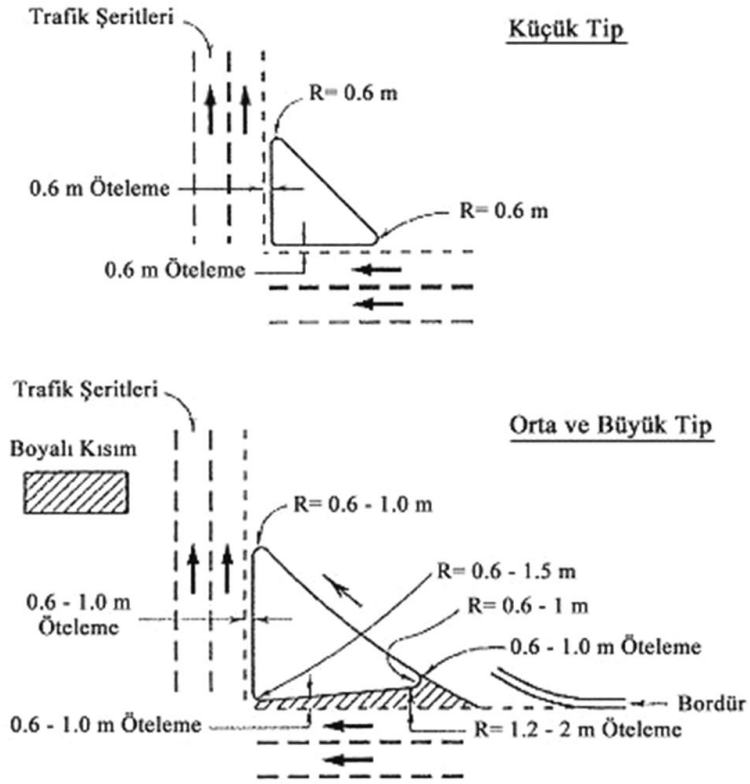
- Yanal görüş mesafesinin yetersiz olduğu ve anayolda keskin yatay kurbun bulunduğu yerlerde ada yapılmamalı
- Ada yerleri ve büyüklükleri, kavşak içindeki dönüş hareketlerinin kolaylıkla algılanabilmesini sağlayacak şekilde düzenlenmeli
- Adaların yaklaşım ve sivri uçları, sürücüler tarafından kolaylıkla görünebilir (trafik işareti, reflektör, vb.) şekilde yapılmalı
- Ayırma ve refüj adaları yaklaşımları, tercihen 1:15, zorunlu hallerde 1:5 ila 1:15 arasında rakordman ile ve sivritilmiş olarak yapılmalı
- Refüj adaları, zıt trafiği ayırmak için minimum 1.2m, yayaları korumak ve sol dönüş şeridi oluşturmak için minimum 4-6m olarak tasarlanmalı
- En küçük bordürlü yönlendirme adası kentiçi kavşaklarda 5m<sup>2</sup>, kırsaldaki kavşaklarda 7m<sup>2</sup> tasarlanmalı. Her ikisi için tercih edilen alan ise 9m<sup>2</sup>'dir.
- Köşe üçgen yönlendirme adalarının kenar uzunlukları (köşe yuvarlamaları hariç) 3.5m'den az olmamalı. Minimum 4.5m olması tercih edilir.
- Ayırma adaları minimum 1.0m genişlikte ve 6~8m uzunlukta tasarlanmalı. Yeterli alanın olmadığı özel durumlarda, uzatılmış adalar minimum 0.5m genişliğe kadar düzenlenebilir. Yüksek hız yollarındaki kavşaklarda trafiği ayırmak için kullanılan bordürlü ayırma adaları minimum 30m uzunlukta tasarlanmalı.

Adalar aynı zamanda, büyüklüklerine, yerlerine ve fiziksel fonksiyonlarına bağlı olarak çeşitli şekillerde düzenlenirler. Kavşağın yerleştiği alan, kırsal veya kentiçi oluşu tasarımı etkiler. Fiziksel anlamda üç tipte uygulanır. Yükseltilmiş bordürlü adalar; genellikle kentiçlerinde uygulanır. Çoğunlukla kullanılan bordür yüksekliği (kaplamadan sonra) 15cm'dir. Kaplamanın çizgilerle veya reflektif malzeme ile işaretlenerek düzenlenmesiyle oluşturulan adalar; hızın düşük ve alanın sınırlı olduğu kentiçi kavşaklarda yaygındır.

Kaplama kenarları ile şekillendirilen, işaret veya kılavuz direklerle desteklenen adalar; büyük yarıçaplı kurpların ve geniş orta refüjlerin bulunduğu kırsaldaki kavşaklarda kullanılır.



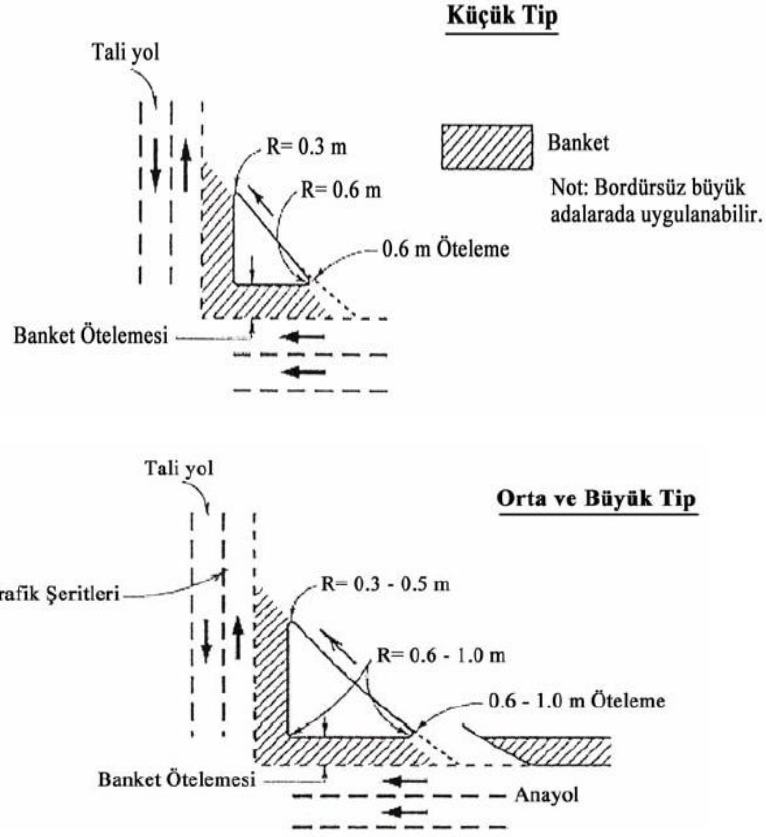
Yönlendirme amaçlı yükseltilmiş köşe adaları, kent dışı yollarda banket, kentiçi yollarda kaldırım olmasına bağlı olarak farklı geometrik şekil ve ötelenme ile yapılacaktır. Ayrıca köşe adaları dönüş yapan trafiğin hacmine bağlı olarak büyük veya küçük tipte tasarlanacaktır. Büyük köşe adalarının uzun kenarı minimum 30m olacak ve bordürlü adaların burun uçları 0.5-1m yarıçapında tasarlanacaktır. Yönlendirme amaçlı yükseltilmiş üçgen köşe adalarının kentiçi yollarda kaldırım yapılması halinde geometrik boyutları ve detayları Şekil 2.43’de görüldüğü gibi düzenlenecektir.



Kaynak: Karayolu Tasarımı El Kitabı, Aralık 2005

**Şekil 2.43: Kentiçi yollarda köşe adalarının tasarımı**

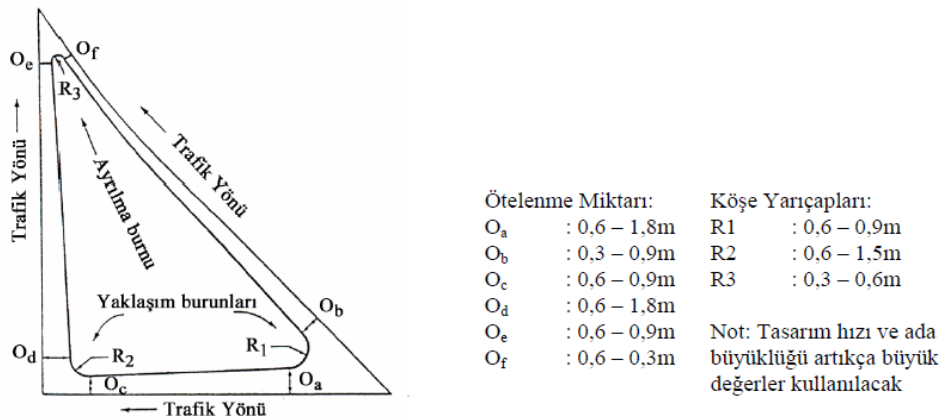
Yönlendirme amaçlı üçgen köşe adalarının kent dışı yollarda banket olması halinde geometrik boyutları ve detayları Şekil 2.44’de görüldüğü gibi tasarlanacaktır. Üçgen ada yavaşlama veya hızlanma şeridi ile birlikte tasarlandığında şerit bitiminden olan mesafesi banket genişliği kadar veya minimum 2 m. alınmalıdır.



Kaynak: Karayolu Tasarımı El Kitabı. Aralık 2005

**Şekil 2.44: Kent dışı yollarda köşe adalarının tasarımı**

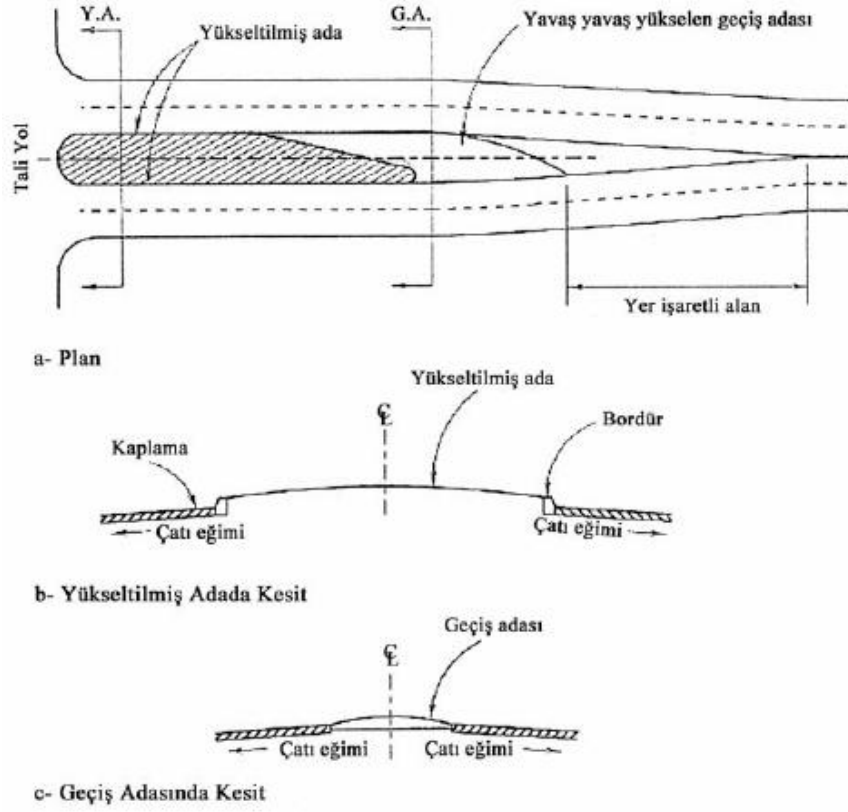
Köşe adaları yol şeritlerinden içe doğru ötelenecektir. Ötelenme miktarı kent dışı yollarda anayoldaki banket genişliğine eşit ve sabit iken kentiçi yollarda yaklaşım burnunda daha fazla ama bitiş ucunda daha az olacaktır. Ayrıca sağ dönüş veya tali yolda genişleme miktarı 0,6-1,0m sabit genişlikte olacaktır. Köşe adası detayı Şekil 2.45'deki gibi olabilecektir.



Kaynak: Karayolu Tasarımı El Kitabı. Aralık 2005

**Şekil 2.45: Köşe adası detayı**

Ayırma adalarının özellikle yüksek hızlı yollarda kullanılması halinde, Şekil 2.46'da görüldüğü gibi, yaklaşım burnunda artan bir genişleme yapılarak taşıtların adaya çarpma riski ortadan kaldırılmaya çalışılacaktır.



Kaynak: Karayolu Tasarımı El Kitabı, Aralık 2005

Şekil 2.46: Ayırma adası detayı

### 2.3.8. Dönel Kavşak Tasarımı

Dönel kavşakların birbirinden farklı uygulamaları olup, tasarımları iki grup altında değerlendirilecektir:

- Mini dönel kavşaklar
- Modern dönel kavşaklar

Bu kapsamda kavşak elemanlarının tasarımında

- Dönel ada yarıçapı
- Dairesel yol platformu genişliği

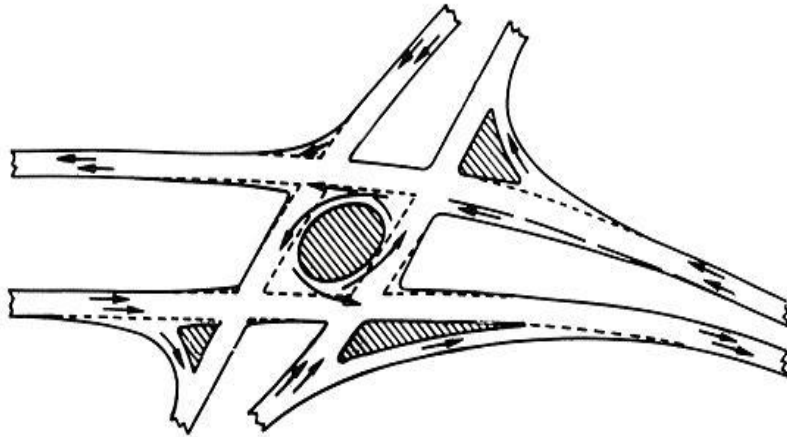
- Yaklaşma-ayrılma genişliği
- Giriş-çıkış platform genişliği ve yarıçapı
- Enine eğimler
- Yaya geçişi

gibi hususlar ele alınacaktır. Bu elemanların boyutları kavşak işletme hızı, kapasite ve güvenlik unsurlarına bağlı olarak belirlenecektir.

### ***Mini Dönel Kavşak Tasarımı***

Trafik hacmi ve bulunduğu yere göre değişen tipleri bulunan, kanaliz edilmiş kavşaklardır. Kamulaştırma maliyetinin yüksek olduğu yerlerde ve özellikle kent geçişlerinde, ülkemizde sıklıkla uygulanan dönel kavşak tipidir. Tasarım hızı kent geçişlerinde daha düşük, kırsalda daha yüksek olmak üzere ortalama 25-65 km/saat arasında değişir. Orta ada teşkilinde minimum dönüş yarıçapı (ada etrafında dönüşlerde depolanacak taşıt tiplerine bağlı olarak) esas alınır.

Kavşak kollarında yönlendirme adaları uygulanır. Üç kollu kavşaklarda anayolda geri dönüş yapılması gerekmiyorsa yarım dönel olarak uygulanır. Ortadaki yarım ada yarıçapının minimum 15m olması arzu edilir. Adanın tali yol tarafı anayolun doğrultusu esas alınarak oluşturulur. Köşeleri küçük yarıçaplar ( $R=2-4m$ ) ile yuvarlatılır. Orta adanın 1m dışında paralel olarak geçirilen emniyet kurbuna teğet olacak şekilde, anayol ve tali yoldaki yönlendirme adaları teşkil edilir.



Kaynak: Karayolu Tasarımı El Kitabı. Aralık 2005

**Şekil 2.47: Mini dönel kavşak**

Dört veya daha fazla kollu kavşaklarda ve anayolda U-dönüş gerektiren yerlerde uygulanırlar. Örülme bölgelerinde trafiğin aynı veya birbirine yakın olması durumunda orta ada dairesel, birbirinden farklı olması durumunda eliptik dönel olarak uygulanacaktır. Anayolun tasarım hızı ve yanal sürtünme faktörüne göre yarıçaplar belirlenir.

Dönel kavşaklar konumları gereği düz veya düze yakın arazilerde uygulanmakta olup, mini döneller büyük dönellerin kamulaştırma güçlükleri nedeniyle tercih edilmektedir. Trafiğin yoğun olduğu ve yaya geçişlerinin bulunduğu yerlerde, taşıt-taşıtlar ve taşıt-yaya çakışmalarının önlenmesi amacıyla sinyalizasyonla uygulanırlar. Ayrıca bölünmüş yollarda U-dönüşler için yeterli refüj genişliğinin sağlanamadığı durumlarda, kamulaştırma güçlüğü nedeniyle U-dönüş için yolun sağ veya sol tarafında lup oluşturulamıyorsa bu kesimde refüj genişletilerek dairesel veya eliptik orta ada teşkili ile U-dönüşler sağlanacaktır.

### ***Modern Dönel Kavşak Tasarımı***

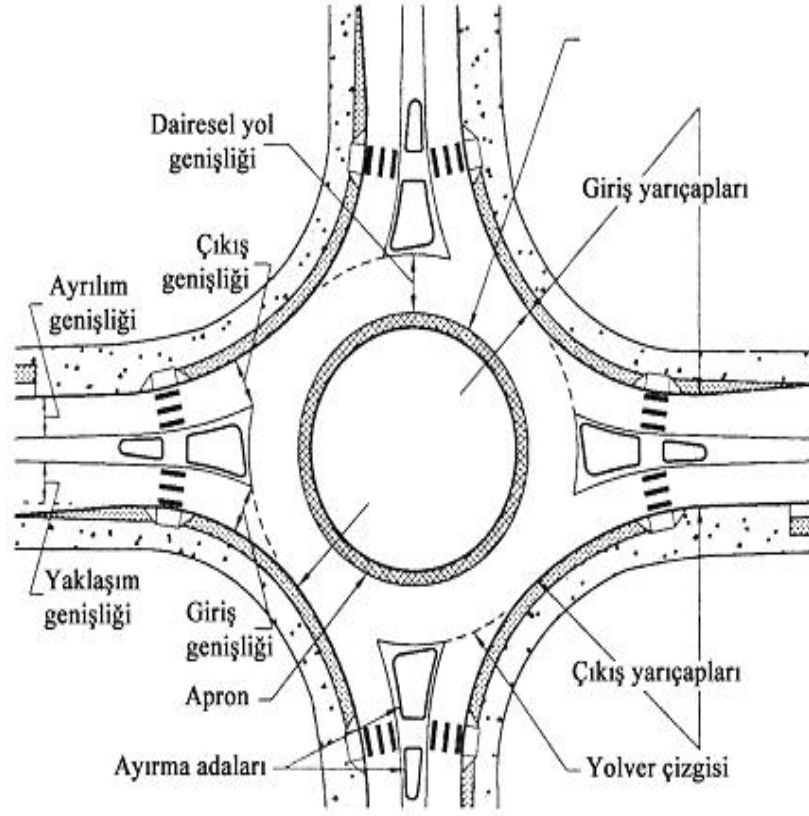
Modern dönel eşdüzey kavşaklarda Şekil 2.48’de görüldüğü gibi, taşıtların kavşağa giriş-çıkışında ve kavşak içindeki hızları önemli ölçüde azaltılabildiğinden dolayı kavşak kapasitesi azalırken trafik güvenliği artmaktadır.

Kavşağa giriş-çıkış çapı ve dönüş uzunluklarının azalması, taşıt işletme hızının düşmesi, kavşak içindeki taşıtların durma ve park etmesinin kısıtlanması ve yaya hareketlerinin kontrollü hale getirilmesi güvenliği artırır. Bu nedenle transit trafik hacmi az, sol-sağ ve U dönüş trafik hacmi ve yaya trafiği fazla olan kavşaklarda tercih edilir.

Bu kavşakların işletme ve tasarımını iki temel prensibe dayanır:

- Kavşak yaklaşımına giren bütün taşıtların dönel ada çevresinde seyreden taşıtlara yol vermesi prensibi. Bu uygulamada, serbest trafik akımını sağlamak ve trafik kapasitesini artırmak için “Yol Ver” işareti kullanılır. Bu tip kavşakların tasarımında, örülme hareketleri tasarım veya kapasite kriteri olarak dikkate alınmaz.

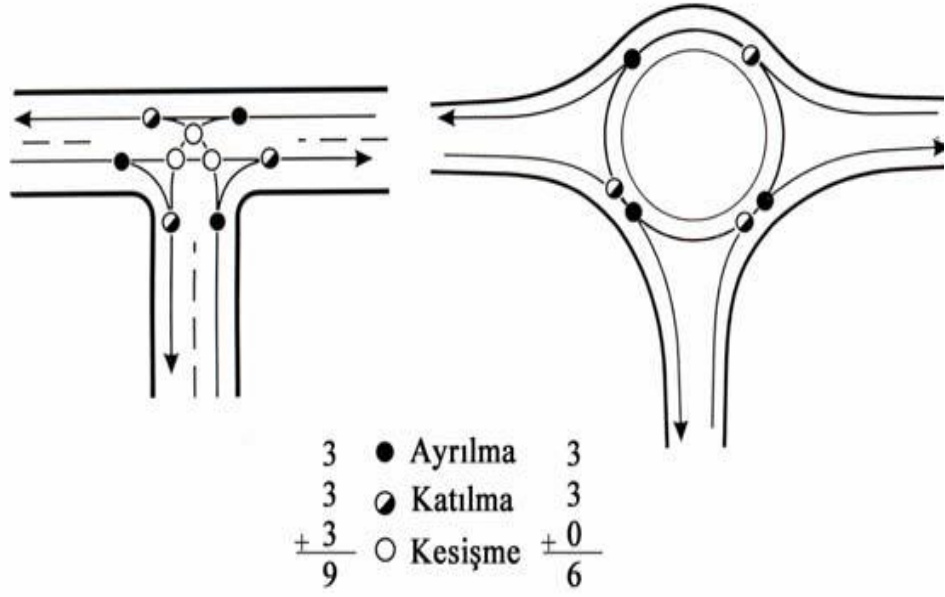
- Transit trafiğin kavşak bölgesini doğrusal veya buna yakın bir hat ile geçmesine izin vermeyip, girişteki kanalize yönlendirme adaları ve merkezi dönele uygun dairesel yörüngelerde sağa saptırılması prensibi.



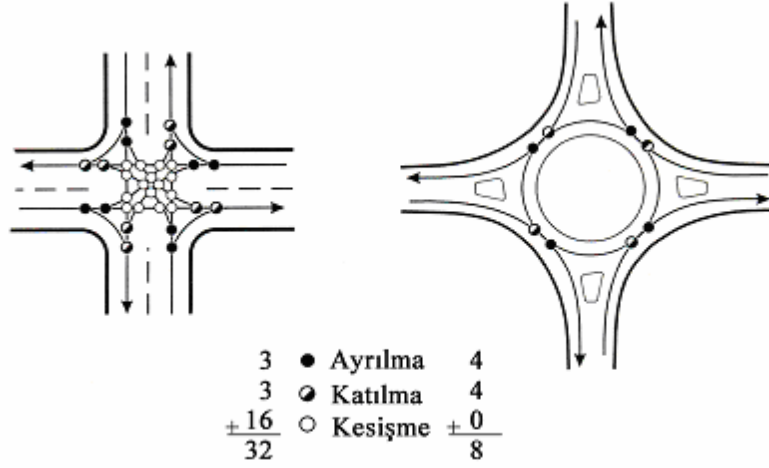
Kaynak: Karayolu Tasarımı El Kitabı. Aralık 2005

**Şekil 2.48: Modern dönele kavşak elemanları**

Yol Ver prensibi ile tasarlanan modern dönele kavşaklarda Şekil 2.49’da görüldüğü gibi ayrılma ve katılma çakışmaları fazla değişmemekle birlikte, kesişmeler ortadan kaldırıldığından yol güvenliği önemli ölçüde artmaktadır.



a-3 Kollu kavşaklar

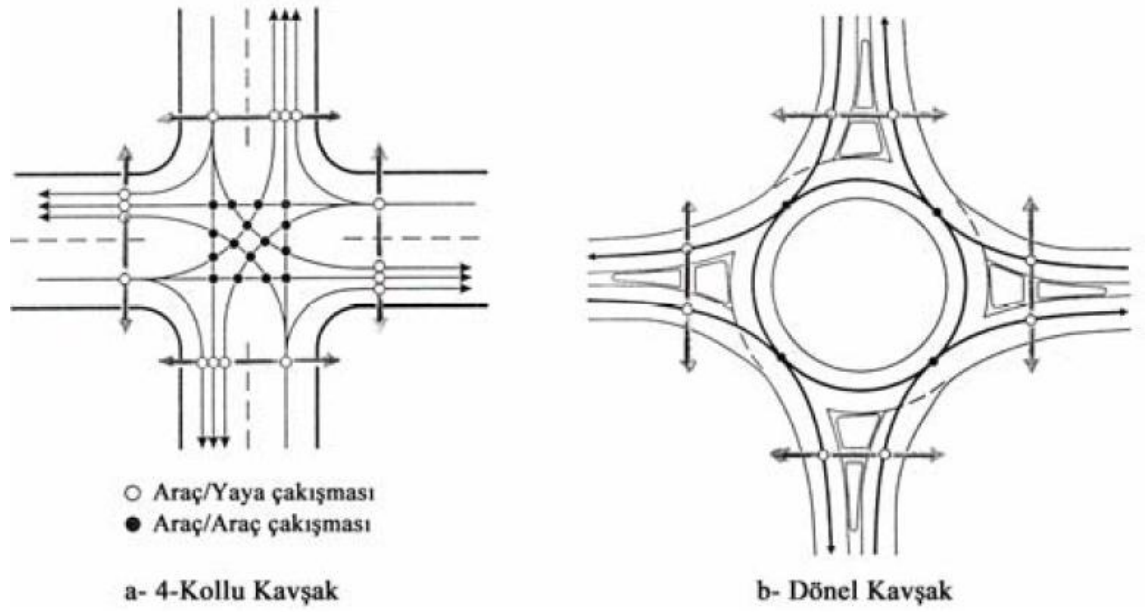


b- 4-Kollu kavşak

Kaynak: Karayolu Tasarımı El Kitabı. Aralık 2005

**Şekil 2.49: Modern dönel kavşaklarda çakışmalar**

Şekil 2.50’de ise, 4 kollu bir kavşakta taşıt-yaya çakışması 16 iken bu kavşaklarda 8’e indiği görülmektedir.



Kaynak: Karayolu Tasarımı El Kitabı. Aralık 2005

**Şekil 2.50: Modern dönel kavşaklarda yaya-taşıt çakışması**

Dönel kavşak elemanlarının diğer eşdüzey kavşaklardan farklı her bir elemanın birbirleriyle etkileşim içinde oluşu nedeniyle işletme şartları ve geometrik tasarımları farklı olarak ele alınmalıdır. Bu nedenle tasarımları kavşak kollarındaki ve kavşak içindeki işletme hızlarının düşük olacağı göz önüne alınarak yapılmalıdır. Örneğin bu tip kavşaklara yaklaşımdaki 70, 55 ve 40 km/saat olan taşıt hızları, kavşak içinde 35, 30 ve 25 km/saat'e düşmek zorunda kalacaktır. Hız azalması, giriş yarıçapı ve genişliğini etkileyecek olup, tasarım hızı aşağıdaki formül ile hesaplanacaktır.

**Tablo 2.7: Önerilen maksimum tasarım giriş hızı**

Kavşak Tipi	Vt(km/saat)
Mini Dönel	25
Kent içi küçük çaplı	25
Kent içi tek şeritli	35
Kent içi çift şeritli	40
Kent dışı tek şeritli	40
Kent dışı çift şeritli	50



$$Vt = \sqrt{127R(e + F)}$$

Burada;

Vt : Tasarım hızı, km/saat

R : Yarıçap, m

e : Dever, %

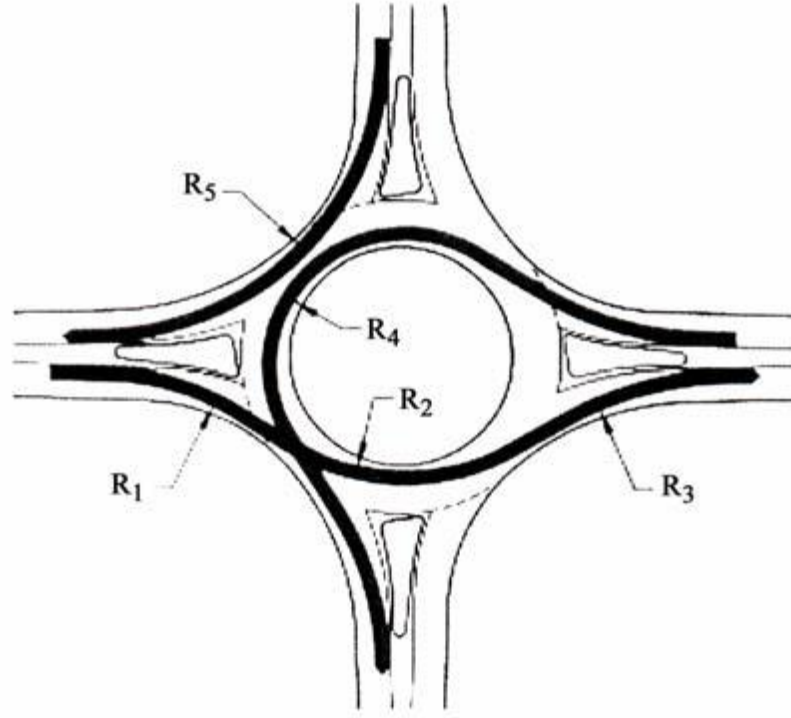
f : Yanal sürtünme faktörü

Kavşak giriş kollarında düşük hıza bağlı olarak dever oranının azaltılarak uygulanması arzu edilir (%2).Ada etrafındaki dairesel yol kesiminde yüzey drenajını sağlayacak enine eğimin uygulanması yeterli olacaktır.Yanal sürtünme faktörü (f) hıza bağlı olarak Tablo 2.8'den alınacaktır.

**Tablo 2.8: Yanal sürtünme faktörü**

Vt (km/saat)	f
10	0,50
20	0,35
30	0,28
35	0,25
40	0,23
45	0,21
50	0,19
60	0,17

Kaynak: AASHTO 2001.A policy on Geometric Design of Highways and Streets. 2001



Kaynak: Karayolu Tasarımı El Kitabı, Aralık 2005

**Şekil 2.51: Dönel kavşakta yörünge yarıçapları**

R1 : Giriş yarıçapı

R2 : Dairesel yörünge yarıçapı

R3 : Çıkış yarıçapı

R4 : Sol dönüş yarıçapı

R5 : Sağ dönüş yarıçapı

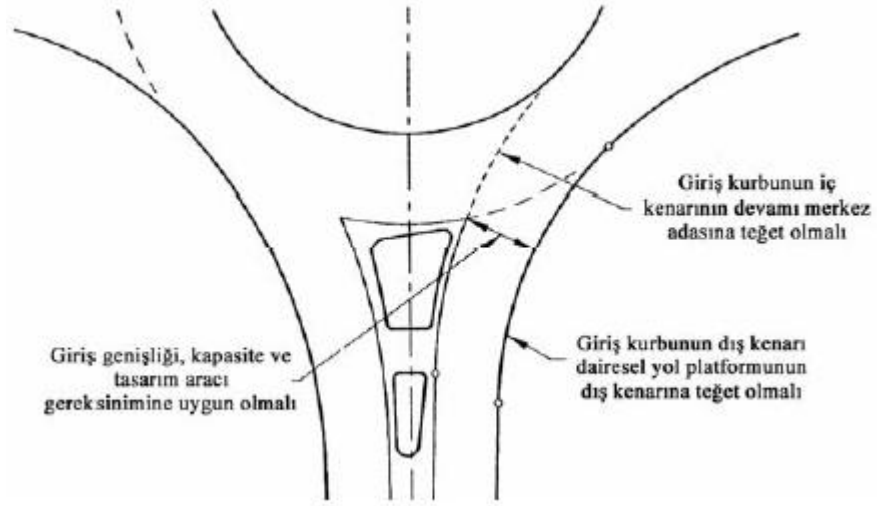
Kavşak geometrisinin oluşturulmasında aşağıdaki hususlar gözönüne alınmalıdır. Giriş kurbu yarıçapı (R1), ada etrafındaki dairesel yörünge yarıçapı (R2) ve çıkış yarıçapından (R3) daha küçük veya dairesel yörünge yarıçapına (R2) eşit olmalıdır.

Tek şeritli dönel kavşağın giriş geometrisi, Şekil 2.52' de görüldüğü gibi, giriş kurbunun dış kenarı dairesel yolun dış kenarına (yani kaplama kenarına veya yol platformunun dış kenarına) teğet ve giriş kurbunun iç kenarı ise orta adaya teğet olacak şekilde tasarlanmalıdır. Bu durumda taşıtların güvenli bir şekilde yönlendirilmesi sağlanmış olacaktır. Ayrıca giriş yarıçapı, uygun işletme hızı için For.5.4 ile belirlenecek ve  $R1 \leq R2$  olacak şekilde seçilecektir.

**Tablo 2.9: Max R1 değeri için yaklaşık R4 değeri**

Tek-Şeritli Dönel Kavşak					İki-Şeritli Dönel Kavşak				
Dönel Kavşak Çapı (m)	Max R <sub>1</sub>		Yaklaşık R <sub>4</sub>		Dönel Kavşak Çapı (m)	Max R <sub>1</sub>		Yaklaşık R <sub>4</sub>	
	R (m)	V (km/saat)	R (m)	V (km/saat)		R (m)	V (km/saat)	R (m)	V (km/saat)
30	54	41	11	21	45	65	44	15	24
35	61	43	13	23	50	69	45	17	25
40	69	45	16	25	55	78	47	20	27
45	73	46	19	26	60	83	48	23	28
					65	88	49	25	29
					70	93	50	28	30

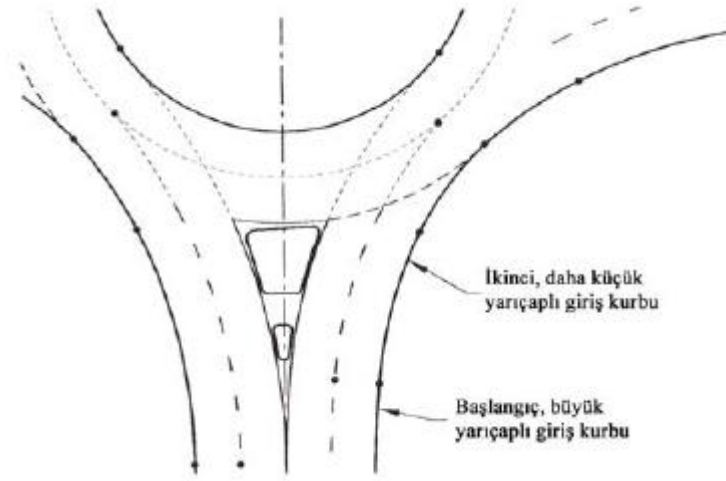
Kaynak: Karayolu Tasarımı El Kitabı. Aralık 2005



Kaynak: Karayolu Tasarımı El Kitabı. Aralık 2005

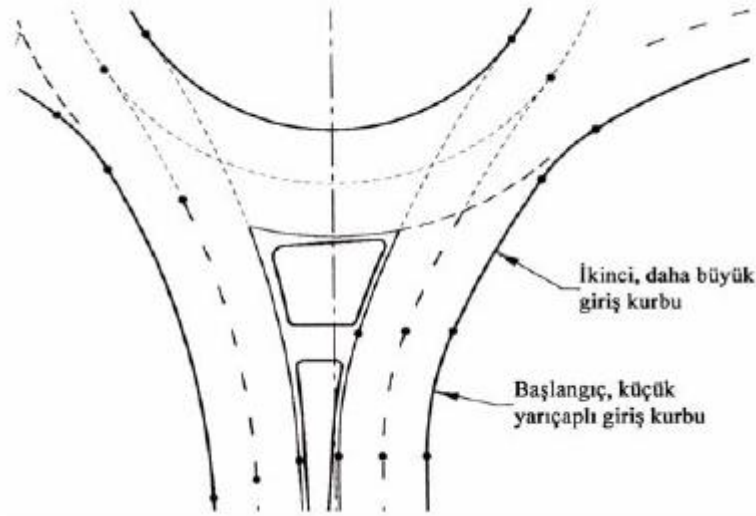
**Şekil 2.52: Tek Şeritli modern dönel kavşakta giriş kurbu tasarımı**

Çift şeritli dönel kavşaklarda taşıt yörüngelerinin çakışmasını minimize etmek amacıyla Şekil 2.53.a.' da görüldüğü gibi, önce büyük yarıçaplı daha sonra küçük yarıçaplı giriş kurbu tasarlanacaktır. Birinci büyük kurb iç kenara paralel olup merkez adasına eğrisel teğet olacak ve ikinci küçük kurbu ise giriş yol genişliğinin dış kenarının konumunu belirlemek amacıyla tasarımcı çizim yoluyla belirleyecektir.



Kaynak: Karayolu Tasarımı El Kitabı. Aralık 2005  
**Şekil 2.53.a: Çift şeritli modern döne kavşakta giriş kurbu tasarımı  
 (Başlangıç giriş kurbunun büyük yarıçaplı olması durumu)**

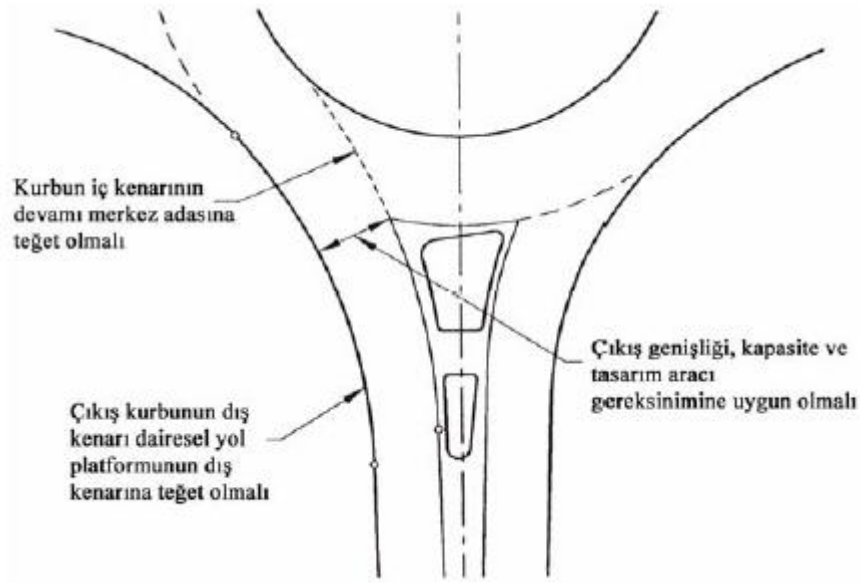
Çift şeritli döne kavşakta taşıt yörüngelerinin çakışmasını önlemek amacıyla önce küçük sonra büyük yarıçaplı kurplar ile alternatif tasarım yöntemi uygulanabilecektir.



Kaynak: Karayolu Tasarımı El Kitabı. Aralık 2005  
**Şekil 2.53.b: Çift şeritli modern döne kavşakta giriş kurbu tasarımı  
 (Başlangıç giriş kurbunun küçük yarıçaplı olması durumu)**

Her iki durumda da taşıt hızlarının düşmesi ve taşıtların merkez adasına eğrisel teğet olarak yönlendirilmesi sağlanacaktır. Ayrıca tek şeritli döne kavşakta  $R1 \leq R2$  olması uygun iken çift şeritli döne kavşakta ise taşıt yörüngelerinin çakışmaması için  $R1$ 'in çok küçük olmaması uygun olacaktır.

Dönel kavşak çıkışında sıkışıklığı azaltmak için  $R3 > R1$  yapılması gerekir. Fakat çıkış kurbundaki yaya geçişinde yayaların korunması için hızın azaltılması açısından, çıkış kurbu yarıçapının küçültülmesi gerekeceğinden ötürü bu iki hususun dengelenmesine çalışılmalıdır.  $R3 > R2$  olmakla birlikte aradaki farkın az olması arzulanır. Şekil 2.53.c.'de görüldüğü gibi, çıkış kurbu dairesel yol platformunun dış kenarına teğet ve iç kenarı (sol tarafı) merkez adasına eğrisel teğet olacak şekilde yapılacaktır.



Kaynak: Karayolu Tasarımı El Kitabı, Aralık 2005

### Şekil 2.53.c: Tek şeritli dönel kavşakta çıkış kurbu tasarımı

Çift şeritli dönel kavşakta da çıkış tasarımı tek şeritli dönel kavşaktakine benzer şekilde yapılacak olup, kurbun iç kenarının devamı orta ada yerine iç şeritin kenarına teğet olacaktır. Kentdışı yollarda yaya trafiğinin az olması nedeniyle çıkış yarıçapı büyük tutularak taşıtların kavşağı hızla terketmesi sağlanacaktır. Ancak kentiçi yollarda ise yaya güvenliği için fazla büyük olmaması tercih edilir.

Modern dönel kavşağın güvenlik ve performansını artırmak amacıyla giriş genişlikleri minimumda tutulmalıdır. Kapasite ihtiyacı ve performans her bir giriş için şerit sayısı ve genişliğini belirleyen önemli etkenlerdir. Ayrıca dönüş trafiği de giriş genişliklerinde az da olsa ilave genişleme gerektirebilir. Neticede, giriş genişliği ve dairesel yol platformu genişliğinin belirlenmesi optimum kapasite ve işletme dengesini sağlamaya yöneliktir.

**Tablo 2.10: Kentiçi modern dñnel kavşak tasarım değerleri**

Dairesel dış ap Dairesel yol platformu genişliği Dış ap/İ ap oranı	26m – 35m 8,00m – 6,50m 2,5:1
Giriş şerit genişliği çıkış şerit genişliği	3,00m – 3,50m 3,50m – 3,75m
Girişte yuvarlatma çapı çıkışta yuvarlatma çapı	10m – 12m 12m – 14m
Dever	-% 2 , -% 2,5
Kavşak yerinin maksimum eğimi	≤ % 6
Ada (refüj) genişliği	≥ 2,00m

StraBenbau (AZ) RAL-K

Kaynak: Karayolu Tasarımı El Kitabı. Aralık 2005

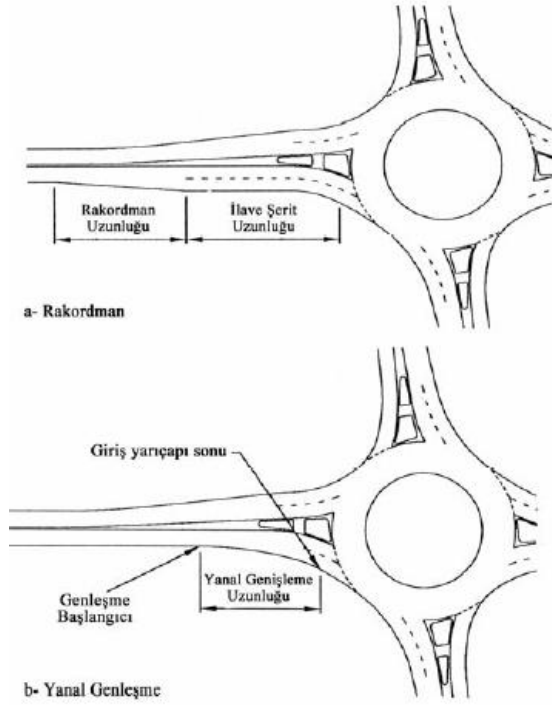
**Tablo 2.11: Kentdışı modern dñnel kavşak tasarım değerleri**

Dairesel dış ap Dairesel yol platformu genişliği	35m – 45m 6,50m – 6,00m
Giriş şerit genişliği çıkış şerit genişliği	3,50m – 4,00m 3,50m – 4,50m
Girişte yuvarlatma çapı çıkışta yuvarlatma çapı	12m – 14m 14m – 16m
Dever	-% 2 , -% 2,5
Kavşak yerinin maksimum eğimi	≤ % 6
Ada (refüj) genişliği Ada (refüj) genişliği (yaya kullanımı yoksa)	≥ 2,00m > 1,60m

StraBenbau (AZ) RAL

Kaynak: Karayolu Tasarımı El Kitabı. Aralık 2005

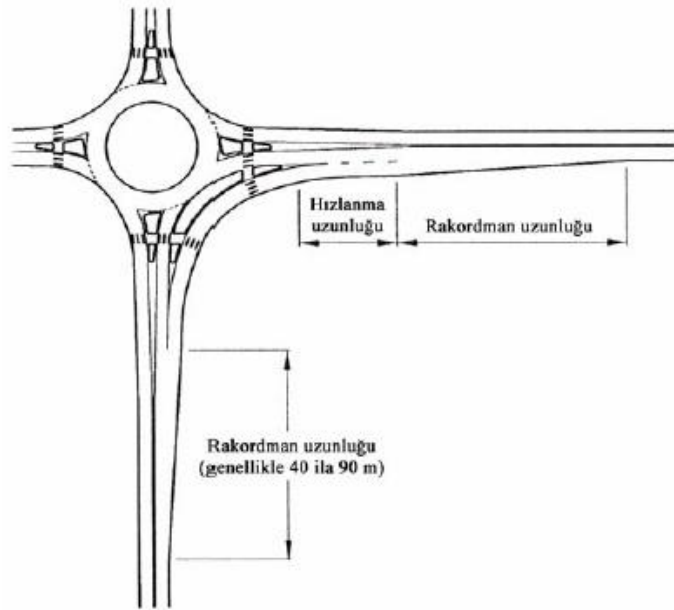
İstenilen kapasiteyi sağlayabilmek için şerit genişliğinin artırılması gerekiyorsa, şekil 2.54’de görüldüğü gibi, girişlerde ve takip eden çıkışlarda paralel şerit ilavesi veya tedrici genişleme (kama) yapılmalıdır.



Kaynak: Karayolu Tasarımı El Kitabı. Aralık 2005

**Şekil 2.54: Giriş genişliğinin artırılması**

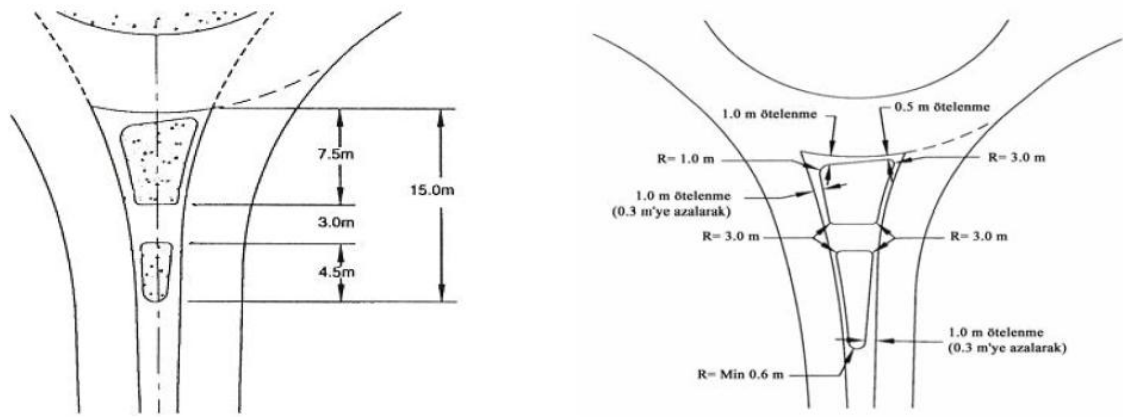
Yaya geçişlerinin nispeten az ama belirli bir kolda sağ dönüş trafik hacminin çok fazla olması halinde Şekil 2.55’de görüldüğü gibi, dönele kavşağın bir veya iki kolunda ilave sağ dönüş şeriti yapılabilir.



Kaynak: Karayolu Tasarımı El Kitabı. Aralık 2005

**Şekil 2.55: Dönele kavşakta ilave sağ dönüş şeridi tasarımı**

Dönel kavşaklarda genellikle, trafik akımlarının sinyalizasyon ile kontrol altına alınmadığı kent geçişlerinde, yaya geçişlerinin konumu ve boyutlandırılması kavşak tasarımının önemli bir ayrıntısı olarak ele alınmalıdır. Yayaların diyagonal yönde geçiş yapmalarının önlenmesi ve güvenliği sağlanmış olan yaya geçişlerine yönlendirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla yayaların en kısa yürüyüş mesafesinde ve taşıtlar arasında boşluk bulunduğu geçebilecek şekilde yönlendirilmesi için Şekil 2.56’da görüldüğü gibi, yaya geçiş noktasının YOLVER çizgisinden çok fazla uzak olmayacak şekilde tasarlanması ve bölünmüş adalar üzerinden yaya geçişlerinin engellenmesini sağlamak için gerekli tedbirlerin (bariyer, bitkilendirme, vs.) alınması uygun olacaktır.



Kaynak: Karayolu Tasarımı El Kitabı. Aralık 2005

### Şekil 2.56: Bölünmüş yaya adalarının geometrik tasarımı

Kavşak çıkışında sürücülerin karşıdan karşıya geçen yayaları görebilmesi ve yayaların geçmesi sırasında kavşak çıkış kolundaki taşıtların durabilmesi için yeterli bir uzunluk gerektiğinden yaya geçişleri kavşaktan uzaklaştırılmalıdır. Bu durumda yaya yürüme mesafesi artacağından ideal geçiş yerinin seçilmesine dikkat edilmelidir.

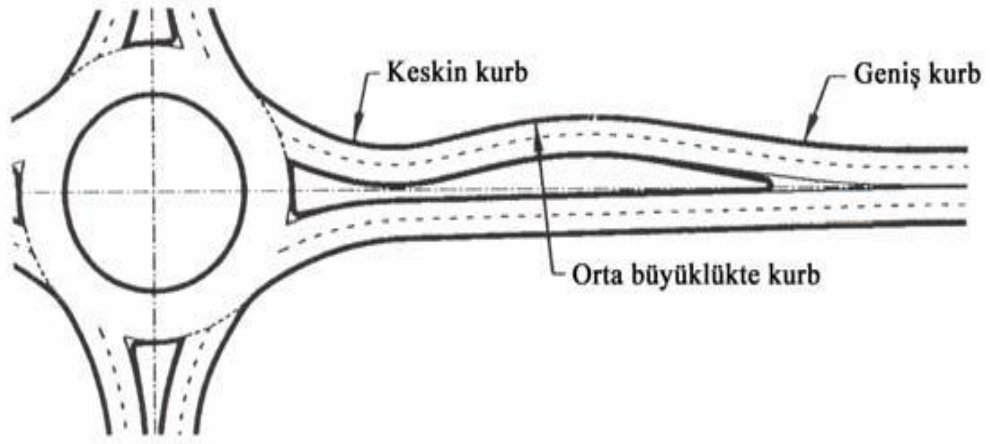
Dönel kavşak kollarındaki bölünmüş yaya adalarında Şekil 2.56’da görüldüğü gibi, yanal ötelenme ve yaklaşım (uç) burunları oluşturulacaktır.

Dönel kavşak kollarında bölünmüş yaya adaları yapılarak yaya güvenliğinin artırılması ve zıt trafik akımlarının birbirlerinden ayrılması sağlanacaktır. Bölünmüş yaya ada boyutu arttıkça yaya güvenliği ve kavşak çapı artacak buna karşılık giriş-dönüş yapan



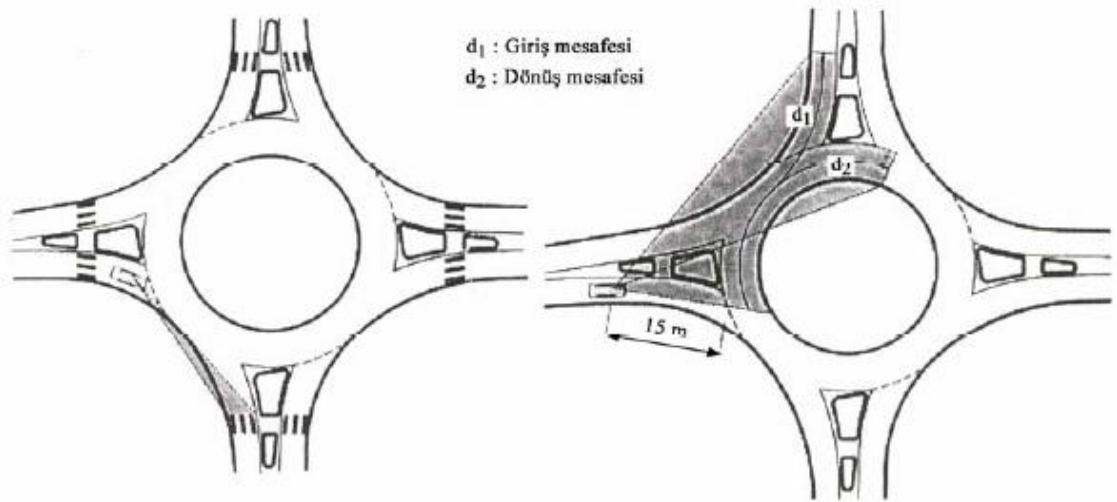
taşıtların çarpışma riski ve hızları azalacaktır. Bu nedenle bölünmüş ada uzunluğu, minimum 15m olmak üzere yeterince uzun yapılacaktır.

Yüksek hızlı ( $\geq 80\text{km/saat}$ ) kent dışı yollarda yapılan modern dönel kavşaklarda taşıtların kavşağa yaklaşımlarındaki hızlarının azaltılması için Şekil 2.57’de görüldüğü gibi, üç farklı yarıçapa sahip ayırma adaları kullanılabilir. Ayırma adasının uzunluğu için “konforlu yavaşlama uzunluğu” ( $0,039 V^2t / 1,2$ ) kullanılacaktır.



Kaynak: Kaynak: Karayolu Tasarımı El Kitabı. Aralık 2005

**Şekil 2.57: Kent dışı yollarda modern dönel kavşak yaklaşımında hız düşürmek amacıyla uygulanan ayırma adası tasarımı**



Kaynak: Kaynak: Karayolu Tasarımı El Kitabı. Aralık 2005

**Şekil 2.58: Modern dönel kavşakta üçgen görüş mesafesi**

### 3. SİNYALİZE KAVŞAKLAR

Kavşaktan hangi trafik akımının hangi sırayla geçeceği açık ve net olarak, ışıklı özel donanımlarla belirtildiği kavşaklara sinyalize kavşaklar adı verilir. Bu tip kavşaklar, trafik talebinin fazla olduğu yollarda kullanılır. Bu tip kavşaklarda düzenli bir akım elde edilebildiğinden kapasiteyle birlikte güvenlikte artmaktadır. Trafik akımında düzenin sağlanmasıyla birlikte karşı karşıya ve yandan çarpma gibi kaza türlerinde büyük bir azalma vardır. Meydana gelen kazalar genellikle arkadan çarpma kazalarıdır fakat taşıtlar arasındaki hız farkı az olduğundan meydana gelen zarar ve ölüm riski düşüktür (Gedizlioğlu 2002, Ders notları).

#### 3.1. SİNYALİZE KAVŞAKLAR İLE İLGİLİ TANIMLAR

**Faz:** Kavşakta en az bir akıma geçiş hakkının verildiği toplam süreye faz denir. Bir akımın ilk yeşil almaya başladığı andan itibaren diğer akımın yeşil almasına kadar geçen süre bir fazdır.

**Devre:** Kavşakta her akıma en az bir defa geçiş hakkının verildiği toplam süreye devre denir.

**Yeşil süre:** Bir fazda, yeşil sinyalin verilme süresine yeşil süre denir.

**Kırmızı Süre:** Bir fazda, kırmızı sinyalin verilme süresine denir.

**Sarı Süre:** Bir fazda, sarı sinyalin verilme süresine sarı süre denir.

**Yeşiller Arası Süre:** Kavşaktaki akımlardan birine verilen yeşil sinyalin bittiği andan yani faz değişim noktasından, diğer faz için yeşil sinyalin verilmeye bağlandığı ana kadar geçen süreye yeşiller arası süre denir. Yeşiller arası süre, iki faz arasındaki, tüm kırmızı ve sarı sürelerin toplamıdır ( Kutlu1964, Gedizlioğlu 2002, Ders notları).

**Optimum Devre :** Uzun devre süreleri, kavşakta bir saatte daha fazla taşıta hizmet verilebilmesini sağlar, fakat mevcut trafik hacmi için yeterli olandan uzun bir devre süresi, yüksek ortalama gecikmelere yol açmaktadır. Kavşaktaki toplam gecikme

süresini, en aza indirecek uygun devre süresini hesaplanabilmesi için Webster tarafından aşağıdaki model geliştirilmiştir (Wilshire 1992, pp. 278-309).

$$D_0 = \frac{1.5L + 5}{1 - Y_1 - Y_2 - \dots - Y_n} \quad (3.1)$$

D = Optimum devre süresi (saniye)

L = Bir devredeki kayıp zaman (saniye)

Y = n fazındaki kritik yaklaşım için (hacim/ doygun akım) oranı

n = Devredeki faz sayısı

Sinyalize kavşaklarda ne kadar çok faz düzenlenmek zorunda kalınırsa kapasite de o kadar azalır. Bu tür kavşaklarda sinyalizasyonun trafik talebine uygun olarak düzenlenmesi gerekir; yanlış sinyalizasyon sürücülerin itaatsiz davranmalarına neden olabilir (Wilshire 1992, pp.278-309).

### 3.2. SİNYALİZASYON SİSTEMİNİN OLUŞTURULMASI

Genel olarak sinyalizasyon sistemleri kontrolsüz kavşaklarda kontrolü sağlamak ve aynı zamanda kavşakta meydana gelebilecek kazaları önleyerek, gecikmeleri azaltmak amacı ile kullanılır. Bununla birlikte gerekli kriterlere uyulmadan kurulan bir sinyalizasyon sistemi hem gecikmelerin uzamasına, hem de kaza sayısının artmasına neden olabilir. Fakat bazı durumlarda sinyalizasyon sisteminin yapılmaması daha kötü sonuçlar doğurabilir. Bu durumlar şu şekilde sıralanabilir (Ayfer 1977).

- Yanyoldan kavşağa katılmak isteyen araçlar, gerekli zaman boşluklarını bulamamakta, anayoldan gelen araçlar buna izin vermemektedir.
- Kavşaklardaki işaretlemelere rağmen, ulaşım güvenliği sağlanamamakta, sürekli veya birbirine benzer karakteristikte kazalar oluşmaktadır.
- Kavşaklardaki trafik hareketleri beklemelere, sıkışıklıklara, tıkanıklıklara ve gecikmelere yol açmakta; dolayısıyla kavşağın ekonomik kullanımı azalmakta, enerji ve zaman kayıpları oluşmaktadır.

- Kavşak kapasitesinden yeterince yararlanılamamaktadır.
- Yaya emniyeti hareket olanağı bulamamaktadır (Ayfer 1977).

Belirtilen durumlardan biri ya da bir kaç kavşakta gözlenir ise, bu kavşağın sinyalizasyonu edilebilir. Bu sayede aşağıda belirtilen faydalar sağlanabilir.

- Ulaşım güvenliği artar.
- Kapasite kullanımında artış gözlenir.
- Gecikme sürelerinde azalmalar gözlenir.
- Yavaşlama ve durmalar sebebi ile meydana gelen karbonmonoksit fazlalığı ve gürültünün azalması sebebiyle çevre şartlarının iyileşmesi sağlanmış olur (Ayfer 1977).

### **3.2.1. Sinyalizasyonun Avantaj ve Dezavantajları**

Sinyalizasyon kavşakların görevi sadece araç kazalarını önlemek ve yaya kavşaklardan güvenli geçişlerini sağlamak değil aynı zamanda kavşakların kapasitelerinde kullanılmasını da sağlamaktır. Trafik akımlarının düzenini, kapasitesini ve güvenliğini sağlayan sinyalizasyon sistemleri gelişen teknoloji ve ulaşım tercihlerine paralel olarak yenilenmekte ve yeni olanaklar sunmaktadır. Mevcut ve eski kavşakların rehabilitasyonunda geometrik düzenlemelerden sonra en çok kullanılan seçenektir. Bu sistemler hem trafiğin düzenlenmesi hem de yolların kapasitesinde kullanılabilmesi için gereklidir. Fakat bu sistemlerin de çeşitli avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır.

Trafik sinyalizasyon sistemlerinin avantajları;

1. Taşıtların diğer taşıtlarla veya yaya akımları ile kesiştikleri noktalarda trafiğin güvenli ve düzenli akışını sağlar.
2. Sinyalizasyonun yeri, konumu ve periyot süreleri trafik koşullarına göre uygun şekilde belirlenirse kavşağın kapasitesi artar
3. Taşıtların 90 derece ile çarpışmalarını önler ve kaza ihtimalini azaltır.
4. Kavşaklar arası mesafelerin 700 m'yi geçmesi ve trafiğin çok yoğun olmaması şartıyla, birbirini takip eden kavşaklar arasındaki koordineli akım yeterli bir hız altında oluşturulur (Hız  $V=50$  km/saat)
5. Zayıf trafikli bir yolun yoğun trafikli bir yolu kesmesi ve emniyetli bir

şekilde ana akımın içine girmesi mümkün olur.

6. Yapılacak katlı kavşaktan daha ekonomiktir (Özdirim, 1994).

Sinyalizasyon sistemlerinin yanlış kullanılması ise çeşitli problemlere sebep olabilir. Sadece yanlış planlaması değil trafik akımlarına ve hacimlerine uymayan sinyalizasyonlar da bu problemleri doğurur. Bu dezavantajlar;

1. Yüklü olmayan trafik saatlerinde gereksiz bekleme süreleri olur ve akaryakıt tüketimi artar.
2. Arkadan çarpma gibi kazalar artabilir
3. Gereksiz ve hatalı yapılan sinyalizasyonlar sürücülerin sinyallere uyum sağlamasını güçleştirir. Sürücülerde sabırsızlık ve ihlaller meydana gelir.
4. Sinyal süreleri uygun ayarlanmamışsa durma sayıları ve gecikme süreleri artar.

Bazı trafik sinyal sistemlerinde, maliyeti düşük olan basit ayarlamalarla trafik akışında önemli düzenlemeler sağlanabilir. Bu sayede, sadece sinyal sürelerinin ayarlanması ile trafik gecikmeleri, hava kirliliği ve yakıt tüketiminde önemli azalmalar sağlanabilir (Özdirim, 1994).

Son yıllarda sinyal sistemleri diğer trafik denetleme sistemleriyle birlikte çalışmaktadır. Her kavşağın çevresel konumuna ve ihtiyaçlarına göre değişen bu uygulamalar özellikle İstanbul'da oldukça yoğun olarak kullanılmaya başlanmıştır (Tablo 3.1). Trafığın kontrolünün ve düzeninin sağlanmasına yardımcı olan bu uygulamalar sinyalizasyon sistemlerinin verimini artırmaktadır.

**Tablo 3.1: İstanbul'da kavşaklarda yapılan çalışmalar**

	2005	2006	2007	GENEL TOPLAM
SİNYALİZE KAVŞAK	173	143	79	395
EYS (ERİŞİLEBİLİR YAYA SİNYALİ)	4	36	11	51
TRAFİK KAMERASI	0	61	61	122
RTMS (SENSÖR VE DETEKTÖR)	0	90	100	190

Kaynak: İBB 2008.

Sürücülerin sinyalize kavşaklarda gün boyu yaşadıkları gecikmelerin çoğu, yeşil ışığı beklerken gerçekleşir. Oysa ki sinyallerin zamanlaması optimize edilerek gecikmeler azaltılabilir. Örneğin California, ABD’de 1983 yılında 1,535 trafik sinyalinin sinyal süreleri yaklaşık iki milyon dolar harcanarak yeniden düzenlenmiş ve bu sayede araçların duraklama sürelerinin %14’den fazla azaldığı, seyahat sürelerinin %6,5 daha kısaldığı ve %6’lık benzin tasarrufunun sağlandığı gözlemlenmiştir. Bu uygulama ile sürücülerin benzin tasarrufu toplamda yaklaşık 8 milyon dolar olmuştur. Bu sayede havadaki zehirli gaz emisyonunda önemli ölçüde azalma sağlamıştır (FHWA, 1995).

FHWA (Federal Highway Administration; Federal Otoyol Kurumu, ABD) trafik sinyal zamanlama optimizasyon projelerinin fayda/maliyet oranını 40/1 olarak hesaplamıştır. Bu oran trafik sinyal zamanının optimizasyonu için harcanan her 1 doların, kamuya 40 dolar olarak geri dönmesi demektir. Bunun yanı sıra birçok başka fayda sağlayabilmektedir. Bunlar;

- Basit bir trafik sinyali düzenlemesi, araç hızların da %12 iyileşme ile sonuçlanır, daha ileri iyileştirmeler ile hız %25 artırılabilir.
- Donanımda değişiklik olmaksızın fazları ve ışık süreleri yeniden düzenlenen trafik sinyalleri genelde seyahat süresinde %12 tasarruf sağlar. Bazı durumlarda bu tasarruf %22’ye kadar ulaşır
- Trafik sinyal işlemlerinin geliştirilmesi ile daha az dur kalk dolayısıyla daha az arkadan çarpma oluşur (FHWA, 1995).

### **3.2.2. Sinyalize Kavşak Kontrol Teknikleri**

Sinyalize kavşaklarda kullanılan kontrol teknikleri, esas olarak sabit zamanlı ve trafik uyarımlı kontrol teknikleri olmak üzere iki ana başlık altında toplanmaktadır. Sabit zamanlı kontrol tekniklerinde sinyal çevrim süresi ve yeşil ışık sürelerinin kavşağa yaklaşan akımların doygunluğuna göre önceden belirlendiği sabit sinyal planları kullanılır (Akbas, 2001). Bu planlar günün saatlerine bağlı olarak uygulanabildiği gibi (time of day, TOD), trafik şartlarına bağlı olarak da seçilip uygulanabilmektedir (yarı trafik uyarımlı - YTU). Mesela az yoğunluğa sahip trafik akımına sadece talep olduğunda zamanlarda yol verme veya yaya butonlarının kullanılması gibi uygulamalar oldukça kullanışlıdır. Tam trafik uyarımlı kontrol (full actuated control, TTU)

tekniklerinde ise, sinyal çevrim süresi ve yeşil ışık süreleri, trafik akımlarına ilişkin karakteristik bilgilerin ölçülüp değerlendirilmesi suretiyle gerçek zamanlı olarak hesaplanmakta ve uygulamaya konulmaktadır.

Bir kavşakta kurulacak sinyalizasyon sisteminin öncelikle sabit zamanlı olması düşünülür ve bundan sonra trafik akım özelliklerine göre kavşağın yarı veya tam trafik uyarımlı olarak işletilmesine karar verilir. Kavşağın sabit zamanlı olarak çalıştırılması için, kent içinde kavşak kollarında toplam trafik yükünün saate minimum 750 taşıt, kent dışında ise minimum 625 taşıt olması gereklidir (Özdirim, 1994). Kavşaklar arasında bir koordinasyon düşünülüyorsa öncelikle her kavşak izole olarak projelendirilir, daha sonra geometrik özelliklere göre kavşaklar arasında koordinasyon kurulur. Koordinasyon kurulurken bir kavşak diğerine göre daha önemli ise, bu kavşak anahtar kavşak olarak kabul edilir ve diğer kavşaklardaki uygulamalar bu anahtar kavşağa göre ayarlanır (Ayfer, 1977).

Sabit zamanlı kontroller trafik kontrollerinin en basit formudur. Sabit zamanlı olarak trafik akımlarını yönetip, sinyal göstergelerinin dizilimlerini düzenli olarak tekrar ederler. Örneğin bu döngünün bir fazının tamamlanmasında bir kavşak kolunda yeşilin yanması 40 saniye beklenirken, diğer kavşak kolunda 15 saniye beklenir. Her dakika için birçok saniye sarı ışığa veya boşluk-aralık zamana ayrılır. Sinyaller, kontrollerin ayarlamalarına göre belirlenen, belli bir tarzdaki döngüde belirlendiği gibi yönlendirilir. Sabit zamanlı kontroller trafik hacminin önceden tahmin edilebilir stabil ve oldukça kesin olduğu kesişim bölgelerinde kullanıma uygundur. Bunlar ayrıca yaya yoğunluğunun fazla ve trafik akımlarının kesin olduğu yerlerde de tercih edilebilir.

Donanımına bağlı olarak birçok zamanlama dizilimleri gün boyu trafik yoğunluklarındaki değişim sebebiyle gecikmelere sebep olabilir. Sabit zamanlı kontroller ile zamanlama trafik sayımları ve görsel gözlemlerle belirlenir. Gözlemler anındaki trafik akımlarını en iyi şekilde yönlendirebilmek için tasarlanırlar. Kavşak kontrol cihazları ile sinyal planları girilerek gerekli düzenlemeler gerçekleştirilir ve manuel değişim yapılana kadar o halde kalır. Ancak bu trafik akımlarının büyük dalgalanmalar gösterdiği durumlarda uygun bir çözüm olmamaktadırlar.

Sabit zamanlı sistemler gerekli durumlarda birbiriyle koordine çalıştırılarak yeşil dalga uygulanabilir. Buradaki amaç kavşaklardaki gecikmeleri azaltmak ve durma sayısını en aza indirmektir. Genelde anayollar üzerinde yapılan bu uygulama ile mümkün olan en fazla aracın durmadan geçirilmesine çalışılır. Sabit zamanlı kontroller satın almada, kurulumda, bakım ve onarım maliyetinde trafik uyarımlı sinyallerden daha ucuzdur. Komşu sinyallerle koordinasyon sağlayarak, gelişimini tamamlamış bölgelerde akımların kesintisiz devam etmesini sağlayabilirler.

Trafik uyarımlı kontrollerin sinyal göstergeleri sabit zamanlı kontrollerden farklı olarak belli bir uzunlukta değildir; trafik hızı ve trafik seviyesine göre cevap verecek değişiklikler vardır. Trafik uyarımlı kontroller, trafik yoğunluğu değişken olan caddelerde veya trafiğin en yoğun olduğu caddelerde, trafik karışıklıklarını minimize etmek amacı ile kullanılır.

Basit bir trafik uyarımlı kontrolde bulunan 4 yapı; detektörler, kontrol edici üniteler, sinyal kafaları (trafik lambaları) ve bağlantı kablolarıdır. Detektörler genelde kaldırıma yerleştirilir ancak bazen sinyal direklerinde de bulunabilirler. Genel olarak kullanılan tipleri iletken devre detektörleri, manyetik detektörler, magnetometreler ve mikrodalga detektörlerdir. İletken devre detektörleri en çok kullanılan detektör tipidir. Metal kablo sarımı asfaltta açılan yarığa gömülür ve koruyucu plastik dolgu ile kaplanır. Eğer hareketli bir araç detektöre yaklaşırsa metalik kütleli lopu uyarıma üzere değişir. Bu algılama aşaması kontrol edici bir ünite olarak, taşıt varlığında değişir ve bilgilendirir. Trafik uyarımlı kontrollerin 2 basit tipi vardır; yarı uyarımlı ve tam uyarımlı kontroller. Bunların yanı sıra yaya uyarımlı, toplu taşıma uyarımlı, hacim-yoğunluk uyarımlı ve merkezi kontrollü sistemlerden de bahsedilebilir.

Trafik uyarımlı kontroller yol kesişim bölgelerinde ve bütün dar yol uygulamalarında detektöre ihtiyaç duyar. Gün boyunca araç yoğunluklarının farklılık gösterdiği ve sinyal süresinde sürekli değişimine ihtiyaç duyulan durumlarda oldukça kullanışlıdır. Tam trafik uyarımlı kontroller sıkça tercih edilir çünkü değişken trafik koşullarına anında cevap verebilirler.



Hacim yoğunluk kontrolleri tam trafik uyarımlı kontrollerin daha avantajlı tipleridir. Bu kontrollerde hacim gibi anlık trafik bilgileri kaydedilir. Kayıtlı bilgileri kullanarak hesaplama yapabilir ve trafik talebine göre minimum yeşil ışık süresini belirleyebilir.

Trafik uyarımlı sinyal kontrollerinin verimliliği detektörün lokasyonu ve ünitelerin programlanmasına bağlıdır. Zamanlama ayarlaması eğitimli teknik personel tarafından yapılmalı ve trafik periyotları esas alınmalıdır. Bir kontrol ayarlandığı zaman teknisyen trafikteki etkiyi gözlemlemeli ve eğer gerekliyse ayarlarda ek bir düzenleme (fine-tune) yapılmalıdır. Yol kesişimleri sinyallerden emin olmak için periyodik olarak görüntülenmesi oldukça verimlidir. Trafik hacmi ve diğer durum değişikliklerinde kontrol ayarlarının bu yönde değiştirilmesine gerek duyulur.

İstanbul'da anayol akışının gereksiz kesilmesini önlemek için sinyalize kavşaklardaki bağlantı yollarına "Loop Sensör" adı verilen algılayıcılar yerleştirilmektedir. Bu sensörler ile; bağlantı yolunda araç olup olmaması durumuna göre sinyal süreleri otomatik olarak ayarlanmaktadır."Loop Sensör" sayısı İstanbul genelinde 240 adettir. Yol akışının gereksiz kesintisi ve zaman kaybını önleyen bir diğer uygulama olan yaya butonlarının sayısı ise 600 adete yakındır. (İBB, 2009)

Uyarımlı kontrolün diğer bir tipi ise kontrolde, işlemlerde ve trafik kontrol sinyal sistemine tavsiyede bilgisayar kontrolünü kullanır. Bilgisayar kontrollü sistemler temel olarak bir merkez bilgisayarının iletişim aracı (kablo, telefon, radyo vs) ve alan donanımının (lokal kontroller, detektörler, vs.) bir bütünüdür (Morales vd., 1995).

İmalat, bakım ve işletmesi Büyükşehir Belediyesi Trafik Müdürlüğü tarafından yapılan sinyalize kavşak sayısı İstanbul sınırları içerisinde 2007 yılı itibarıyla 1265 adettir.(İBB, 2009) Sinyalize kavşaklar On-line Kavşak Kontrol Sistemi ile Trafik Kontrol Merkezi'nden yönetilmektedir.

### **3.2.3. Sinyalizasyon Hesapları**

Sinyalize olarak çalıştırılacak bir kavşakta; periyot süresinin, faz düzenlerinin, yeşil sürelerin, yeşiller arası sürelerin, koruma sürelerinin ve yaya geçiş sürelerinin belirlenmesi gereklidir. Periyot süresi (C), sinyalize bir kavşakta ışıkların tam bir devir

yapacak şekilde sırayla yanıp söndüğü toplam süredir (sinyallerden her hangi birinin gösterdiği rengin kaybolup tekrar ortaya çıkmasına kadar geçen zamandır). Periyot süresi, trafik akımları için ayrılan yeşil süreler ile yeşiller arasındaki sürelerin (kayıp zaman) ve koruma sürelerinin toplamından oluşur. Bu süre içerisinde kavşaktaki tüm hareketler tamamlanır. Sinyalize bir kavşağın projelendirilmesinde; kavşağın geometrik özellikleri, faz düzeni ve trafik koşulları göz önüne alınarak hesaplanan periyot süresi (C) projenin en önemli bölümlerinden biridir (Ayfer, 1997). Periyot süresinin hesaplayan temel eşitlik 2.1’de görülmektedir.

(2.1)

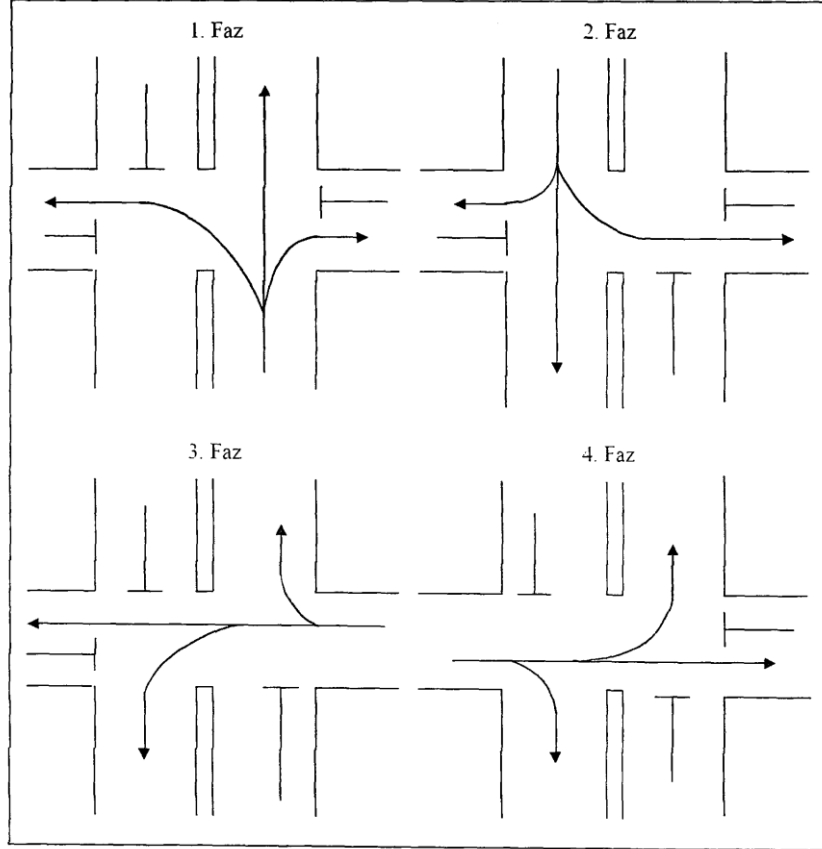
$$\begin{aligned} C &= \text{Periyot Süresi (saniye)} \\ n &= \text{Faz sayısı} \\ &= i \text{ fazına ait yeşil süre (saniye)} \\ &= \text{Toplam kayıp süre (saniye)} \end{aligned}$$

Sinyalize bir kavşağın yüksek kapasitede çalışabilmesi o kavşak için uygun periyot süresinin seçilmesine bağlıdır. Pratikte periyot süresi 30 saniyeden daha kısa olan bir kavşak için sinyalizasyon tesisi kurmak gerekli değildir. Ancak, kavşakta trafik kazası kriterleri gerçekleşmişse kısa periyot süresine sahip bir sinyalizasyon tesisi kurulabilir. Ayrıca bir kavşakta yayalara verilecek yeşil sürenin de 6 saniyeden az olmaması gereklidir (Ayfer, 1977).

Periyot süresinin çok uzun olması ise ışık ihlallerine neden olur. Bu nedenle maksimum periyot süresi 135 saniye olarak kabul edilmektedir. Hesaplanan periyot süresinin 135 saniyeyi geçtiği kavşaklarda şerit sayısı artırılarak ya da kavşak tipi değiştirilerek periyot süresi azaltılabilir (Özdirim, 1994).

Faz, bir veya daha çok aralığı kapsayan ve sinyal devresinin belirli bir trafik akımını veya akımlarını aynı anda öngören bölümdür. Seçilecek faz sistemi, kavşağın geometrik yapısına, kavşağa giriş yapan kol sayısına, kavşakta dönüş yapan akımların sayısına ve kavşakta kesişen akımlara bağlıdır. Bir fazda, yeşil olan akımların başlangıç ve bitiş zamanlarının eşit olması zorunlu değildir.

Bir kavşakta faz düzeni belirlendikten sonra, bir periyot süresi boyunca fazlardaki akımların yeşil, kırmızı ve sarı ışık sürelerini ve faz geçişlerini gösteren faz zaman planlarının oluşturulması gereklidir. Şekil 3.1’de 4 kollu bir kavşaktaki dört fazlı plan gösterilmektedir.



Kaynak: Özdirim M., (1994) “Trafik Mühendisliği I ve II”, Bayındırlık Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü

**Şekil 3.1: 4 fazlı sistem**

Faz planlarında kullanılan süreler kullanıldıkları amaca göre değişiklik göstermektedirler. Bu süreler genelde trafik ışıklarında kullanılan renklere (yeşil, kırmızı, sarı) göre adlandırılırlar. Yeşil süre bir yönde hareket eden akıma geçiş hakkı verilen süredir. Yeşiller arası süre ise, bir fazın yeşil ışık süresinin sonlandırılıp bunu takip eden fazın yeşil ışık süresinin başlatılması arasındaki süredir. Yeşiller arası süreler ise sarı süreler ile her yöne kırmızı süreleri kapsar.

Sarı sürenin amacı sürücülere, geçiş hakkının sona ermek üzere olduğunu bildirmektir. Bu ışık, kavşağa uzak mesafede olan sürücülerin duruşa geçmelerini, duramayacak kadar yaklaşmış olanların da güvenle geçerek kavşağı boşaltmalarını sağlar.

Kırmızı + sarı süre; bir kavşakta her hangi bir yöne yeşil ışıkla geçiş hakkı verilmeden önce, harekete geçecek taşıtların hazırlanmaları ve zaman kaybetmemelerini sağlamak üzere, kırmızı ışıkla beraber sarı ışığın yakıldığı süredir.

Her yöne kırmızı (All-Red) süre, periyot süresinin bazı aralıklarında ve yeşiller arası sürenin içinde, kavşaktaki bütün akımların aynı anda kırmızı olarak ışıklandırıldığı çok kısa bir süredir ( ).

Koruma süresi, geçiş hakkı sona eren bir yönden kavşağa giren ve kavşağı boşaltan son taşıt ile bundan sonraki fazda kavşağa girecek ilk taşıtın, kesişme noktasında çarpışmamaları için fazlar arasında bırakılması gereken ve yeşiller arası sürenin bir bölümünü oluşturan kayıp zamandır.

Bir periyot süresi içindeki toplam kayıp süre; sarı süreler, koruma süreleri ve her yöne kırmızı sürelerin toplamıdır (Ayfer, 1997).

(2.2)

= Toplam kayıp süre (saniye)

n= Faz sayısı

= i fazındaki akım yönü için verilen sarı süre (saniye)

= i fazı ile bir önceki faz arasındaki koruma süresi (saniye)

= Her yöne kırmızı sürelerin toplamı (saniye)

#### **3.2.4. Trafik Sinyalizasyonuna İhtiyaç Duyulan Durumlar**

Sinyalizasyon sistemleri sadece gerekli olduğu zamanlarda kullanılmalıdır. Trafik hacim değerleri az ise gereksiz bekleme ve durmalara sebep olacaktır. Yüksek trafik hacim değerlerinde ek önlemler (yönlendirme adaları, sol dönüş cepleri vb.) ile birlikte kullanılmalı veya katlı kavşak düşünülmelidir. Bu değerlendirmelerin yapılabilmesi için değişik yaklaşımlar vardır.

Türk standartlarında kavşakların tipinin seçilmesi için gerekli olan, kavşağın bütün kollarında haftanın iş günlerinden Salı, Çarşamba, Perşembe ve Cuma günlerinden birinde pik saatle yapılan trafik sayımıdır. Burada elde edilen sayım sonuçları, oto birime çevrilir (OB). Bu saat içinde kavşağa bütün kollardan giren trafik toplanır. Bu toplamın 5 veya 10 yıl kabul edilen bir geleceğe göre tahmini yapılır.(TS, 1990) Buna göre önce Tablo 3.2'deki kavşak tiplerinden biri seçilir. Fakat bu çizelgede belirtilen değerler şerit sayısına ve proje standartlarına göre ele alınırsa çok farklı sonuçlara ulaşılabilir. Örnek olarak tek şeritli bir dönel kavşak düşük hacimlere hizmet ederken, sinyalize üç şeritli ve sol dönüş cepleri bulunan bir kavşağın hizmet ettiği hacim gayet yüksek olacaktır.

**Tablo 3.2: Trafik hacimlerine göre seçilmesi gereken kavşak tipleri**

HEMZEMİN KAVŞAK TİPİNİ BELİRLEYEN TRAFİK						
Tüm toplam (Otblrimi/Saat)	girişlerin yükü	BASİT	KAVŞAK DÖNEL			KAVŞAK
		3 veya 4 Kollu	(Sol dönüş çok)			
		Damla Adasız	Damla Adalı (Sol dönüş çok)	Büyük Dönel Kavşak	Çok Dönel Kavşak	Büyük Kavşak
< 750		Işık kontrolsuz	-	Işık kontrolsuz	-	
750 - 1000		Işık kontrollü	-	-	-	
1000 - 1200		-	-	-	Çok büyük dönel kavşak (Işık kontrolsuz)	
1200 - 1500		-	Işık kontrollü	-	-	
1500 - 2000		-	-	-	-	
2000 - 3000		-	Işık kontrollü üst/alt Geçitli	Işık kontrollü dönel kavşak	-	
2000 - 3000		-	-	-	-	
5000 'den büyük		-	-	-	Üst/Alt geçit	
5000 'den çok büyük		-	-	Üst/Alt geçit	Üst/Alt geçit	

Kaynak: TS 1990

Amerikan trafik kontrol araçları kılavuzunda (Manual on Uniform Traffic Control Devices; MUTCD) trafik sinyalizasyon tesisi kurulması için öngörülen kriterleri aşağıda özetlemiştir.

1. Minimum Taşıt Yoğunluğu (Minimum Vehicular Volume) : Amerikan standartlarına göre bir iş gününün 8 saati boyunca anayol ve tali yoldaki şeritler üzerinden 1 saatte geçmesi gereken minimum taşıt sayıları (Tablo 3.3).

**Tablo 3.3: Minimum taşıt yoğunluğu**

Şerit Sayısı		Ana yolda toplam taşıt sayısı (taşıt/saat) (her iki yön)	Tali yolda toplam taşıt sayısı (taşıt/saat) (tek yön)
Ana Yol	Tali Yol		
1	1	500	150
2 ve daha fazla	1	600	150
2 ve daha fazla	2 ve daha fazla	600	200
1	2 ve daha fazla	500	200

Kaynak: MUTCD 2003.

2. Anayol Trafiğinin Kesilmesi (İnterruption of Continuous Traffic) : Bir iş gününün 8 saati boyunca ana yol üzerindeki ve tali yol üzerinde bu trafiği kesmesi gereken taşıt sayıları Tablo 3.4 de gösterilmiştir.

**Tablo 3.4: Anayol kesilmesi (MUTCD, 2003)**

Şerit Sayısı		Ana yolda toplam taşıt sayısı (taşıt/saat) (her iki yön)	Tali yolda toplam taşıt sayısı (taşıt/saat) (tek yön)
Ana Yol	Tali Yol		
1	1	750	75
2 ve daha fazla	1	900	75
2 ve daha fazla	2 ve daha fazla	900	100
1	2 ve daha fazla	750	100

Kaynak: MUTCD 2003.

3. Minimum Yaya Yoğunluğu (Minimum Pedestrian Volume): Herhangi bir iş günün her 4 saati boyunca, ana yolu geçmek isteyen yaya sayısının, saatte en az 100 olması veya 1 saat boyunca ana yolu geçmek isteyen en az 190 yaya ve yayaların geçişini yapmalarını sağlamak için taşıtlar arası aralığın 60'dan az (1 saatte) olması gereklidir.

Buna ek olarak bu şekilde kurulacak bir sinyalize yaya geçiti tesisi en yakın sinyalize kavşak veya diğer bir sinyalize geçitten en az 300 ft (~90 metre) uzakta olmalıdır.

4. Okul Geçiti (School Crossing): Eğer karşıdan karşıya geçiş yapılacak alanda bir okul varsa ve karşıdan karşıya geçiş yapmak için yeterli sıklıkta ve uzunlukta taşıtlar arası aralıklar mevcut değilse ve günün en kalabalık saati boyunca karşıdan karşıya geçmek isteyen en az 20 öğrenci mevcutsa o alanda bir sinyalize yaya geçidi tesisi kurulmalıdır.
5. Trafik Kazaları (Accident Experience): Kavşakta bir yıl boyunca en az 5 yaralanmalı veya maddi hasarlı kaza meydana gelmiş ise sinyalize tesis kurulmalıdır. Buna ek olarak minimum taşıt yoğunluğu ana yol trafiğinin kesilmesi veya yaya yoğunlu maddelerindeki koşulların en az %80'i aynı anda gerçekleşmiş olmalıdır.
6. Birleşik Koşullar (Combination Warrants): Yukarıdaki koşulların hiçbirinin tek başına gerçekleşmemiş olması ancak ilk iki maddedeki koşulların %80'inin aynı anda gerçekleşmesi durumunda da sinyalizasyon tesisi kurulmalıdır.

Kullanımı gerekli koşullar altında kurulduğu zaman bir trafik sinyali etkin bir trafik kontrol aracıdır. Buna karşın yersiz ve zayıf tasarlanmış, verimsiz ve uygunsuz sinyallerin sürücü ve yayalar için tehlike potansiyeli vardır. Bu sebepten eğer gerçekten trafik sinyali gerekliyse trafik mühendisliği çalışmalarını ehil personelin yürütmesi esastır.

Uzman trafik mühendislerinin kararı yerine, halkın istekleri veya politik baskılar temel alınarak sinyal kurulması hatalı bir davranıştır. Uygun olmayan sinyaller; araçlarda duraklamalarda artışa, trafik gecikmelerine, gereksiz yakıt tüketimlerine, trafik kazalarına ve sürücülerin trafik sinyallerini ihlallerine sebep olabilmektedir.

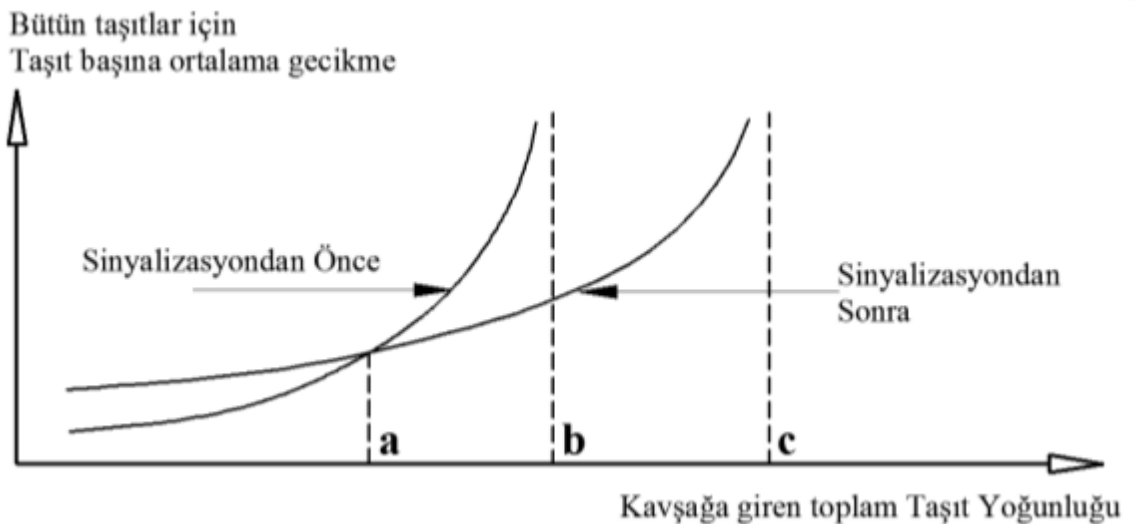


Eğer trafik hacmindeki düşüş veya gelişmelerden dolayı sinyale daha fazla ihtiyaç yoksa sinyal kaldırılmalıdır. Burada sinyal kaldırılırken dikkat edilecek 3 nokta vardır; birincisi sinyalin kaldırmasının kavşak güvenliğine etkileri, ikincisi trafik akımına etkisi ve son olarak da gecikme, yakıt tüketimi ve maliyet üzerine etkileri.

FHWA 191 şehir yol kesişiminde sinyalize kontrolden DUR kontrole çevirmiş ve kaza oranlarında önemli bir değişiklik olmamıştır. Çalışmalar sinyalize bir kavşağı iki yönlü DUR kontrollü hemzemin kavşağa çevrildiği zaman araç başına gecikmenin 10 sn azaldığını göstermiştir. Her araç için 5-6 sn rölanti gecikmesi azalmış, dur kalk yarıya düşmüş ve yakıt tüketimi azaltılmıştır. Ek olarak elektrik masrafı ve kurulum masrafı elimine edilmiştir. (Bissell vd, 1980)

### 3.2.5. Sinyalizasyonun Gecikme Süresi Üzerine Etkisi

Sinyalize edilen bir kavşağın kapasitesi genellikle yalnız trafik işaretleri ile kontrol edilen aynı geometrideki bir kavşağın kapasitesinden daha yüksektir. Ancak, kavşaktaki toplam trafik yükleri belirli bir mertebeye ulaşmadığı sürece sinyalizasyon tesisi gereksiz gecikmelere neden olur. Bununla beraber aynı kavşakta, sinyalizasyon olmadığı takdirde taşıt yoğunluğu arttıkça gecikmeler de hızlı bir artış gösterirken sinyalizasyon tesisi bulunan bir kavşakta toplam gecikme artışı daha yavaş olacaktır. Şekil 3.2'de ki a noktası sinyalizasyonun yararlı olmaya başladığı toplam taşıt yoğunluğu değerini, b noktası kavşağın normal kapasitesini, c noktası ise sinyalize kavşağın kapasitesini göstermektedir (Ayfer, 1977).



Kaynak: Ayfer M.Ö., (1977). Trafik Sinyalizasyonu. Bayındırlık Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü

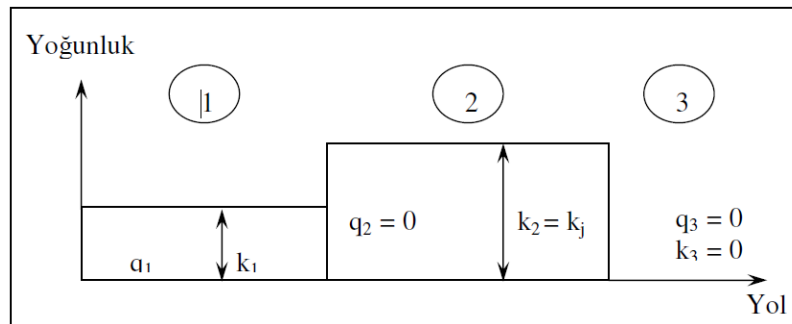
**Şekil 3.2: Sinyalizasyonun gecikmelere etkisi**

### 3.2.6. Yanlış Sinyalizasyonun Kazalar Üzerine Etkisi

Çeşitli ülkelerde yapılan araştırmaların sonucunda, yalnız basit düşey işaretleme ile kontrol edilmekte olan üç ve dört kollu kavşaklarda, sinyalizasyon tesisi kurulduktan sonra taşıtların yayalara çarpması ve diğer taşıtlar ile çarpışması şeklindeki trafik kazalarının yaklaşık yarı yarıya azaldığı görülmüştür. Sinyalizasyonun, birbirine dikey yönde hareket eden taşıtlar arasında oluşan kazaları azaltmasına karşılık, arkadaki taşıtın öndekine çarpması ile oluşan kazalarda artışa neden olduğu da bir gerçektir. Özellikle hız yolları üzerinde kurulan sinyalizasyon tesislerinin yakınlarında, taşıtların sinyalizasyon kavşağına kadar hız düşürmeden seyretmeleri ve kavşağına çok yakın bir noktada aniden duruşa geçmeleri, daha önceden görülmeyen bazı kazaların oluşmasına yol açabilmektedir. Öte yandan, özellikle trafik görgü ve eğitim düzeyinin yeterli olmadığı ülkelerde, sürücülerin dikkatsizliği veya trafik kural ve işaretlerine uymamalarından ötürü sinyalizasyon kavşaklarda kazalara neden olmaları, kurulmuş bulunan tesisin başarılı olmadığını kanısını da oluşturabilmektedir. Kısaca, sinyalizasyon tesisinin kurulduğu noktada kazaların büyük oranda azalması beklenmelidir, ancak bunda taşıt sürücülerinin davranışlarının da büyük ölçüde etkisi vardır (Ayfer, 1977).

### 3.3. SİNYALİZE KAVŞAKLARDA TRAFİK YOĞUNLUĞUNUN DEĞİŞİMİ

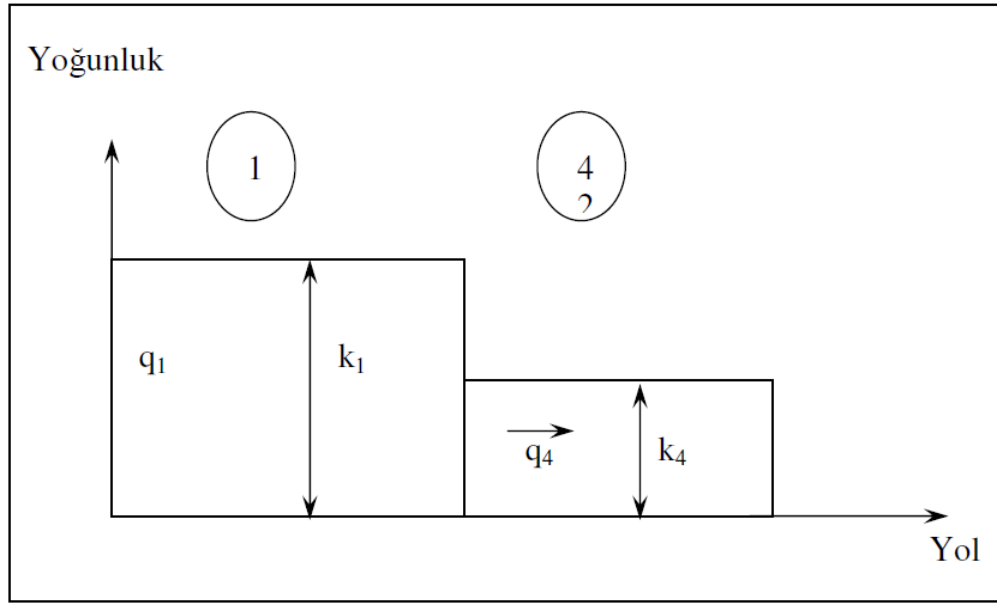
Bir sinyalizasyon kavşakta, kırmızı ışıkta durmakta olan bir trafik akımı, yeşil ışıkla birlikte harekete geçmeden hemen önce, dur çizgisinin gerisindeki ve ilerisindeki akım-yoğunluk durumu şekil 3.3’de gösterilmiştir (Huber 1982, pp.437-469).



Kaynak: Çalışkanelli, P., 2006. Yakın Mesafeli Sinyalizasyon Kavşaklarıyla Kontrolsüz Kavşak Etkileşimleri. *Yüksek Lisans Tezi*. Dokuz Eylül Üniversitesi FBE

**Şekil 3.3: Duran trafik akımına ait akım-yoğunluk durumu (Huber,1982)**

Başlangıçta, trafik akımının durduğu kesitten sonra  $q_3$ ,  $k_3$  akım durumu, kesit arkasında  $q_2$ ,  $k_2$  akım durumu ve ona yaklaşip kuyruğa giren  $q_1$ ,  $k_1$  akım durumu vardır. 2 durumunda trafik akımı dur çizgisinin gerisinde tıkanma yoğunluğunda bulunmaktadır ve trafik hacmi sıfırdır. 3 durumunda ise kavşağın ileri kesimlerinde hiç taşıt bulunmadığından hacim ve yoğunluk sıfırdır. Taşıtların kavşaktan ayrılmalarıyla birlikte, 3 durumunda sıfır olan trafik hacmi ve yoğunluğu artar ve 4 akım-yoğunluk durumu meydana gelir. (Huber 1982)



Kaynak: Çalışkanelli, P., 2006. Yakın Mesafeli Sinyalize Kavşaklarla Kontrolsüz Kavşak Etkileşimleri. *Yüksek Lisans Tezi*. Dokuz Eylül Üniversitesi FBE

**Şekil 3.4: İlk harekete başlayan trafik akımına ait akım-yoğunluk durumu (Huber 1982)**

## 4. DÖNEL KAVŞAKLAR

Tanım olarak dönel kavşak, merkezi bir trafik adası etrafında trafiğin saat yönünün tersine (eğer trafik sağdan akıyorsa) veya saat yönünde (eğer trafik soldan akıyorsa) hareket ettiği, yönlendirilmiş kavşaklardır (Janssens, 1994).

### 4.1. DÖNEL KAVŞAKLARIN ÖZELLİKLERİ

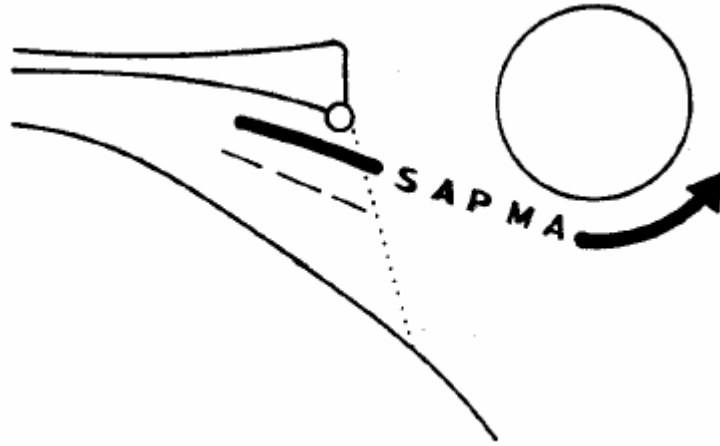
Günümüzde İngiltere, Avustralya gibi trafiğin soldan aktığı ülkelerde de yol güvenliği ve kapasite açısından yeni tip dönel kavşaklar tesis edilmektedir. Yeni tip dönel kavşakların sinyalizasyon kavşaklara tercih edilme nedeni olarak:

- Zorunlu yavaşlama sebebiyle kazalarda sayısal olarak ve ayrıca şiddet olarak fark edilir azalma;
- Kavşaklardan geçişte beklemenin azalması;
- Yaya geçiş imkanlarının sağlanması;
- Işıklı sinyal tesislerine ihtiyaç duyulmaması;
- Yapım, bakım ve kontrol masraflarının büyük oranda azalması;
- Yüksek araç kapasitesi ile yüksek sayıda bisiklet ve motosikletin de geçmesine olanak tanınması; gösterilebilir (Oustron ve Bared, 1995).

Bu kavşakların en önemli özelliklerinden biri, kavşağa girişte araçların yavaşlamaya veya durmaya mecbur edilmeleri ve kavşağa ana akım içinde buldukları bir aralıkta girmeleridir ki; bu “girişte-yol verme” olarak adlandırılmıştır. Yeni tip dönel kavşağı diğer kavşaklardan ayıran en önemli hususlardan biri de, araç güzergahının saptırılması (Şekil 4.1), dur işaretlerinin etkin olarak kullanımının sağlanmaya çalışılması ve kavşağa giriş kısımlarında şerit sayısının arttırılmasıdır (Şekil 4.2). Yeni tip kavşakların diğer özelliklerinden bazıları; her yönde ayırıcı trafik adalarının kullanılabilmesi; iyi görüş mesafesi; iyi işaretleme; dönel kavşak içerisinde yaya

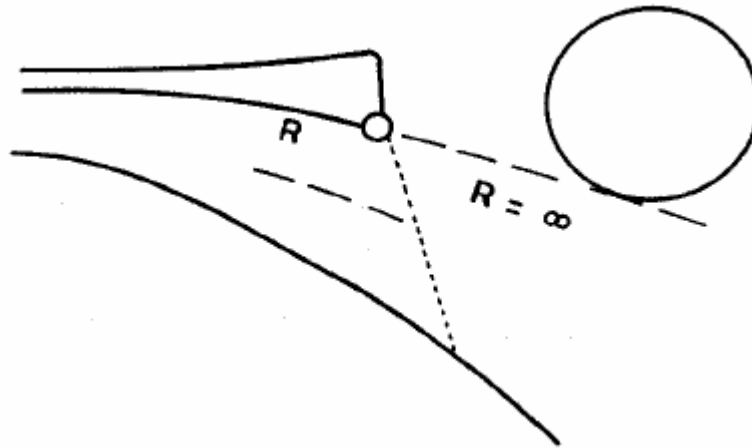
yollarının bulunmayışı; yaya geçitlerinin bulunduğu yaklaşımlarda “dur” işaretlerinin bulunması; dönel kavşak içerisinde park yapılmasının yasak olmasıdır.

Dönel kavşakların ada yarıçapları minimum 5 m olarak alınmaktadır. Kavşak kapasitesi hesaplarında ise genellikle dönel kavşağın, ada ve dönüş şeritlerini de içeren çap değerleri kullanılmaktadır.



Kaynak: Tanyel, S., 2001. Türkiye’deki Dönel Kavşaklar İçin Kapasite Hesap Yöntemi. *Doktora Tezi*. İstanbul Teknik Üniversitesi FBE

**Şekil 4.1: Dönel kavşak girişinde araç yönünün saptırılması**



Kaynak: Tanyel, S., 2001. Türkiye’deki Dönel Kavşaklar İçin Kapasite Hesap Yöntemi. *Doktora Tezi*. İstanbul Teknik Üniversitesi FBE

**Şekil 4.2: Dönel kavşak girişinde şerit sayısının ve genişliğin artırılması (Oustron ve Bared, 1995)**

## 4.2. DÖNEL KAVŞAKLARIN UYGULANMASINI GEREKTİREN KOŞULLAR

Dönel kavşak uygulamaları aşağıdaki koşullarda uygun sonuçlar vermektedir:

- İş merkezi olmayan yerleşim bölgelerinde;
- Kavşağa dörtten fazla kolun bağlanması durumunda ( Bu tip kavşaklarda sinyalizasyon sistemlerinin hazırlanması çeşitli zorluklar doğurmaktadır);
- Zonlar arası geçiş noktalarının düzenlenmesinde;
- Anayollardaki hızların düşürülmesinde;
- Kazalar açısından “kara nokta“ olarak belirlenmiş bölgelerde;
- Günlük veya mevsimlik trafik değişikliklerinin sık görüldüğü kavşaklarda;
- Sola veya sağa dönüş hacimlerinin yüksek olduğu kesimlerde (özellikle çevre yolu bağlantılarında daha etkin rol oynamaktadır);
- Anayol üzerinde araç hacminin saatte 5000 aracı geçtiği kavşaklarda\*;
- Çevre düzenlemelerinde (Oustron ve Bared, 1995) (Stuwe, 1991, pp. 1-12).

Bu olumlu yanlarına karşın dönel kavşakların aşağıda belirtilen durumlarda uygulamaları uygun olmayabilir:

- Yüksek eğimlerde;
- İki şeritli girişlerde fazla sayıda yaya trafiği olduğu bölgelerde
- Ana yolla tali yol arasında trafik yoğunluğu açısından büyük bir dengesizlik varsa (Özellikle doğru geçiş yapan araç sayısı çok fazla ise, tali yollardan gelen araçlar yeterli aralık bulamadıkları için bu kavşaklarda bir yönün sinyalizasyonu edilmesi yoluna gidilmesi üzerinde çalışmalar yapılmaktadır);
- Yeşil dalga ile projelendirilmiş hatlar üzerinde;
- Yüksek sayıda ağır araç ve toplu taşıma araçlarının bulunduğu kesimlerde;
- Dönel kavşağa yakın sinyalizasyon kavşak bulunması
- Dönel kavşak içerisinde parketmeye yönelten alışveriş merkezleri veya dükkanlar bulunması( Oustron ve Bared, 1995) (Stuwe 1991, pp. 1-12. ) (Seim,1991, pp. 270-281)

### 4.3. TRAFİK KAZALARI VE DÖNEL KAVŞAKLAR

Ülkemizde olduğu gibi dünyada da trafik kazalarının azaltılmasına çalışılmaktadır. Bu yönde atılmış olan en önemli adımlardan biri de dönel kavşak uygulamalarının çoğaltılması olmuştur. Burada amaç, yol geometrik elemanlarında yapılan iyileştirmelerle, sürücülerin hızlarının yavaşlatılması ve trafik kurallarına uymalarının sağlanmasıdır.

Avrupa’da dönel kavşaklara geçilmesinden itibaren, dönel kavşaklar, yol güvenliği açısından incelenmektedir. Bu incelemeler ışığında, aşağıdaki sonuçların elde edildiği görülmüştür:

- Norveç’te, mevcut sinyalize kavşakların dönel kavşağa dönüştürülmesi sonucunda, kavşak kaza oranlarının bir milyon araçta 3 kollu kavşaklarda, 0.05 ‘ten 0.03’ e, 4 kollu kavşaklarda 0.10’ dan 0.05’ e düştüğü saptanmıştır (Seim 1991. pp. 270-281 )
- İsviçre’ de yapılan benzer bir çalışma sonucunda, kaza sayısının ayda 0.65’ ten 0.45’ e ve yaralanma veya ölüm sayısının da ayda 0.13’ ten 0.08’ e düştüğü gözlenmiştir (Simon, M., 1991. pp.41-52)
- Almanya’ da yapılan çalışmalarda ise bir milyon araçtaki kaza sayısı eski tip dönel kavşaklarda 6.58, sinyalize kavşaklarda 3.35, yeni tip küçük dönel kavşaklarda ise 1.24 olduğu tespit edilmiştir.
- Fransa’ da yapılan çalışmalar ise, sinyalize kavşaklardaki kaza oranı yılda kavşak başına 0.64 iken bu kavşaklar dönel kavşak olarak hizmet vermeye başladıkları tarihten itibaren, bu oranın 0.33’ e düştüğü belirlenmiştir. Yaralanmalı ve/veya ölümlü kaza oranı ise yılda kavşak başına 0.14’ ten 0.089’ a düşmüştür (Alphand, F., Noelle, U. and Guichet, B., 1991., pp.107-125)

Yukarıdan da görüldüğü üzere, dönel kavşaklar, kaza istatistikleri açısından, sinyalize kavşaklardan daha iyi sonuçlar vermektedir. Dönel kavşaklarda oluşan kazaların büyük bir kısmı girişlerde “dur” kuralına uyulmaması sebebiyle gerçekleşmektedir. Dönel kavşakların güvenirliliği, kavşağa giriş sırasında sürücülerin yavaşlamalarından

kaynaklanmaktadır. Bu tip kavşaklarda özellikle yaralanma ve ölümlerle sonuçlanan kazaların sayısı, eskiye oranla çok daha düşük olmaktadır.

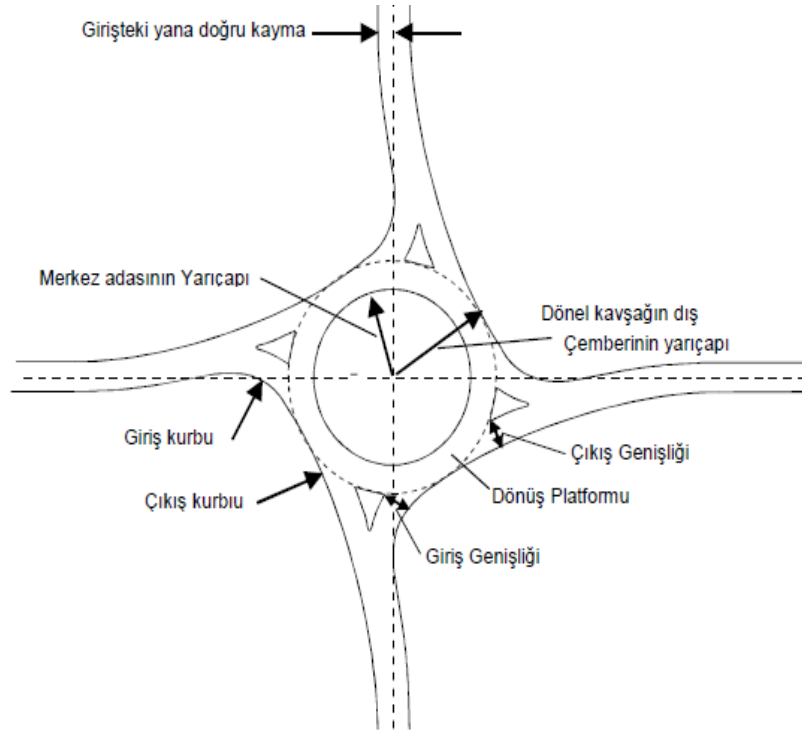
#### **4.4. DÖNEL KAVŞAKLARIN GEOMETRİK ÖZELLİKLERİ**

Dönel kavşakların geometrik özellikleri, kavşak performansı üzerinde önemli rol oynamaktadır. Kavşağın iyi projelendirilmesi durumunda, sadece kapasite değil, kavşak güvenliğinde de bir artış görülecektir. Dönel kavşakların projelendirilmesinde dikkate alınacak ana elemanlar şu şekilde sıralanabilir:

- a) Proje tip aracı ve hızı
- b) Görüş uzunluğu
- c) Sapma derecesi (deflection)
- d) Orta ada çapı
- e) Dönüş şeridi genişliği
- f) Giriş ve çıkış şeritleri
- g) Ayırıcı ada
- h) Kaplama işaretleri, işaretleme ve aydınlatma
- i) Çevre düzenlemesi

Şekil 4.3 .'de, geometrik elemanlardan bazıları gösterilmektedir.





Kaynak: Tanyel, S., 2001. Türkiye’deki Dönel Kavşaklar İçin Kapasite Hesap Yöntemi. *Doktora Tezi*. İstanbul Teknik Üniversitesi FBE

**Şekil 4.3: Dönel kavşaklarda dikkate alınan geometrik elemanlar (Taekratok, 1998)**

#### 4.4.1. Proje Tip Aracı ve Hızı

Dönel kavşaklar, kavşağı kullanması muhtemel en büyük aracın kavşağa giriş, kavşaktan çıkış ve kavşak içinde dönüş manevralarını yapabilmesi için yeterli geometrik özelliklere sahip olmalıdır. Kamyon apronları gibi özel çözümlerle, itfaiye ve/veya ambulans gibi araçlar için özel uygulamaların yapılması öngörülebilir.

Dönel kavşakların tercih edilmelerinin en önemli sebeplerinden biri, kaza oranlarında ve özellikle ölümlü veya yaralanmalı kazalarda büyük düşüş görülmesidir. Bunun sağlanabilmesi ise ancak araçların, düşük hızlarla kavşağa girmeleri ve kavşak içinde düşük hızlarla hareket etmelerinin mecbur edilmesiyle mümkün olabilir (Taekratok, 1998). Yapılan çalışmalar, dönel kavşakların işletim hızlarının 40-50 km/sa olduğunu göstermiştir. Ancak özellikle kavşak girişlerinde, kavşağa giren araçların hızlarının 30 km/sa'e kadar düştüğü gözlemlenmiştir.

#### **4.4.2. Görüş Mesafesi**

Yeterli görüş mesafesinin sağlanabilmesi için, aşağıdaki iki hususun dikkate alınması gerekmektedir:

- Kavşak yaklaşımları, kavşağa gelen sürücülerin ayırıcı ada, orta ada ve dönüş şeritlerinin rahatça görebilmelerini sağlayacak şekilde projelendirilmesi gerekmektedir.
- Duruş çizgisinde bekleyen bir sürücü, kendinden bir önceki yaklaşımdan giriş yapan araçların girişlerini, en azından kritik aralık değeri kadar bir seyir süresi uzaklıktan rahatça görebilmelidir. 50 km/sa seyir hızı ve 70 m uzaklık, düşük dönüş akımına sahip kavşaklar için yeterli olmaktadır (Taekratok 1998). Daha yoğun kavşaklarda, 4 saniyelik kritik aralık kabulüne göre yapılan projelendirmeler, yeterli olmaktadır.

#### **4.4.3. Sapma Derecesi**

Dönel kavşakların projelendirilmesinde dikkate alınması gereken en önemli hususlardan biri de, araçların yönlerinin girişlerde, çıkışlarda ve doğru geçişlerde saptırılmasıdır. Yeterli derecede yapılan saptırmalar, kavşak güvenliğinin artmasını da sağlamaktadır (Taekratok 1998). Kavşak girişlerinde ve doğru geçişlerde yapılan saptırma, kavşak içinde istenen işletme hızlarının da elde edilmesinde büyük yarar sağlamaktadır.

#### **4.4.4. Orta Ada Çapı**

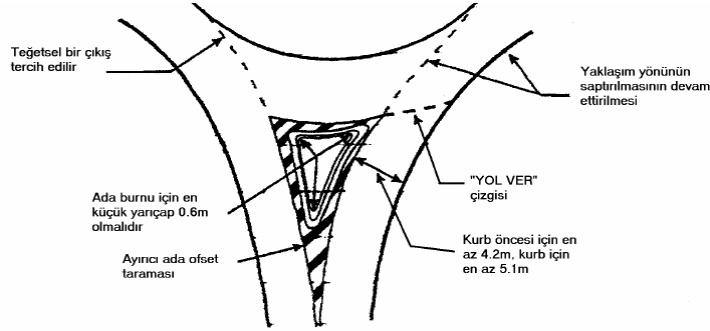
Orta ada, genelde üzerinden araçların geçemeyeceği, etrafında dönmeleri gereken kısımdır. Ancak özellikle küçük kavşaklarda, ağır araçların hareketlerini kolaylaştırmak amacıyla, orta ada etrafında kamyon apronu adı verilen, üzeri pürüzlü bir kısım teşkil edilebilir (Richter ve Hüsken 1995). Orta adalar, mevcut alana bağlı olarak, etrafından dönülebilecek ve doğru geçiş yapan araçları saptırabilecek kadar büyük projelendirilmelidir.

#### 4.4.5. Dönüş Şeridi Genişliği

Dönüş şeridi genişliği, düzgün bir hareket sağlanabilmesi için, giriş ve çıkış şeritlerinin genişliği ve sayısı ile, kavşağın genel durumuna bağlı olarak değişir (Taekratok 1998). Genelde yapılan kabul, maksimum giriş genişliğinin "1" veya "1,2" katı olarak seçilmesidir. Çeşitli ülkelerde iki veya üç dönüş şeritli dönel kavşaklara rastlanılmasına rağmen, özellikle Almanya'da tek şeritli dönel kavşakların projelendirilmesi son yıllarda tercih edilmektedir (Richter ve Hüsken 1995).

#### 4.4.6. Giriş ve Çıkış Şeritleri

Giriş ve çıkış şeritlerinin projelendirilmesi, özellikle kavşak kapasitesi açısından büyük önem taşımaktadır. Giriş şeritlerinin, araçların yanyoldan girerken yavaşlamalarını; çıkış şeritlerinin ise, araçların kavşağı en kısa sürede terk etmelerini sağlayacak şekilde düzenlenmesi gerekmektedir. Örnek bir yaklaşım planı, Şekil 4.4.'de verilmektedir.



Kaynak: Tanyel, S., 2001. Türkiye'deki Dönel Kavşaklar İçin Kapasite Hesap Yöntemi. *Doktora Tezi*. İstanbul Teknik Üniversitesi FBE

**Şekil 4.4: Dönel kavşak yaklaşımı (Taekratok 1998)**

#### 4.4.7. Ayırıcı Ada

Ayırıcı adaların, iyi bir kavşak görüşü, girişte hızı azaltıcı ve azalan ivme için güvenli bir alan sağlaması gerekir (Taekratok 1998). Ayırıcı adaların işlevleri, şu şekilde sıralanabilir:

- Giriş akımını fiziksel olarak ayırmak, böylece yanlış yön hareketlerini engellemek;
- Giriş ve çıkışlarda yapılan sapmaların kontrol edilmesi;

- Yayılar için sığınma alanının sağlanması ve işaretlerin konulacağı bir yerin oluşturulması.

#### **4.4.8. Kavşak Aydınlatma ve evre Düzenlemesi**

Dönel kavşaklarda görülen en belirgin özellik, yanyoldan kavşağa girmeye çalışan sürücülerin, dönüş akımındaki araçlara yol vermeleri, akım içinde buldukları uygun aralıklarda kavşağa girerek; dönüş hareketinde bulunan araçları engellememeleridir. Bu amaçla, kavşak girişlerinde sürücülerin rahatça görebilecekleri yerlere "Yol Ver" işaretlerinin konulması ve kaplama üzerine de bekleme hattını belirten çizgilerin çizilmesi büyük önem taşımaktadır.

Aydınlatma, sürücüler için gündüz saatlerinde sağlanan görüş mesafesini verecek Şekilde yapılmalıdır. İyi projelendirilmiş bir aydınlatma, akşam saatlerinde kavşak güvenliğinin en önemli unsurunu teşkil etmektedir. Dönel kavşaklarda, özellikle orta adada yapılacak yeşillendirme alışmaları, Kavşağın bulunduğu bölgenin grnşinde de belirgin bir iyileşme sağlayabilir.

Fakat aşağıdaki hususlara dikkat edilmemesi durumunda, kavşak güvenliği ve kapasitesinde önemli düşüşler görülebilir:

- Minimum durma ve görüş mesafeleri sağlanmalıdır.
- Yayıların, orta adaya geçişleri engellenmelidir.
- Gereкли minimum yatay açıklık ve yatay alan Şartları sağlanmalıdır.

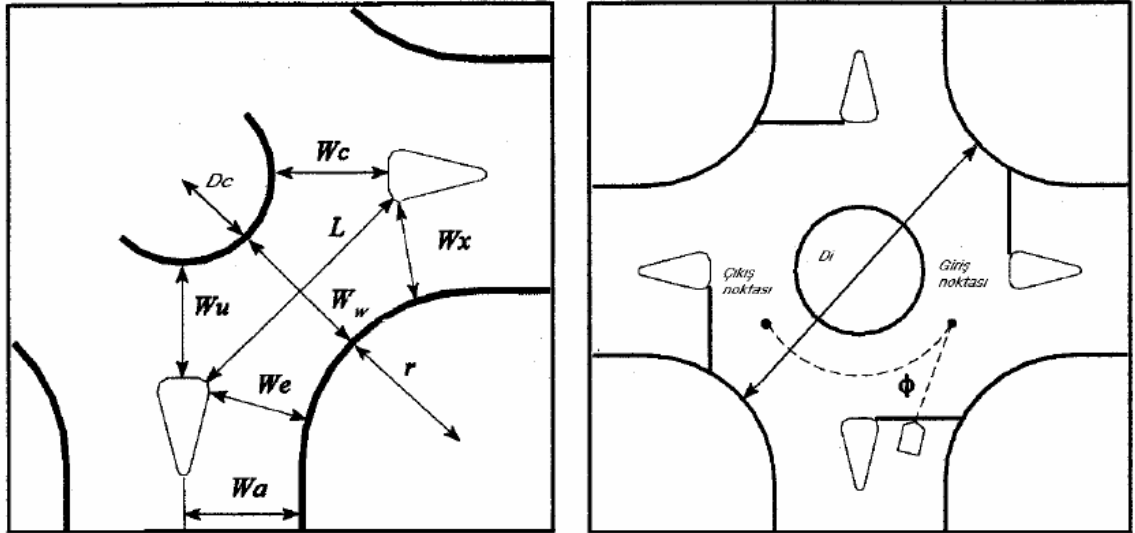
#### **4.5. DÖNEL KAVŞAKLARIN KAPASİTELERİNE ETKİYEN DEĞİŞKENLER**

Bir kapasite modelinin geliştirilmesindeki en önemli unsurlardan biri, modelde kullanılacak veya dikkate alınacak parametrelerin belirlenmesidir. Her ne kadar dönel kavşaklarda değişik model geliştirme yöntemi uygulansa da, aynı yöntemle geliştirilen modellerin dikkate aldıkları parametreler arasında da bazı farklılıklar görülebilmektedir.

Bunun esas nedeni olarak, farklı ülkelerde, farklı sürücü davranışlarının görülmesi gösterilebilir. Bu bölümde, geliştirilmesi düşünülen Dönel Kavşak Kapasite Modeli için kullanılacak parametreler üzerinde durulacaktır.

#### 4.5.1. Geometrik Parametreler

Yukarıda, farklı modellerde farklı parametrelerin dikkate alındığı belirtilmişti. Tablo 4.1'de, farklı kapasite modellerinde farklı geometrik parametrelerin önem ve kullanım dereceleri görülmektedir. Çizelgede parametrelerin önemi ve kullanım derecesi çok önemli (3)' ten önemsiz (1)' e kadar değişmektedir. Eğer modelde parametre ile ilgili bazı özel sınırlamalar yapılmışsa, "R" ile gösterilmiştir. Tablo 4.1'de verilmiş olan değerlerden girişte genişlemenin keskinlik derecesi (S), yaklaşım genişliği, giriş genişliği ve giriş uzunluğu gibi birden fazla parametreye bağlı olarak belirlenen, kompozit bir değişkendir. Bunun yanı sıra, kavşak çapı ile giriş ve çıkış noktaları arasındaki uzaklık gibi, birçok parametre birbirleriyle ilişkilidir (Hagring 1996a). Geometrik parametrelerin bazıları, şekil 4.5'de görülmektedir.



Kaynak: Tanyel, S., 2001. Türkiye'deki Dönel Kavşaklar İçin Kapasite Hesap Yöntemi. *Doktora Tezi*. İstanbul Teknik Üniversitesi FBE

**Şekil 4.5: Kullanılan geometrik parametrelerin gösterimi (Hagring, 1996a)**

**Tablo 4.1: Değişik modeller için parametrelerin kullanım ve önem dereceleri (Hagring, 1996)**

Model	$w_e$ $N_e$	$w_a$	$L$	$S$	$D_c$	$\phi$	$w_s$	$D_i$	$w_w N_c$	$w_c w_x$	$L$	$d_c$
CAPCAL	3					3			3	2	3	
Avustralya	3							3	3			
TRRL	3	3	2	3	1	1		2				
Norveç	3	3	2	3	R			R				
Fransız	3						2	3	3			
İsviçre 1	3							R	3			
İsviçre 2	3							2	3			2
Alman	3								3			2

Kaynak: Tanyel, S., 2001. Türkiye'deki Dönel Kavşaklar İçin Kapasite HesapYöntemi. *Doktora Tezi*. İstanbul Teknik Üniversitesi FBE

Tablodaki parametreler sırasıyla:

$w_e$  : Giriş genişliği,

$N_e$  : Giriş şeridi sayısı,

$w_a$  : Yaklaşımın genişliği,

$L$  : Girişin uzunluğu,

$S$  : Girişte genişlemenin keskinlik derecesi,

$D_c$  : Dönüş yarıçapı,

$f$  : Kesişme açısı,

$w_s$  : Giriş kolundaki ayırıcı ada genişliği,

$D_i$  : Kavşak çapı,

$w_w$  : Örüme alanının genişliği,

$w_c$  : Dönüş alanının genişliği,

$N_c$  : Dönüş şeridi sayısı,

$w_x$  : Çıkış genişliği,

$L$  : Örüme alanının uzunluğu,

$d_c$  : Giriş ve çıkış noktaları arasındaki uzaklık,

olarak ifade edilmektedir.

Tablodan da görülebildiği gibi, bütün geometrik değişkenlerin kullanıldığı bir model mevcut değildir. En fazla değişkenin dikkate alındığı model olarak Transport and Road Research Laboratory TRRL (İngiliz) Modeli gösterilebilir. Aşağıda bazı geometrik parametreler detaylı olarak tartışılmış ve Türkiye' de kullanılabilecek bir model için dikkate alınacak parametreler belirlenmeye çalışılmıştır.

#### **4.5.1.1. Yaklaşım genişliği, giriş genişliği ve giriş şeridi sayısı**

Giriş genişliği ve giriş şeridi sayısı, bütün modeller tarafından kullanılan ve en önemli geometrik parametreler olarak kabul edilebilecek değişkenlerdir. Şerit sayısı arttıkça, kavşağa giren araçların sayısının, dolayısıyla kapasitenin de artacağı düşünülmektedir. İsveç Kapasite Analiz Modelinde (CAPCAL) her şeridin, diğer şeritlere eşdeğer bir kapasite artışı getireceği öngörülmektedir. Buna benzer bir yaklaşım, TRRL modelinde de göze çarpmaktadır. Diğer modellerde ise bu artış çok daha azdır (Hagring, 1996a).

Türkiye' de yapılan incelemelerde, şerit sayısındaki artışın, kapasiteyi arttırdığı görülmektedir. Ancak bu artış, giren ve dönen akımın araç kompozisyonuna, sürücü davranışına ve diğer geometrik parametrelere bağlı olarak değiştiği söylenebilir.

Çok az durumda kavşak girişinde yolun genişletildiği gözlenmiştir. Bunun sonucu olarak, kısa sağa dönüş şeritleri ile bir adayla ayrılmış sağa dönüşlerin de dönel kavşaklarda sık tercih edilen durumlar olmadığı, özellikle ikinci tip dönüşlerin çoğunlukla sinyalizasyonla edilmiş dönel kavşaklarda kullanıldığı ortaya çıkmaktadır.

#### **4.5.1.2. Girişte genişlemenin keskinlik derecesi**

Bu parametre, giriş ve yaklaşım genişliğiyle doğrudan ilgilidir. Ayrıca kısa dönüş şeritleri için bir ölçüt oluşturmaktadır. Bu parametrenin TRRL ve Norveç Modellerinde kullanıldığı Tablo 4.1'de görülmektedir. Her iki modelde de büyük önem taşıdığı görülmektedir. Diğer modellerde ise dikkate alınmayan bir parametredir.

#### **4.5.1.3. Karışıklık (ayrılma ve kesişme) noktaları arasındaki mesafe**

İsviçre Bovy Modeli gibi bazı modeller, çıkan akımın da giren akım kapasitesinde belirli bir etkisi olduğunu göz önüne almaktadır. (Simon, 1991) Bunun sebebi olarak kavşağa girmek isteyen sürücünün, aynı koldan çıkan bir aracın yoluna devam edip etmeyeceği konusunda tereddüte düşmesidir. Bu büyük oranda, ayırıcı ada genişliğinin büyüklüğüne ve kavşağın dıştan dışa çapına (inscribed diameter) bağlıdır. Avustralya'da yapılan incelemelerde, ilk kapasite modellerinde aynı koldan çıkan araçların görünür bir etkileri olmadığı ve ihmal edilebileceği belirtilmiştir.(Troutbeck, 1991) Ancak Akçelik (1998), az da olsa, çıkan araç etkisinin incelenmesi gerektiği görüşündedir.

Türkiye' de sürücü davranışları dikkate alındığında bir kavşaktan çıkan araçların, aynı koldan giren araç kapasitesi üzerinde fazla etkisi olmadığı düşünülebilir. Ancak yapılan gözlemlerde, iki nokta arasındaki mesafe ve dıştan dışa çap değerlerinin yanı sıra, dönüş alanı genişliği ve dönüş şeridi sayısı ile, akımlar arasındaki kesişme açısıyla da ilişkili olabileceği görülmüştür.

#### **4.5.1.4. Kavşağın dıştan dışa çapı**

Kavşağın dıştan dışa çapına, birçok model tarafından büyük önem verilmiştir. Özellikle giren ve çıkan arasındaki etkileşimlerin yanı sıra, kavşak içinde meydana gelebilecek kuyruk oluşumunun da dikkate alınması açısından büyük önem taşımaktadır. Burada belirtilmesi gereken önemli bir nokta, kavşağın dıştan dışa çapı yerine sadece orta ada çapının da dikkate alınıp alınmayacağıdır. İsveç yönteminde, dıştan dışa çap değerine hiç yer verilmemiştir. Orta ada çapının büyük olması, kavşağa giren araçların yönünün saptırılması açısından önem taşımaktadır. Yönü saptırılan araçlarla dönen ana akım içindeki araçların kesişme açısı küçülmekte, dolayısıyla dönüş şeridi genişliğinin dar olduğu durumlarda, kavşağa bağlanan yaklaşımın kapasitesi de düşmektedir. Kritik aralık kabulü değeri normal şartlarda büyümektedir. Fakat, bu şekilde bir uygulama, zaten çok sık görülen sürücülerin kavşağa girmek için ana akımı durmaya veya yavaşlamaya zorlaması durumu daha da artabilir. Bu tip yaklaşım kollarında, çıkan araçların da etkisi incelenmelidir.



#### 4.5.1.5. Dönüş şeridi sayısı ve örülme alanının genişliği

Her ne kadar aynı şeyi ifade etmeseler de bu iki parametre, birbirleriyle yakından ilişkilidir. Özellikle akımların kesişmesi veya birleşmesi açısından büyük önem taşımaktadırlar. Örülme Alanının dar olması, bir sonraki kavşaktan çıkan araçların kavşağa girmeye çalışan araçlara bir engel teşkil etmesine yol açabilir. Ayrıca dönüş şeridi ve sayısı incelendiğine, şu şekilde bir tabloyla karşılaşılmaktadır:

- Kavşaklarda dönüş şeridi sayısı, giriş şeridi sayısından daha fazla olduğu durumlarda, araçlar giriş şeridi sayısına bağlı olarak hareket etmektedirler. (Örneğin; incelenen kavşaklarda üç dönüş şeridi ve iki giriş şeridi bulunmaktadır. Fakat araçların büyük bir kısmı iki şerit halinde hareketlerine devam etmektedirler.)
- Kavşağın dıştan dışa çapı büyük olsa bile orta adanın küçük olması, giren araçların yönlerinin fazla saptırılmaması sonucunu doğurmaktadır.
- İlk madde de göz önünde bulundurularak, dönüş şeridi genişliğinin fazla olması, kavşağa giren akım içerisinde sağa dönüş yapan araçların, kavşağa dönen akıma paralel olarak girmeleri mümkün olmaktadır.

#### 4.5.1.6. Kesişme açısı

Kesişme açısı, CAPCAL yönteminde büyük önem taşımaya rağmen, TRRL yönteminde çok az bir etkiye sahiptir. Diğer yöntemlerde ise hiç dikkate alınmamaktadır. Bu, kesişme açısının önemli bir parametre olmadığı sonucunu doğurabilir. Ancak özellikle Türkiye'de, dönen akımın büyük bir oranının kapasite incelemesi yapılan yaklaşımdan hemen sonraki kavşaktan çıkmak istemesi, giren akımın büyük bir kısmının ise sola veya doğru geçiş yapmak istemeleri, orta ada çapı da giren araçların yönünü saptırmaya yetmeyecek derecede küçük olması gibi durumlarda, bu açının önemi artmaktadır. Kesişme açısı 90°'ye yaklaştıkça, sürücülerin ana akım içerisinde kabul ettikleri aralık de\_eri küçülmekte, daha doğru bir deyişle ana akımı geçiş için zorlamaya (gap forcing) bağlamaktadır. Bu ise "priority sharing" adı verilen, geçiş hakkı paylaşımı durumunu ortaya çıkarmaktadır.

#### **4.5.1.7. Giriş kolundaki ayırıcı ada genişliği**

Bu parametre sadece Fransız yöntemlerinde dikkate alınmaktadır. Aynı koldan çıkan akımın, giren akım kapasitesi üzerinde etkili olduğu düşünüldüğünde hesaplara katılabilir. Bu durum özel olarak incelendiğinde etki derecesi de belirlenebilir. Bazı dönel kavşaklara bağlanan yaklaşımlarda ayırıcı ada olmaması, bazılarında ise çok değişik geometrik şekillerde görülmesi, Türkiye için önemini azaltmaktadır.

#### **4.5.2. Trafik Akım Parametreleri**

Kritik aralık kabulü yöntemi ile geliştirilmiş olan kapasite analiz yöntemlerinde trafik akımıyla ilgili birçok parametre kullanılmaktadır. Lineer yöntemlerle geliştirilmiş olan yöntemlerde ise birkaç parametre yeterli görülmüştür. Kapasite modellerinde kullanılan trafik akım parametreleri, Tablo 4.2'de görülmektedir.

Tablo 4.2'de verilmiş olan parametreler, trafik akımının tanımlanmasında en önemli olarak kabul edilebilecek parametrelerdir. Hesaplarda kullanılan en önemli iki parametre ise, dönen veya ana akım ile, kavşağa giren akım değerleridir. Özellikle dönen akımın tarifinde bazı zorluklar görülmektedir. Bu tamamen, gözlem yapılan ülkedeki sürücü davranışlarına bağlı bir olgudur. Aşağıda bu değişkenler, ayrı ayrı ele alınarak incelenmeye çalışılacaktır:

**Tablo 4.2 Dönel Kavşak Kapasite Analiz Yöntemlerinde Kullanılan Trafik Akımı Parametreleri (Hagring, 1996a)**

Modeller	Çıkan Akım	Birleşen Akım	Ağır Araç	Yaya Etkisi
CAPCAL		K	K	K
Avustralya			K	
Danimarka			K	K
TRRL			K	K
Norveç			K	
Fransız	K		K	
İsviçre 1			K	
İsviçre 2	K		K	
Alman			K	

Kaynak: Tanyel, S., 2001. Türkiye'deki Dönel Kavşaklar İçin Kapasite Hesap Yöntemi. *Doktora Tezi*. İstanbul Teknik Üniversitesi FBE

Burada "K", parametrenin yöntemde dikkate alındığını göstermektedir.

#### **4.5.2.1. Ana Akım**

Ana akım, dönel kavşakların kapasite analizinde tanımlanmasında en fazla zorluk çekilen parametredir. Bunun sebebi, kendi içinde farklı ve önemli parametreleri de içermesidir. Özellikle birden fazla dönüş şeridinin olduğu durumlarda, bu zorluk kendisini daha da fazla göstermektedir.

Ana akım, yan koldaki sürücü üzerinde etkisi olan akımların toplamı olarak tanımlanabilir (Hagring 1996a). Bu kavram içerisinde birden fazla olgu barındırılabilir. Aynı koldan çıkan araç sayısı, en uzak dönüş şeridindeki araçların, yanyol kapasitesi üzerinde daha az etkisi olması gibi. Sonuç olarak, ana akım tanımlanırken, bütün bu olguların incelenmesi gerekmektedir.

#### **4.5.2.2. Hız**

Araçların hızının da, kavşak kapasitesi üzerinde etkisi olduğu düşünülebilir. Yapılan çalışmalar, "dur" işaretli veya sinyalize olmayan kavşaklarda, ana akım hızının artmasıyla, kritik aralık kabulü değerinin de arttığını göstermiştir. Aynı unsurun, dönel kavşaklar için de geçerli olabileceği göz önüne alınmalıdır. (Hagring, 1996a)

#### **4.5.2.3. Ağır araç oranı**

Ağır araçların hızları, diğer araçlara oranla daha düşük ve hızlanma süreleri ise daha uzundur. Ayrıca fizik olarak daha büyüktürler. Manevra yetenekleri de daha düşüktür. Bu özelliklerinin, bir kavşak kapasitesine olduğu kadar, bütün karayolu ulaşım sistemlerinin kapasiteleri üzerinde de önemli etkileri olduğu bilinen bir gerçektir. Bu nedenle trafik mühendisleri, ağır araçları birim oto cinsinden ifade etmeye ve bu şekilde etkilerine daha somut ve gerçekçi biçimde yaklaşılmaya çalışmışlardır. Genel olarak ağır araçlar (otobüs ve kamyonlar), 3,0 birim otomobil olarak kabul edilmektedirler. Ancak bu değer çeşitli trafik koşullarına ve özellikle yolun boyuna eğim derecesine bağlı olarak değişebileceği de göz önünde tutulmalıdır.

Dönel kavşaklarda ağır araç etkisi, öncelikle kritik aralık kabulü değerlerini belirlenmesinde görülmektedir. Kavşağa girmek isteyen ağır araçlar, ana akım içindeki araçlar arasında daha uzun aralıkları bekleyecekler ve bu şekilde kavşağa girmeye çalışacaklardır. Çalışmada gözlem yapılan kavşaklarda, trafik akımındaki otobüs oranı önemli düzeydedir. Burada sadece otobüsler değil, körukü olarak adlandırılan uzun otobüslerin de geçiş sıklıklarının fazla olması sebebiyle incelenmeleri gerekmektedir. Çalışmada ilk etapta bu tip araçlar, 3,5 birim otomobil olarak kabul edilmiş ve regresyon analizi gibi işlemler bu kabul ışığında yapılmıştır. Ancak özellikle Montrö Kavşağında hem giren hem de ana akım içerisinde ağır araç etkisinin fazla olması, her iki akım içerisindeki ağır araçların da ayrı olarak incelenmeleri gerektiğini doğurmuştur.

#### **4.5.2.4. Yayalar**

Aslında bu başlık altında yayaların yanı sıra, bisiklet ve motosiklet sürücülerinin de inceleme kapsamına alınması gerekmektedir. TRRL yönteminde, bisiklet ve motosiklet trafiğinin yoğun olduğu dönel kavşaklarda ayrı kapasite hesapları önerilmektedir

(Janssens, 1994). Kavşağı kullanan yayalar veya bisiklet ve/veya motosiklet sürücüleri, kavşak içindeki taşıtlar sebebiyle bazı gecikmelere maruz kalacaklardır. Aynı şekilde büyük olasılıkla kavşak kapasitesi de büyük oranda yaya trafiğinden etkilenecektir. Bu sebeple, yaya trafiğinin de mutlak surette bir şekilde hesaplara katılması gerekmektedir. (Statens 1995), CAPCAL yönteminde yayalar ve bisikletler, 0,5 otomobil birimi olarak hesaplara katılmıştır. Alman yönteminde ise, yaya trafiğinin önemli olduğu kavşaklarda, ayrı bir formül öne sürülmüştür. Avustralya SIDRA yönteminde ise, kavşak içinde kavşağa giren akımı kesecek şekilde bir yaya trafiğine izin verilmemektedir.

Çalışmada, gözlem yapılan kavşakların bazı kollarında, yayalar için uyarmalı sinyalizasyon sistemleri kurulmuştur. Bu durum, ayrı bir çalışma konusu olabilecek kadar ayrıntılı incelenmesi gereken bir husustur. Yaya trafiğinin önem taşıdığı kavşaklarda, bu etkinin daha geniş biçimde ele alınması gerekmektedir. Dolayısıyla bu çalışmada yaya faktörü dikkate alınmamıştır.

#### **4.6. DÖNEL KAVŞAKLARIN AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI**

Öncelik kontrollü ve sinyalize kavşaklar ile karşılaştırıldıklarında dönel kavşakların bazı avantajları ve dezavantajları Tablo 4.3 ve Tablo 4.4' de belirtilmiştir.

**Tablo 4.3: Dönel kavşakların öncelik kontrollü ve sinyalize kavşaklar ile karşılaştırıldıklarında dönel kavşakların avantajları**

**Avantajları**

	Öncelik kontrollü kavşaklar	Sinyalize kavşaklar
<u>Güvenlik</u>	Kontrolsüz kavşaklarla karşılaştırıldıklarında çatışma noktalarının sayısı azdır. Düşük hız hem araç araca olan hem de araç yaya arasında olan kazaların meydana gelme sıklığını ve şiddetini azaltır.	
<u>Kapasite</u>	Seyir halindeki trafik <i>durmaktan ziyade yol vermekte</i> , bu da daha küçük zaman aralıklarının kabulü ile sonuçlanmaktadır	Dönel kavşaklar, sinyalize kavşaklardaki zaman kaybının olmaması sebebiyle (kırmızı ve sarı ışıkta), daha yüksek kapasite/şerit imkanı sunabilirler
<u>Gecikme</u>		Genel gecikme muhtemelen eşit hacimli sinyalize kavşaktakinden daha az olacaktır.
<u>Maliyet</u>	Kazaların sayısının ve şiddetinin az olması sebebiyle kaza maliyetleri düşüktür	
	Genel olarak daha az istismak alanına gerek duyulur	Genel olarak bakım maliyetleri dönel kavşaklar için daha düşüktür.
<u>Yayalar/bisikletliler</u>	Düşük seyir hızları yaya-araç kazalarının sıklığını ve şiddetini azaltır.	

Kaynak: Sweroad 2000. *Mevcut Esaslarda Yapılması Önerilen Değişiklikler ve Düzeltmeler*. Haziran 2000.

**Tablo 4.4: Dönel kavşakların öncelik kontrollü ve sinyalize kavşaklar ile karşılaştırıldıklarında dönel kavşakların dezavantajları**

**Dezavantajları**

	Öncelik kontrollü kavşaklar	Sinyalize kavşaklar
<u>Kapasite</u>		Koordine edilen sinyalizasyonlu ağların kullanılması halinde, sinyalize kavşak ağın genel kapasitesini artıracaktır.
<u>Gecikme</u>		Trafik ışıkları çok çarpık trafik dağılımının (bazı girişlerinde çok yüksek diğer bazı girişlerinde ise çok düşük trafik hacimleri olan kavşaklar) olduğu kavşaklarda daha kısa süreli gecikmeler verebilir.
<u>Maliyet</u>	Bazı yerlerde, dönel kavşakların daha fazla aydınlatılmasına gerek vardır.	
<u>Yayalar/bisikletliler</u>	Uzun güzergahlar hem yayalar hem de bisikletliler için katedilen mesafeyi artırır. Yoldan geçmek için zaman aralıkları kollayan yayalar için dönel kavşaklar gecikmeyi artırır.	
		Güvenlik açısından trafiğin durduğu bir faz yoktur.

Kaynak: Sweroad 2000. *Mevcut Esaslarda Yapılması Önerilen Değişiklikler ve Düzeltmeler*. Haziran 2000

## 5. KAVŞAK KAPASİTE ANALİZLERİ

Kavşak kapasitesi, hakim yol, trafik ve kontrol koşulları altında, özel bir zaman periyodu boyunca verilen bir kavşağı kullanabilecek taşıtların maksimum sayısıdır.(Drew 1968) Kavşak kapasite analizi, belirli kabuller temelinde trafik, yol ve kontrol koşulları altındaki bir kavşağı inceler. Bu koşullar kapasiteyi doğrudan etkilediğinden hakim koşulları farklı olan kesimler farklı kapasitelere sahiptir.

### ***Kavşak kapasite analizleri iki durumda yapılır:***

- Mevcut bir kavşağın kollarında ve tüm kavşaktaki hizmet seviyesini belirleyerek halihazırdaki kavşak kapasitesinin mevcut ve/veya gelecekteki trafik hacmine cevap verip vermediğini belirlemek ve eğer istenen hizmet seviyesi sağlanamıyorsa, kapasiteyi artırabilecek çözümler ortaya koymak için,
- Yapılması planlanan bir kavşağın hizmete açılması düşünülen tarih esas alınarak, oluşması muhtemel trafik talepleri çerçevesinde kollarda ve tüm kavşaktaki kapasitesinin belirlenerek, istenen hizmet seviyesi sağlanamamışsa yeni çözüm önerileri sunmak için.

### ***Mevcut kavşaklarda kapasite analizi yapmak için gerekli trafik verileri:***

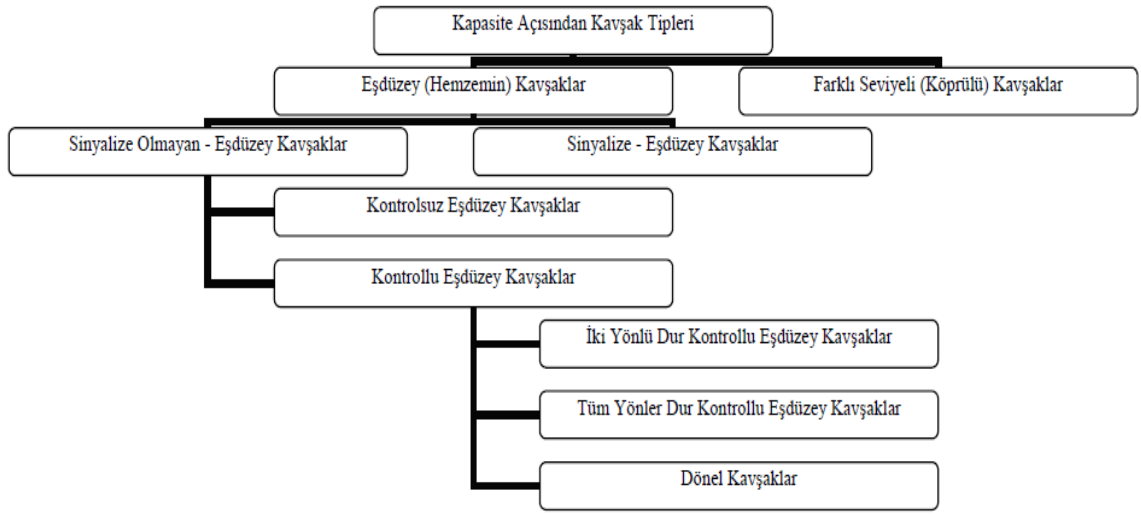
- Kavşak kollarına ait sola, sağa dönüş ve direkt giden trafik hacim değerleri (Taşıt sınıflarına göre YOGT cinsinden)
- Kavşağı kullanan yaya ve bisiklet hacim değerleri
- Kavşak kollarının geometrik özellikleri ve trafik düzenlemeleri (kolların % eğimi, sola dönüş ceplerinin varlığı, sağa dönüşler için genişletmenin varlığı, kollardaki şerit sayısı, ana ve tali yol işaretlemelerinin varlığı)

### ***Planlanan kavşaklarda kavşak tipini belirlemek için yapılacak çalışmalar:***

- Hali hazırda mevcut olmayan ve gelecek yıllarda yapılması planlanan bir kavşağın tipine karar verebilmek için öncelikle yapılması gereken çalışma, Başlangıç - Son (O-D) etütleridir. Böylece oluşması muhtemel trafik talepleri bu

çalışma sonucunda belirlenerek, elde edilen trafik hacimleriyle gerçekleştirilecek kapasite analizleri sonucunda, istenen hizmet seviyesini sağlayan kavşak tipi tespit edilmektedir.

- Diğer taraftan kavşak tipinin tespitinde yegane unsur kapasite değildir. Trafik güvenliği, arazi topografyası, maliyet, imar planları ve kamulaştırma problemleri, yerel talepler, kavşak yapılması düşünülen yörenin tarihi, kültürel ve yerinde yapılacak incelemelerle tespit edilerek değerlendirilmesi gereken etkenlerdir.



Kaynak: Karayolu Tasarımı El Kitabı

### Şekil 5.1: Kapasite Açısından Kavşak Tipleri

Kapasite açısından kavşak tipine (Şekil 5.1) karar verme aşamaları üç adımdan oluşur.

**1. Adım:** Mevcut trafik hacim ve geometrik yol koşulları ile kavşağın kapasitesi

- 2 yönlü dur kontrollü eşdüzey kavşak olarak
- Tüm yönler dur kontrollü eşdüzey kavşak olarak
- Modern dönel kavşak olarak

ayrı ayrı hesaplanmalıdır. Daha sonra taşıt başına en düşük kontrol gecikmesi hangi hemzemin kavşak türünde belirlenmişse o kavşak tipi tercih edilmelidir. Ancak her üç tip içinde istenen hizmet seviyesi sağlanamayıp kavşağın genel hizmet seviyesi  $E/F'$  ye düşmüşse 2. adıma geçilmelidir.

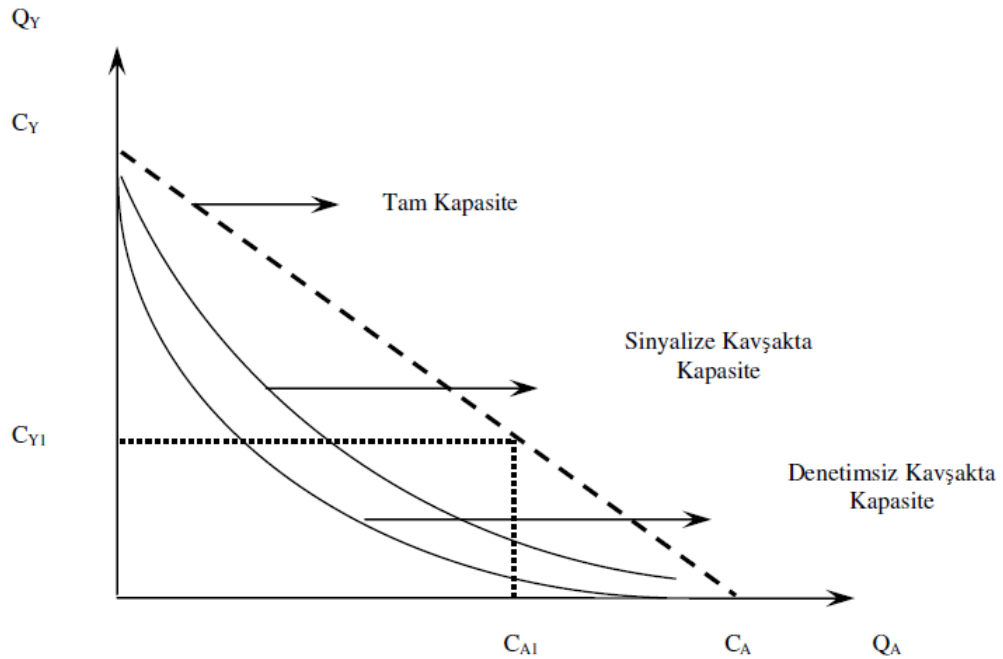


2. **Adım:** Aynı şekilde kavşağın sinyalize (hemzemin) olarak kapasitesi hesaplanır. Hizmet seviyesi istenen düzeyde ise o zaman kavşak sinyalize (hemzemin olarak) inşa edilir. Ancak, hizmet seviyesi E/F düzeyine düşmüşse 3. adıma geçilir.

3. **Adım:** Kavşak farklı seviyeli olarak tasarlanır.

### 5.1 SİNYALİZE KAVŞAKLARDA KAPASİTE ANALİZ YÖNTEMLERİ

Sinyalize kavşaklarda, kırmızı ışıkta taşıtlar biriktirilip, yeşil ışıkta düzenli olarak hareket etmeleri sağlandığı için kapasite kaybı kontrol edilebilir ve kavşak daha fazla kullanılır. Bu da denetimsiz kavşaklara göre %50'lere varan oranda kapasite artışı sağlanmasına neden olur. Kavşak türlerine göre kapasitenin değişimi şekil 5.2' de gösterilmiştir (Gedizlioğlu,2002).



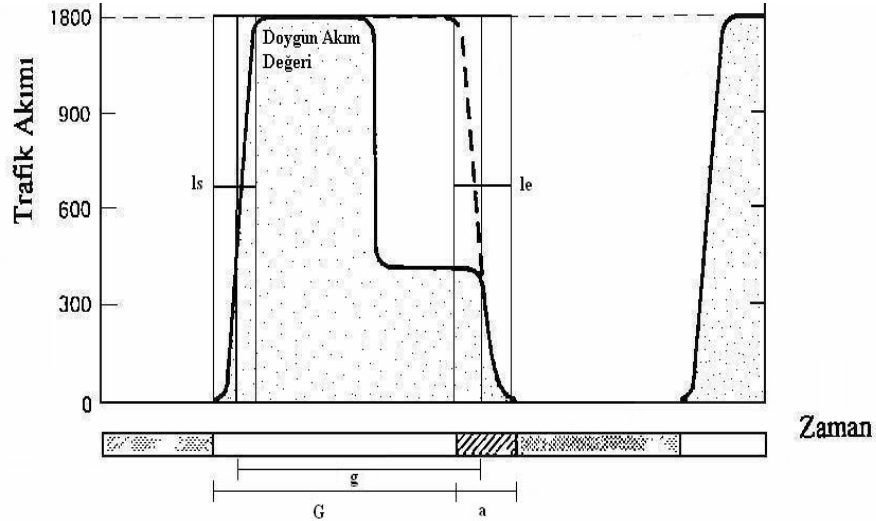
Kaynak: Gedizlioğlu, Ders Notları. 2002

**Şekil 5.2: Kavşaklarda kapasite**

Sinyalize bir kavşakta trafik akım değerinin zaman içerisindeki değişimi ise şekil 5.3'de gösterilmiştir (Gedizlioğlu, 2002). Şekilde, faz süreleri yatay eksen üzerinde, trafik

akım değerleri ise düşey eksen üzerinde gösterilmiştir. Kırmızı sinyalin yandığı süre boyunca, geçişe izin verilmediğinden, araçlar dur çizgisinin gerisinde birikmeye başlarlar ve kuyruk oluşur. Yeşil faza geçildiği zaman, araçlar harekete geçerler ve kuyruk boşalmaya başlar. Araçlar ilk olarak harekete geçtikleri zaman, akımın boşalma değeri en yüksek değerinde bir süre sabit kalır; bu sabit değer doymun akım değeridir. Doymun akım, hâkim yol ve trafik şartlarında, her zaman yeşil sinyalin verildiği ve zaman kaybının olmadığı kabul edilerek, bir kavşak yaklaşımından geçebilecek kuyruklanmış taşıtların, bir saatlik en yüksek akım değeridir (Sönmez 2005, s.10).

Doymun akım değeri, kuyruk eriyene kadar veya sarı sinyal verilene kadar devam edebilir. Eğer kuyruk biterse trafik akım değeri, gelen taşıtların akım değerine düşer. Trafik akımının zaman içerisinde bu değişimi şekil üzerinde dolu çizgiyle gösterilmiştir. Eğer kuyruk bitmezse, sarı faza geçilene kadar, akımın boşalma değeri, doymun akım seviyesinde kalır ve yeşil ışık tümüyle kullanılır. Sarı ışık yandığı zaman trafik akım değeri azalmaya başlar ve kırmızı faza geçildiğinde sıfıra düşer. Bu durum şekil üzerinde kesikli çizgiyle gösterilmiştir. Her devre süresince, gelen trafik akımına bağlı olarak, bu değişim kendini tekrar eder (Sönmez, 2005).



Kaynak: Sönmez. C., 2005. Sinyalize Kavşaklarda Trafik Akımının Modellenmesi. *Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

**Şekil 5.3: Sinyalize bir kavşakta trafik akımının boşalması.**

Şekil 5.3'de taralı alan geçen taşıt sayısını gösterir. Dolu ve kesikli çizgi arasında kalan alan ise eğer kuyruk devam etseydi, geçirilebilecek ek taşıt sayısını gösterir. Taralı

alanın, toplam alana oranı, yeşil süreden yararlanma derecesini gösterir. Kapasiteyi hesaplayabilmek için, doygun akım değerinin ve doygun akım değerine ulaşılan zaman diliminin bilinmesi gerekir.

$$c = s \left( \frac{g}{D} \right) \quad (5.1)$$

c = Kapasite (taşıt/saat)

g = Efektif yeşil süre (saniye)

D = Devre süresi (saniye)

S = Doygun akım değeri (taşıt/saat)

Bilinen bir doygun akım değerinden kapasiteyi hesaplamamanın en zor kısmı, efektif yeşil sürenin tayin edilmesidir. Şekil 5.3'de kesik çizgiyle gösterilen trapezoid alan, doygun akım değeri sabit tutularak (yükseklik), eşdeğer dikdörtgen alana dönüştürülür. Dikdörtgenin taban kenarının uzunluğu, efektif yeşil süreyi verir ( May 1990 ve Webster 1968, s.129). Efektif yeşil süre, sinyal süreleriyle şu bağıntıyla ilişkilendirilir:

$$g = G + a - (s l + e l) \quad (5.2)$$

g = efektif yeşil süre (saniye)

G = gerçek yeşil süre (saniye)

a = sarı süre (saniye)

s l = başlangıç kaybı(saniye)

e l = son kazancı (saniye)

Başlangıç ve son kaybı, genellikle sarı süreye eşittir; dolayısıyla efektif yeşil süre, gerçek yeşil süreye eşit alınabilir ( May,1990).

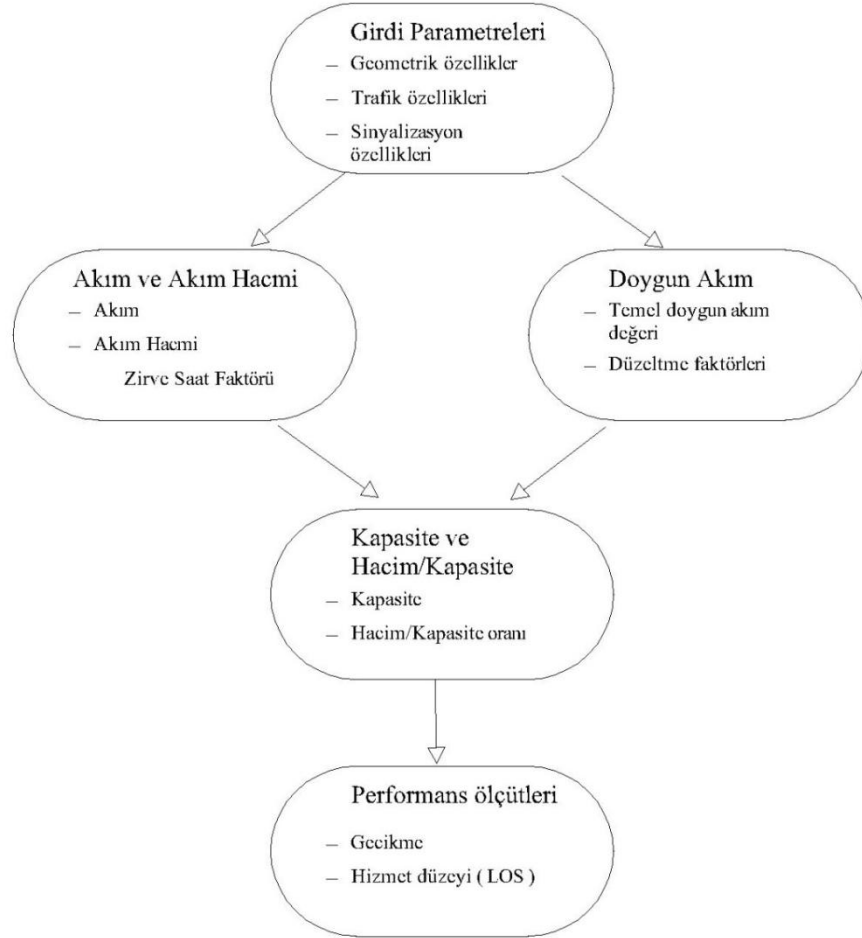
**Çalışmada sinyalize kavşak kapasite analizinde iki yöntemden bahsedilecektir.**

1. Amerikan Yöntemi
2. Avustralya Yöntemi

### 5.1.1. Amerikan Yöntemi

Bu bölümde sinyalize kavşakların kapasiteleri incelenecek ve hizmet düzeyleri belirlenecektir. Kapasite analizi hacim/kapasite oranı esas alınarak, hizmet düzeyi analizi ise; kavşaktaki araç başına düşen kontrol gecikmelerine göre yapılır.

Genel olarak izlenen yol şekil 5.4’de belirtilmiştir:



Kaynak: Transportation Research Board, 2004. Highway Capacity Manual 2000, National Research Council, Washington, USA.

**Şekil 5.4: Amerikan Yöntemi [11]**

### 5.1.1.1. Girdi parametreleri

Sinyalize kavşakta analizler yapabilmek için kavşağın geometrik özelliklerini, trafiğin durumunu ve sinyal sürelerini bilmemiz gerekir. Bunlar kavşağımızın özelliklerini ortaya koyabilmemiz için gerekli olan etkenlerdir.

#### *Geometrik özellikler*

Sinyalize kavşağı geometrik özellikler bakımından etkileyen faktörler; kavşağın bulunduğu bölgenin ulaşım özelliği (yani şehir merkezinde bulunup bulunmadığı), kavşaktaki kolların şerit sayıları, kavşağa gelen şeritlerin ortalama genişlikleri, kavşağa gelen kolların eğimi, ek olarak sola veya sağa dönüşün olup olmadığı, sağa veya sola dönüş için depolama mesafelerinin uzunlukları ve son olarak parklanma durumudur.

#### *Trafik Özellikleri*

Bu noktada tarif edilmesi gereken öncelikle kavşağa gelen akımların hacimleridir. Bu hacimler belirlenirken 15 dakikalık zaman dilimleri için belirlenebilir. Zirve saat faktörüyle düzeltme yapılarak hesaplarda kullanılır. Trafik durumuna ekleyebileceğimiz bir başka etken ise ağır taşıt yüzdesidir. Dörtten fazla lastikli araç olarak tanımlanan ağır taşıtlar her bir akım için ayrı ayrı hesaplanıp analizimizde yerini alır. Kavşakta trafiği etkileyen faktörler arasında yaya ve bisiklet etkileri de önemli yer tutar. Bunun yanında yani kavşağa gelen araçların geliş zamanları da önemli bir etkidir. Bu gelişleri denklem haline getiren bir “kümeleşme ( toplulaşma ) oranı (platoon ratio) ” vardır. Bu oran gelen araçların ilk yeşil süresinde kavşaktan tamamen boşalması durumuna, efektif yeşil süreye ve döngü süresine bağlıdır.

$$R_p = \frac{P}{\frac{g_i}{C}} \quad (5.3)$$

$R_p$  = kümeleşme ( toplulaşma ) oranı

$P$  = yeşil süresinde gelen araçların tüm araçlara oranı

$g_i$  = etkin yeşil süre

$C$  = devre süresi

### *Sinyal Özellikleri*

Analizin doğru ve eksiksiz yapılması için Her bir faz için sinyal süreleri belirlenirken eğer yaya hareketleri fazla ise; öncelikle yayalar dikkate alınmalıdır. Yayalar için gerekli olan bir minimum yeşil süre vardır. Bu minimum yeşil süre aşağıdaki formül ile hesap edilir.

$$G_p = 3.2 + \frac{L}{S_p} + \left( 0.81 \frac{N_{ped}}{W_E} \right) \quad W_E > 3.0 \text{ m. için,} \quad (5.4)$$

$$G_p = 3.2 + \frac{L}{S_p} + 0.27N_{ped} \quad W_E \leq 3.0 \text{ m. İçin.} \quad (5.5)$$

$G_p$  = yayalar için minimum yeşil süre (s)

$L$  = yürüme mesafesi (m)

$S_p$  = yayaların ortalama hızı (m/s)

$W_E$  = faydalı yürüme mesafesi (m)




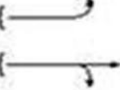
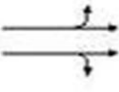
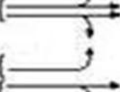
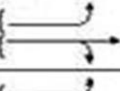
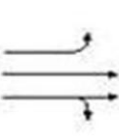
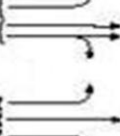
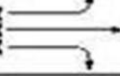
$N_{ped}$  = karşıdan karşıya geçen yaya sayısı

3.2 = yayaların harekete başlama süresi (s)

Minimum yeşil süre hesaplandıktan sonra mevcuttaki yaya fazı süresiyle karşılaştırılmalı ve sonuçları ortaya konmalıdır.

#### **5.1.1.2. Akım**

Her bir sola veya sağa dönüş ayrı bir şerit kullanımı olarak düşünülebilirken, kimi zaman kavşaktaki birden fazla hareket tek bir akım olarak kullanabilmektedir. Ayrıca hareketlerin hacimlerine göre düz giden araçlar ile dönen araçlar tek bir akım olarak kullanabilirler. Aşağıdaki şekil 5.5' de kullanım ilişkileri görülmektedir.

Şerit Sayısı	Şerit Başına Hareketler	Muhtemel Akım Sayısı
1		① 
2	Ek sola dönüş şeridi 	② 
2		①  ② 
3	Ek sola dönüş şeridi 	②  ③ 

Kaynak: Eraslan, O., (2008). Işıklı Kavşaklarda Kapasite Analiz Yöntemleri: Amerikan ve Avustralya Yöntemleri ve Örnek Bir Kavşağın Sınama Benzetiminin Yapılması. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul Teknik Üniversitesi FBE

**Şekil 5.5: Şerit Hareketleri ve Akım İlişkisi**

#### *Akım hacmi*

Kavşağı kullanmayı talep eden araç miktarı olarak tarif edilebilir. Bu değer belirlenirken saatlik değerler ele alınabilir. Eğer elde edilemiyorsa 15 dakikalık değerler saatlik değerlere dönüştürülerek kullanılabilir.

#### *Alternatif Çalışma Şekilleri*

Üç farklı yöntemle pik saat belirlenebilir. Aslında genel olarak belirlenen pik saat değerinin uygun olup olmaması yaptığımız sayımın ne kadar ayrıntılı olduğuyula ilgilidir. Sayım değerleri kullanılırken genel olarak zirve saat faktörü (PHF) kullanılır. Zirve saat faktörü belirlenirken şu yöntem izlenir. Öncelikle dilimler halinde yapılan sayımlardan en büyüğü belirlenir ve dilim sayısı ile çarpılarak bir sayı elde edilir. Daha sonra tüm değerlerin toplamı bu sayıya bölünür. Bulunan oran zirve saat faktörüdür. Daha sonra aşağıdaki formül ile düzeltilmiş sayım değeri bulunur.

$$v_p = \frac{V}{PHF}$$

(5.6)

V = gelen akım hacmi (taşıt/sa)

$v_p$  = düzeltilmiş sayım değeri (taşıt/sa)

PHF = zirve saat faktörü

### ***Kırmızıda Sağa Dönüş Hareketi İçin Düzeltme***

Analiz yapılırken bu durumun da dikkate alınması önemlidir. Çünkü kırmızı yanarken yapılan sağa dönüşler o kavşakta izin verilen hareketlerde sağa dönüşlerin daha rahat yapılmasını sağlayacaktır. Bu durum göz önüne alınmaz ise; doygun akım gerektiği gibi hesaplanamayacak ve yanlış sonuçlar elde edilecektir. Kırmızıda sağa dönüşleri etkileyen faktörler aşağıda sıralanmıştır;

- Ayrılmış şerit şeklinde veya ortak şerit kullanımı şeklinde olması
- Sağa dönüş hareketi talebi
- Kavşak yaklaşımında görüş mesafesi
- Sağa dönüş hareketiyle çakışan düz gelen akımın doygunluk dereceleri
- Çakışan akımdaki sola dönüşün sinyal fazı
- Yaya çakışmaları

### **5.1.1.3. Doygun akım**

Doygun akım değeri incelenen akımın geçirebileceği en fazla araç sayısıdır. Hesaplarda kullanılırken düzeltilmiş doygun akım değeri olarak adlandırılır. Normal şartlarda bir şeritten saatte 1900 birim otomobil değerinde araç geçebilmektedir. Ancak kavşaklarda bu değeri yakalamak mümkün değildir. Çünkü kavşağı kullanan araçların hızlarını düşüren, kavşaktan geçişlerin geciktiren birçok etken vardır. Bu etkenler kavşaktaki şerit başına geçebilecek araç sayısını etkilerler. Bunlar genel olarak düzeltme faktörü olarak adlandırılır. Aşağıdaki düzeltilmiş doygun akım değerinin hesaplanması formülize edilmiştir.



$$s = s_0 * N * f_w * f_{HV} * f_g * f_p * f_{bb} * f_a * f_{lu} * f_{LT} * f_{RT} * f_{L_{pb}} * f_{R_{pb}} \quad (5.7)$$

$S$ , düzeltilmiş doygun akım değerini yani kavşaktaki düzeltmeler yapıldıktan sonra kavşaktan geçebilecek en fazla araç sayısını göstermektedir.

$s_0$  ise; direkt olarak hiçbir düzeltme yapılmamış durumda incelenen akımın kavşaktan geçirebileceği en fazla araç sayısını göstermektedir.

$N$  burada incelen akımın kullandığı şerit sayısını göstermektedir.

$f_w$  şerit genişliği faktörüdür. Eğer incelenen akımın şeritleri dar ise bu akım kavşaktan daha az hacimde araç geçirebilecektir. Bilindiği gibi ağır taşıtların ivmelenmeleri otomobillere göre daha düşüktür. Böyle olunca kavşaktaki ağır taşıtlar gecikmelere otomobillerden daha fazla sebep olur.  $f_{HV}$  faktörü ile bu durum hesaplara katılır.

$f_g$  ise; eğim faktörüdür. Doğal olarak araçlar eğimden çok etkilenirler. Örneğin yokuş aşağıya doğru inen araç yokuş yukarıya çıkan araçtan daha seridir. Eğim faktörü ile kavşak kollarındaki eğimler dikkate alınır.

$f_p$ , parklanma faktörü kavşakta araçların hareketini engelleyen bir parklanma olması durumunda ortaya çıkar. Yani o kavşaktaki incelenen akımı kesen parklanma ve manevra sayılarını dikkate alır.

$f_{bb}$  otobüslerin kavşaktan yolcu alıp almamasıyla ilgilidir. Böyle bir durumda bu etki kavşağımızın kapasitesini çok etkiler. Ayrıca kavşağın şehir içinde veya kırsalda olması durumları farklıdır. Bu durum  $f_a$  faktörü ile formülize edilmiştir. Hesap yapılırken kavşağa gelen araçlar için şerit paylaşımları yapılmıştır. Eğer kavşaktaki araçlar şeritleri eşit şekilde kullanmaz ise; bu düzeltme faktörü ( $f_{lu}$ ) devreye girer.

$f_{RT}$ ,  $f_{LT}$ , sağa ve sola dönüşlerin incelenen akımın kapasitesine etkilerini göz önüne alır.

$f_{L_{pb}}$  ve  $f_{R_{pb}}$ , sırasıyla sola ve sağa dönüşlerde çakışılan yaya ve bisiklet sayıları nedeniyle bu akımların doygun akım değerini hesaplamaya yardımcı olur.

#### 5.1.1.4. Kapasite ve hacim/kapasite oranı

##### *Kapasite*

Sinyalize kavşaklarda kapasite her akım için bir devre boyunca o kavşaktan geçirebileceği maksimum araç sayısıdır. Bu değer o akımın yeşil süresine, kavşağın devre süresine ve doygun akım oranına bağlıdır. Her bir akım için kapasite aşağıdaki denklemlerle bulunur.

$$c_i = s_i \frac{g_i}{C} \quad (5.8)$$

$c_i$  = yeşil süresi boyunca akımın geçirebileceği en fazla araç sayısı

$s_i$  = doygun akım değeri

$g_i / C$  = incelenen akım için yeşil süresinin devreye bölümü

#### *Hacim / Kapasite Oranı*

Gelen akım hacminin kapasiteye bölümünden elde edilir. Burada kapasite her bir akım için ayrı ayrı hesaplanır. Kapasite daha önce tarif edildiği gibi ilgili akımın doygun akım değerine, yeşil süresine ve bulunduğu sinyalizasyon kavşağının devre süresine bağlıdır.

$$x_i = \frac{v_i}{c_i} \quad (5.9)$$

$x_i$  = hacim/kapasite oranı

$v_i$  = gelen akım hacmi

$c_i$  = kapasite

#### ***Kritik Akım Kavramı***

Sinyalizasyon kavşaklarında devre süresi boyunca birbirini takip eden fazlar bulunmaktadır. Akımlar bu fazların yeşil sürelerine göre kavşağı terk ederler. Bu yeşil süreler, kavşaktaki akımların doygunluk derecelerine bağlı olarak belirlenir.

$$X_c = \sum \left( \frac{v}{s} \right) c_i \left( \frac{C}{C-L} \right) \quad (5.10)$$

$X_c$  = kavşağın kritik doygunluk derecesi

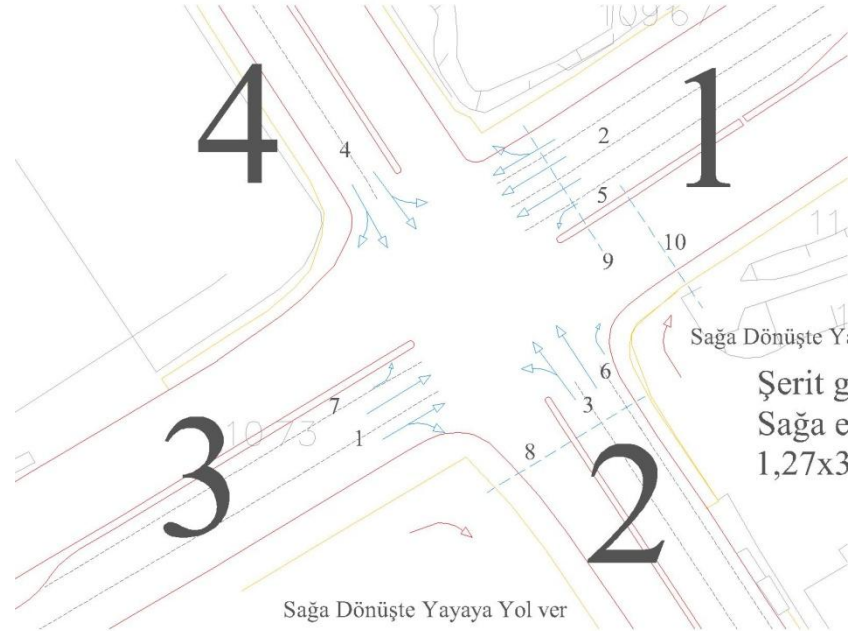
$\sum \left( \frac{v}{s} \right) c_i$  = kritik akımların akım değerleri toplamı

$C$  = devre süresi (sn)

$L$  = devre boyunca kaybedilen süre (sn)

Doygunluk derecesi yüksek olan akım daha fazla yeşil süreye ihtiyacı vardır. İşte bu, fazlardaki yeşil süre ihtiyacı fazla yani doygunluk derecesi yüksek olan akımlara kritik akımlar denir. Tekrarlı olup olmamasına göre kritik akımların hesap yöntemleri farklıdır. Örneğin aşağıdaki Şekil-5.5' de incelediğimiz kavşakta; 3 ve 5 numaralı akımlar çatışmayan akımlardır. Yani yeşil sürelerinin başlangıç ve bitiş zamanları birbirlerinden farklıdır. Bu 5 numaralı akım ile 3 numaralı akım birbirini takip eden yeşil sürelere sahiptirler. Bunlar tekrarlı olmayan akımlardır.

Bunlara ek olarak 6 numaralı akımda 5 numaralı akımla birlikte harekete başlar ve 3 numaralı akım bitene kadar devam eder. Yani bu da tekrarlı bir akımdır. 6 numaralı akımın yeşil süresi 3 ve 5 numaralı akımların yeşil süreleri toplamı kadardır. Hesaplarımız sonucunda 6 numaralı akımın yeşil süre ihtiyacı ilgili 3 ve 5 akımları yeşil süreleri ihtiyaçları toplamından büyük ise; 6 numaralı akım kritiktir. Ancak tersi durumda 3 ve 5 akımları yeşil süreleri ihtiyacı 6 numaralı tekrarlanan akımın yeşil süresi ihtiyacından büyükse tekrarlanmayan akımlar kritiktir. (Şekil 5.6).



Kaynak: Eraslan, O., (2008). Işıklı Kavşaklarda Kapasite Analiz Yöntemleri: Amerikan ve Avustralya Yöntemleri ve Örnek Bir Kavşağın Sınama Benzetiminin Yapılması. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul Teknik Üniversitesi FBE

**Şekil 5.6: Örnek kavşak**

### 5.1.1.5. Performans Ölçütleri

#### *Gecikme*

Gecikme hesaplanırken 3 farklı durumun oluşturduğu gecikme değerleri toplanarak kavşağın kontrol gecikmesi değeri hesaplanır.

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3 \quad (5.11)$$

$d$  = kontrol gecikmesi (sn/taşıt)

$d_1$  = uniform kontrol gecikmesi (sn/taşıt)

PF = uniform ilerleme faktörü

$d_2$  = artan gecikme (sn/taşıt)

$d_3$  = başlangıç kuyruklanma gecikmesi (sn/taşıt)

Burada ifade edilen kontrol gecikmesi (  $d$  ) kavşağın toplam gecikme değeridir. Üniform kontrol gecikmesi (  $d_1$  ) başlangıç kuyruklanması olmadan, kapasitenin aşılmamış olması durumuna göre kavşakta oluşan gecikmelerin hesaplandığı gecikmedir.

$$d_1 = \frac{0.5 * C * \left(1 - \frac{g}{c}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) \frac{g}{c}\right]} \quad (5.12a)$$

Artan gecikme (  $d_2$  ) kavşağa rastgele gelişler nedeniyle oluşan gecikmedir. Başlangıçta kavşakta kuyruklanma olmaması durumunu ele alır.

$$d_2 = 900 * T * \left[ (X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8kIX}{cT}} \right] \quad (5.12b)$$

Son olarak başlangıç kuyruklanma gecikmesi (  $d_3$  ) değeri hesaba katılır. Bu kuyruklanma değeri kavşakta analize başlanmadan önceki kuyruklanmaların hesaba katıldığı gecikme değeridir. Eğer analiz başlangıcında kuyruklanma yoksa bu değer “0” alınmalıdır.

#### Uniform İlerleme Faktörü ( Progression Factor \_ PF )

İyi bir koordineli sinyal sisteminde amaç, yeşilde gelen araçların sayısını arttırmaktır. Uniform ilerleme faktörü, yarı etkileşimli kontrol sistemlerinde, etkileşimsiz şerit grupları ile sabit zaman kontrollü tüm koordine şerit gruplarına uygulanmaktadır. Bu oran taşıt gelişlerinin kavşağa geldiği zaman aralığının etkisini ifade etmek için kullanılır. Örneğin herhangi bir fazdaki akım veya akımlar kırmızı sürenin sonuna doğru geliyorsa o kavşak tam kapasite ile çalışamaz. Bu durum genel olarak ardışık kavşakların etkileşimlerinden dolayı ortaya çıkar. Biz çalışmamızda izole bir kavşakta çalışma yapıldığından bu değer etkisi yok kabul edilecek ve 1 alınacaktır.

$$PF = \frac{(1 - P)f_{PA}}{1 - \frac{g}{c}} \quad (5.13)$$

$P$  = Yeşilde gelen araçların oranı,

$g/c$  = Yeşil sinyal süresinin devre süresine oranı,

$f_{PA}$  = Yeşil süre sırasında gelen araçlar için tamamlayıcı düzeltme katsayısı.

Araç gelişlerinin çoğu yeşil ışık süresince geliyorsa, daha az gecikme olur. Ancak yeşil süresince gelişlerin oranı az ise; gecikmeler daha fazla olur. Yeşil ışık süresince gelişler daha fazla ise; uniform ilerleme faktörü düşük olduğu anlamına gelir.

#### *Hizmet Düzeyi ( LOS )*

Bu yöntemde hizmet düzeyi direkt olarak gecikmelere bağlıdır. Araç başına düşen kontrol gecikmesi değeri, o kavşak için hizmet düzeyini belirler (Tablo 5.19. Ortalama

kontrol gecikmesi tüm kavşak için her şerit grubu için kavşağa gelen akımlar için hesaplanır.

**Tablo 5.1: Hizmet düzeyi tablosu**

LOS	Araç başına kontrol gecikmesi
A	$\dots < 10$
B	$10 < \dots < 20$
C	$20 < \dots < 35$
D	$35 < \dots < 55$
E	$55 < \dots < 80$
F	$80 < \dots$

**Kaynak:** Eraslan, O., (2008). Işıklı Kavşaklarda Kapasite Analiz Yöntemleri: Amerikan ve Avustralya Yöntemleri ve Örnek Bir Kavşağın Sınama Benzetiminin Yapılması. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul Teknik Üniversitesi FBE

### 5.1.2. Avustralya Yöntemi

Burada tarif edilmeye çalışılacak olan Avustralya yöntemi yaptığı analizleri faza bağlı çalışmaktansa akıma göre hesaplarını yapar. Yani bu yöntemde göre kavşak kayıp zamanı, fazların kayıp zamanları toplamı değil kritik akımların kayıp zamanları toplamıdır. Ayrıca bu yöntem klasik yöntemlerden farklı olarak öteki yöntemlerin kullandığı doygunluk derecesini akım oranı olarak ele alınır. Bu direkt olarak yeşil süresi hesabında kullanılmaz. Bunun dışında yeşil oranı denilen bir oran bulunur. Bu oran akım oranının pratik doygunluk derecesine bölümü ile bulunur. Daha sonra her bir akım için belirlenen döngü sürelerinde Avustralya yöntemindeki doygunluk dereceleri belirlenir. Bu yeni doygunluk derecesine göre sinyal zamanlamaları yapılır.

#### 5.1.2.1. Kavşak ve trafik akımlarının özellikleri

Burada kavşak geometrisi, şerit kullanımı ve sinyal fazlanması ile çatışan akım, yetersiz şerit kullanımı ve kısa şeritlerin varlığı gibi özel halleri saptanır.

### ***Akım ve fazlar***

Yönü şerit kullanımı ile belirlenmiş olan geçiş sırasına göre karakterize edilmiş olan kavşaktaki her bir kuyruğa akım adı verilir. Birden fazla fazda geçiş hakkına sahip olan akımlara tekrarlı akım adı verilir. Fazlanma faz-akım matrisi ile belirlenir. Faz-akım matrisinde akımlar ve hangi fazda başlayıp hangi fazda bittiği gösterilir.

### ***Sinyal devresi***

Bir devre, o sinyalizasyon kavşaktaki tüm fazların tam bir kez tekrarlanmasıyla oluşan süredir. Herhangi bir devrede herhangi bir fazdaki yeşil bir sürenin bitimiyle, bir sonraki fazın yeşil süresinin başlangıcı arasındaki süreye yeşiller arası süre ( I ) denir. Bu süre sarı ve hepsi kırmızı sürelerinin toplamına eşittir. Faz başlangıç anı yeşiller arası sürenin başlama anıdır, faz bitiş anı yeşil sürenin sonudur. Toplam devre tüm yeşil sürelerin ve tüm yeşiller arası sürelerin toplamına eşittir.

$$C = \sum ( I + G ) \quad (5.14)$$

I = yeşiller arası süre, G = yeşil süre

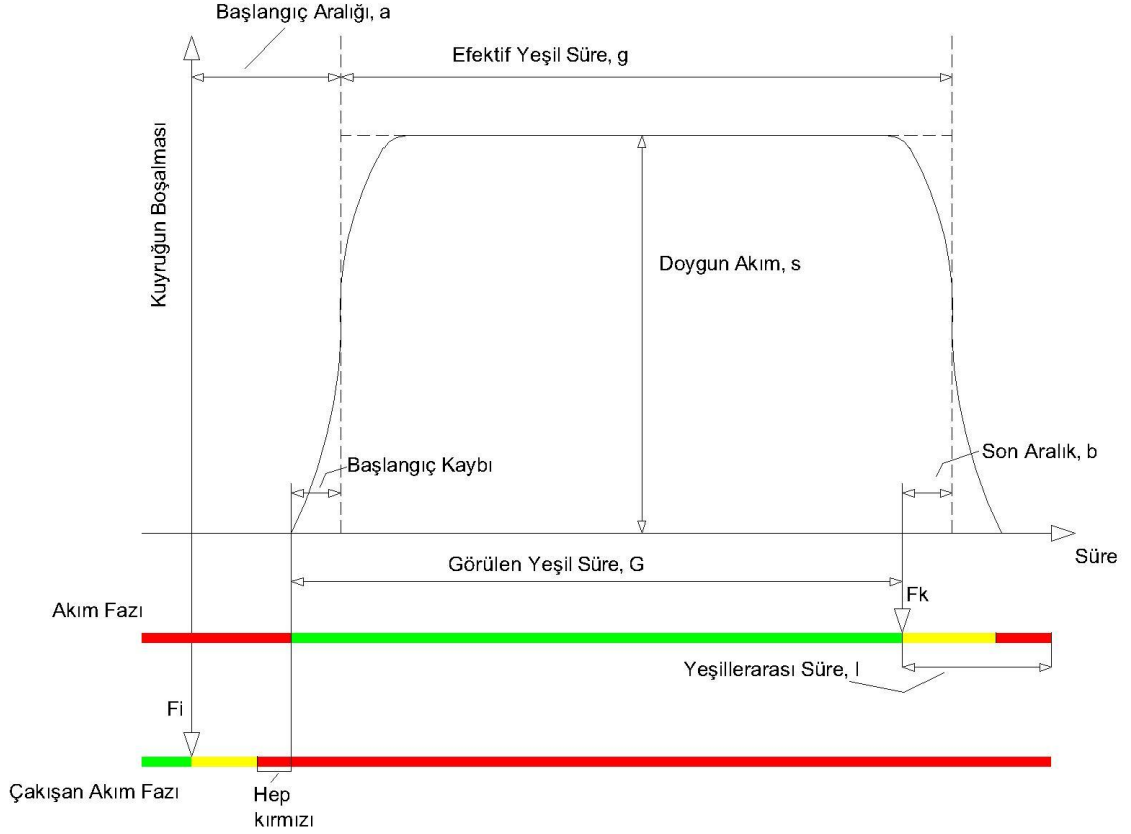
### ***Akım özellikleri***

#### **Doygun Akım ve Etkin Yeşil Süre:**

Sinyal yeşile döndüğü zaman dur çizgisinden harekete geçen akım hızlı bir şekilde doygun akım ( s ) değerine ulaşır veya kuyruk boşalınca ya da yeşil süre sona erinceye kadar devam eder. Aşağıdaki şekil 5.7'de kesikli çizgi ile gösterilenin yüksekliği doygun akım değerini genişliği ise efektif yeşil süreyi göstermektedir. Görülen yeşil süre ( G ) ile efektif yeşil süre ( g ) arasındaki fark ise, başlangıç kaybı olarak kabul edilir. Benzer olarak görülen yeşil ışık ile efektif yeşil süre arasındaki fark ta bitiş aralığı adını alır. Böylece efektif yeşil süresi görülen yeşil süreden başlangıç kaybının çıkarılması ve bitiş aralığının eklenmesi ile bulunur. Akım kayıp zamanı ( L ) başlangıç kaybı zamanı ile bitiş aralığı arasındaki fark olarak adlandırılır. Yeşiller arası süre ( I ) ise görülen yeşiller arası süredir.

$$(G + I = g + L)$$

(5.15)



Kaynak: Eraslan, O., (2008)

**Şekil 5.7: Doygun akım ve etkin yeşil süre**

### *Kritik akımlar*

Kavşakların kapasitesi ve yeşil sürelerinin ayarlanmasında etkin olan akımlara kritik akımlar denir.

### **5.1.2.2. Kapasite ve doyumluk derecesi**

Akım faktörleri, Trafik sinyallerinde bir akımın kapasitesi, maksimum akış oranı (doygun akım,  $s$ ) ve efektif olarak kullanılan yeşil sürenin devreye oranına bağlıdır. Efektif yeşil sürenin, devre süresine bölümünden yeşil süre oranı ( $u$ ) olarak belirlenir. Bir diğer önemli parametre ise; akım oranıdır. Akım oranı ( $y$ ), o akımın hacminin ( $q$ ) doyum akım ( $s$ ) değerine bölümünden elde edilir. Yeterli akım kapasitesi elde etmek için,



doygun akım\*efektif yeşil süre > akımın hacmi\*devre süresi olmalıdır.

### ***Akım Faktörleri***

Trafik sinyallerinde bir akımın kapasitesi, maksimum akış oranı (doygun akım), efektif olarak kullanılan yeşil sürenin devreye oranına bağlıdır.

$$Q = s * ( g / c ) \quad (5.16)$$

Q = Akımın kapasitesi,

s = doygun akım,

g = Efektif yeşil süre,

c = devre süresi

Efektif yeşil sürenin devre süresine oranı ise yeşil süre oranı olarak adlandırılır.

$$u = g / c \quad (5.17a)$$

Bir diğer önemli parametre ise; akım oranı olarak tarif edilen gelen akımın doygun akıma oranıdır.

$$y = q / s \quad (5.17b)$$

Burada tarif edilecek pratik doygunluk derecesi geleneksel yöntemlerden farklı olarak yeşil süre oranının akım oranına bölümüyle elde edilen değerdir.

$$x = y / u \quad (5.17c)$$

Akım oranı burada talep edilen miktar olarak ele alınıp sabit kabul edilir. Burada olayı kontrol eden yeşil süre oranıdır. Bu ise arz olarak düşünülebilir. Burada akım oranı sabitken yeşil süre oranı arttığında pratik doygunluk derecesi azalacak ve o akım için kapasite artmış olacaktır.

#### *Kavşak faktörleri*

Her akım için gelişleri karşılayan yeterli kapasiteye kavşak kapasite koşulu adı verilir. Kavşak doygunluk derecesi (  $X$  ), her bir akım için ayrı ayrı akım oranının yeşil süre oranına bölümünden elde edilir. Bu noktada önemli olan kritik akımların akım oranları ve yeşil süre oranlarıdır. Kritik akımların yeşil süre oranları toplamı kavşağın yeşil süre oranı (  $U$  ) olarak, kritik akımların akım oranları toplamı ise kavşağın akım oranı (  $Y$  ) olarak tanımlanır.

#### *Pratik doygunluk derecesi*

Uygulamada 1.0' den az alması gereken ve kabul edilen doygunluk derecesidir. Akım için  $x_p$ , kavşak için  $X_p$  olarak gösterilir. Eğer akımlar arasında öncelikli veya az öncelikli akımlar varsa akımlar için farklı pratik doygunluk dereceleri alınabilir. Ancak çok özel durumlar dışında 0,9 olarak alınır.

#### **5.1.2.3. Doygun akımlar**

##### *Akımların tanımlanmaları*

Kavşağa gelen akımlar ilk önce geçiş hakkı olup olmamalarına ve daha sonra ise; şerit kullanımlarına ve şerit tahsislerine göre;

- Ayrı bir şerit verilmiş durum farklı bir akım olarak tanımlanır.
- Kapasite altında tanımlanan şerit için ayrı bir akım olarak tanımlanır.
- Eşit şerit kullanıma sahip şeritler beraberce ayrı bir akım olarak tanımlanır.

Yeşiller Arası ve Min. Yeşil Sürenin Saptanması:

$$I = \text{Sarı süreler} + \text{Ortak kırmızı süreler} \quad (5.18)$$

şeklinde tanımlanır.

6 sn ila 10 sn. arasında Yayalar için ise;

$$G_m = 5 + (D/1.4) \quad (5.19)$$

D = kaldırım taşından kaldırım taşına yürünecek yol mesafesi

olarak tanımlanır.

#### Doygun Akımların Tahmini:

- Akıma ayrılmış her bir şerit için Tablo-5.2'den temel bir doygun akım değeri seçmek.
- Değişik faktörleri kullanarak, taşıt / saat boyutunda bir doygun akımın bulunması.
- Toplam akım doygunluğu eğer bir akım birden fazla şeritten oluşuyorsa, bu doygun akımların toplanarak akımın doygun akımının bulunması.

#### *Temel tablonun kullanılması*

**Tablo 5.2: Birim otomobil / Saat**

Çevre Sınıfı	Şerit Türü		
	1	2	3
A	1850	1810	1700
B	1700	1670	1570
C	1580	1550	1270

Kaynak: Eraslan, O., (2008)

- **Sınıf A:** Taşıtların hareketi serbest, görüş iyi, kavşakta indirme bindime yok ve yaya çok az
- **Sınıf B:** Yeterli kavşak geometrisi, çok fazla olmayana yaya, indirme ve bindirmeler var, yerleşim yerlerine giren ve çıkan taşıtlar
- **Sınıf C:** Çok fazla yaya, zayıf görüş, duran taşıtların etkisi, yüksek park yapma oranı

### **Şerit Tipleri:**

- **Tür 1:** Doğru şerit, sadece doğru giden trafiği taşıyan şerit
- **Tür 2:** Her türden dönüş trafiği taşıyan şerit
- **Tür 3:** Kısıtlı dönüş şeridi, 2 no'lu şerit gibi fakat dönüş yarıçapı küçük ve yaya geçişleri var.

### **Düzeltilme faktörleri**

Yukarıdaki tablodan alınan değerler aşağıdaki faktörlerle düzeltilir.

$$s = ( f_w * f_g / f_c ) * s_b \quad (5.20)$$

s = taşıt/saat olarak doymun akım

s<sub>b</sub> = birim otomobil / saat olarak doymun akım

f<sub>w</sub> = şerit genişlik faktörü

f<sub>g</sub> = eğim faktörü

f<sub>c</sub> = trafik kompozisyon faktörü

**Tablo 5.3: Şerit genişliği düzeltme faktörü tablosu**

	1.0	w = 3.00 – 3.70 m. için,
F <sub>w</sub> =	0.55 + 0.14 * w	w < 3.00 m. için,
	0.83 + 0.05 * w	w > 3.70 m.

Kaynak: Eraslan, O., (2008)

w = şerit genişliği ( m. )

$$\text{Eğim faktörü düzeltme: } f_g = 1 \pm 0.5 * ( G_r / 100 ) \quad (5.21)$$

G<sub>r</sub> = yüzde olarak eğim

### **Trafik kompozisyonu:**

$$f_c = ( \sum ( e_i * q_i ) ) / q \quad (5.22)$$

**$f_c$  : Trafik kompozisyonu düzeltme faktörü**

$q_i$  = dönüştürülecek taşıt türü için trafik hacmi

$q$  = toplam hacim

$e_i$  =  $i$  tipi için doğru giden taşıt eşdeğeri

**Tablo 5.4: Trafik Kompozisyonu Faktörü Tablosu**

		Çatışmadan Dönen	Çatışan Dönen
	Doğru	Normal – Kısıtlı	
Otomobil	1	1 – 1.25	$e_0$
Ağır Taşıt	2	2 – 2.25	$e_0 + 2$

Kaynak: Eraslan, O., (2008). Işıklı Kavşaklarda Kapasite Analiz Yöntemleri: Amerikan ve Avustralya Yöntemleri ve Örnek Bir Kavşağın Sınama Benzetiminin Yapılması. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul Teknik Üniversitesi FBE

Normal = Dönüş yarıçapları yeterince büyük ve yaya geçişleri olmaya dönüşler

Kısıtlı = Dönüş yarıçapları daha düşük ve yaya geçişleri olan geçişler

Çatışan dönüşler = Sinyal zamanlamasına ve çatışılan akım karakteristiğine göre değişir

(Tabo 5.4)

### ***Çatışan dönüşler***

Çatışan dönüşler aşağıdaki şekillerde tanımlanır.

- Filtre sola dönüşler ( karşıdan gelen araçlara yol verme şeklinde)
- Yayaalara yol vererek tek yönlü bir yoldan sağa veya sola dönüşler
- Filtre sağa dönüşler ( yayaalara, karşıdan gelerek sağa dönen araçlara veya düz gelip çakışan araçlara yol vererek yapılan sola dönüşler)
- Kırmızıda sağa dönüş kuralı
- Çatışan dönüş durumları;
- 

### **Ortak şerit kullanımı**

Eğer çatışan ve dönen taşıtlar diğer taşıtlar ile aynı şeridi paylaşıyorsa,

$$e_0 = \frac{0.5 * g}{s_u * g_u + n_f} \quad (5.23)$$

$g$  = çatışan akım için yeşil süre,

$s_u$  = karşılaşılan akımın doygun akım değeri (taşıt/sa),

$g_u$  = karşılaşılan akımda doygun olmadan geçen yeşil süre,

$n_f$  = paylaşılan şeritten yeşilden sonra geçen araç sayısı

**Tablo 5.5: Temel doygun akım tablosu**

Çevre Sınıfı	Şerit		
	1	2	3
A	1850	1810	1700
B	1700	1670	1570
C	1580	1550	1270

Eraslan, O., (2008). Işıklı Kavşaklarda Kapasite Analiz Yöntemleri: Amerikan ve Avustralya Yöntemleri ve Örnek Bir Kavşağın Sınama Benzetiminin Yapılması. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul Teknik Üniversitesi FBE

### **Özel şerit hali**

Denklem-3.18 özel şerit olması durumu içinde kullanılabilir.

$$s_0 = 1800 / e_0 \quad (5.24)$$

olarak alınır.

Ayrıca alternatif olarak, çatışan dönen doygun akım doğrudan su olarak alınır ve efektif çatışan akım yeşil süresi;

$$g_0 = g_u + ( n_f / s_u ) \quad (5.25a)$$

Kritik akım ve sinyal zamanlamasında kullanılacak olan ilgili akım kayıp zamanı,

$$l_0 = (G + I) - g_0 \quad (5.25b)$$

değerleridir.

### **Ortak Parametreler**

Ayrı bir şeritten hareket eden çatışan dönen akımın kapasitesi,

$$Q = s_0 * (g / c) = s_u * (g_0 / c) \quad (5.26)$$

Çatışılan akımın doygun olmadan geçen yeşil süre:

$$g_u = (s * g - q * c) / s * g \quad (5.27)$$

Genel kapasite analizleri için  $l_0 = 3$  s.,  $n_f = 1.5$  alınabilir.

### ***Şerit kullanımı***

Kavşağa gelen yolların şeritlerinin bir kısmı tam kapasitede kullanılmayabilir. Yetersiz kullanılan bu şeritler kavşak zamanlamasını ve kapasiteyi etkilediğinden, yetersiz kullanılma durumu doğru olarak saptanmalı ve analizler ona göre yapılmalıdır. Sürücülerin şerit seçiminden ve kavşak özelliklerinden ortaya çıkan yetersiz şerit kullanımı örnekleri aşağıda gösterilmektedir.

$$\rho_i = x_i / x, \quad i'nci \text{ şerit kullanımı oranı}, \quad (5.28)$$

$x_i = i'nci \text{ şeridin doygunluk derecesi},$

$x = \text{yaklaşan yoldaki kritik akımın doygunluk derecesi}$

Eşitlikten anlaşılacağı üzere istenen tüm şeritlerin kullanımının eşit olmasıdır. Yani,  $x_1=x_2=.....=x_n=x$  ve  $\rho_1=\rho_2=.....=\rho_n=1.0$ . Burada  $n$  şerit sayısıdır. Doymuluk derecesi akımın kapasiteye oranıdır ve böylece şerit kullanımı,

$$q_1/Q_1=q_2/Q_2=q_3/Q_3=...=q_n/Q_n=(q_1+q_2+q_3+...+q_n)/(Q_1+Q_2+Q_3+...+Q_n)=q/Q=x \quad (5.29)$$

Bu hallerde tüm şeritlerdeki doymuluk derecesi  $x$  olur ve tek bir akım olarak tanımlanır. Eğer efektif yeşil sürenin tüm şeritler için eşit olduğu kabul edilirse, şerit kullanım oranı:

$$\rho_i = y_i / y \quad (5.30)$$

$y_i$  =  $i$ 'nci şerit için kullanım oranı,

$y$  = kritik şerit için kullanım oranı.

Eşit kullanıma sahip şeritler için

$y_1=y_2=.....=y_n=y$  olup;

$$q_1/s_1=q_2/s_2=q_3/s_3=.....=q_n/s_n=(q_1+q_2+q_3+.....+q_n)/(s_1+s_2+s_3+.....+s_n)=q/s=y \quad (5.31)$$

Bu eşitliklere dayanılarak,

$$q_i = x * Q_i \text{ ve } q_i = y * s_i \quad (5.32)$$

$q_i$  ,  $s_i$  ,  $Q_i$  = akım, doymuluk akım, kapasite

$x$  ,  $y$  = akım doymuluk derecesi, akım oranı

bulunabilir.

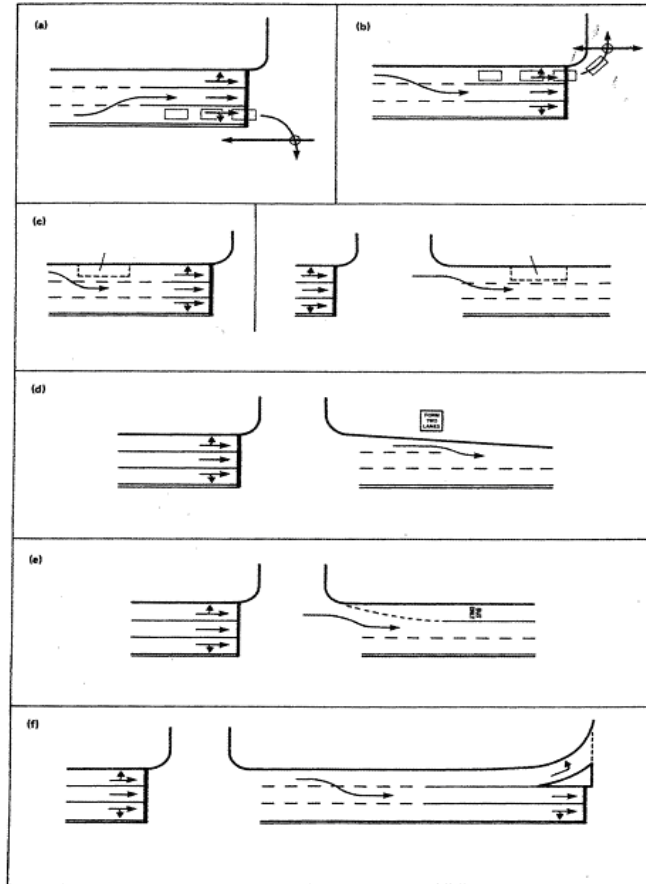


Aşağıdaki iki yöntem sinyal zamanlaması ve kapasite hesaplarında yetersiz şerit kullanımının düzeltilmesi için kullanılır.

Yetersiz kullanılan şerit ve ayrı ayrı iki akım olarak düşünülür. Bu durumda yetersiz kullanılan şerit için  $y_1=q_1/s_1$  ve diğer şeritleri temsil eden akım için  $y_2=q_2/s_2$  'dir.  $\rho_i = y_i / y$  'den yetersiz kullanılan şerit için i'dir.

Değişik olarak akım oranı, kritik akımların akım oranına eşit ise; tüm şeritleri içine alan bir akım belirlenir. Yani bu durumda  $y=y_2$  'dir. Bu birleşik akım doygun akımı olarak ve  $s = \rho * s_1 + s_2$  ile formüle edilir. Burada yetersiz kullanılan şerit  $\rho$  ile azaltılır. (Eğer  $\rho$  önceden bilinmiyorsa;  $s_1$  ve  $s_2$  bir oto/sa. olarak yerine konarak  $s$ , yine oto/sa olarak hesaplanabilir. Daha sonra  $f_c$  kompozisyon faktörü ile taşıt/sa'te çevirebiliriz.)

Aşağıdaki şekil 5.8'de yetersiz şerit kullanımına örnekler bulunmaktadır.



Kaynak: Akçelik R., 1993. Research Report ARR 123, Australian Road Research Board LTD.1993.

**Şekil 5.8: Şerit kullanım örnekleri**

### *Kısa şerit kullanımı*

Bazı durumlarda kısa şeritlerin etkisinden dolayı çok şeritli yaklaşan yolun doygun akımlarının azaltılması olayıdır. Çeşitli kısa şerit halleri aşağıdaki şekilde görülmektedir. Kısa şerit durumu kuyruklanma için yeterli alan olmadığı durumlarda ortaya çıkar. Bu durum dönüş cebinden, yaklaşım yolundan park yapılmasından veya komşu şeritteki kuyruğun şeridi kapatmasından kaynaklanır.

D, kısa şerit uzunluğu ve j ise; araç başına düşen ortalama uzunluk ise; kuyruklanan araç sayısı D / j olacaktır. Kısa şerit doygun akımı,  $g_1 = (D / j) / s_1$  süresince devam eder. Böylece  $g_1$  süresince doygun akım  $s_1 + s_2$  ve  $g_2 = g - g_1$  süresinde ise,  $s_2$  olacaktır. Devre boyunca kapasite,

$$s * g = (s_1 + s_2) * g_1 + s_2 * (g - g_1) \quad (5.33)$$

olduğundan doygun akım,

$$s = s_1 * (g_1 / g) + s_2 = s_1' + s_2 \quad (5.34a)$$

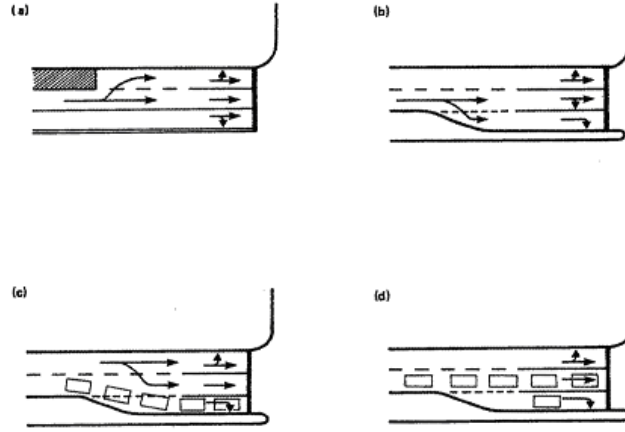
olup,  $s_1 * g_1 = D / j$  eşitliğinden, kısa şerit doygun akımı;

$$s_1' = 3600 (D / (j * g)) \quad (5.34b)$$

olacaktır.

Burada,  $s_1'$  ; taşıt / sa , D ; metre , j ; metre/taşıt ve g ise; saniyedir.

Taşıt uzunlukları otomobiller için 6m. ve ağır taşıtlar için 12 m. alınabilir.



Kaynak: Akçelik R., 1993. Research Report ARR 123, Australian Road Research Board LTD.1993.

### Şekil 5.9: Kısa şerit durumları, şerit kapatılması

Bu durum iki farklı şekilde olabilir. Birincisi doğru giden trafik dönen trafik tarafından bloke edilir. Bu durum kısa şerit probleminde olduğu gibi düzeltilir. İkinci halde ise; dönüş şeridi komşu şerit ile kapanabilir. Bu durum aşağıdaki farklılıklar ile bir kısa şerit problemi olarak düşünülebilir (Şekil 5.9).

Özel dönüş şeridi ayrı bir akım olarak tanımlanır.

Azaltılmış doygun akım,

$$D = (q_1 / q_2) * D' \quad (5.35)$$

Formülü yardımıyla bulunur.

$D'$  = dönüş cebinin tam uzunluğu

$q_1$  = dönüş akımı miktarı

$q_2$  = komşu şerit akım miktarı

#### 5.1.2.4. Kritik Akımların Hesaplanması

Eğer her bir kritik akım için yeterli süre tayin edilmişse o kavşaktaki tüm akımlar için yeterli süre tayin edilmiş anlamına gelir. Burada ayrılmış olan süre ( t ) olarak ele alınmaktadır.

$$t = g + l = G + I \quad (5.36)$$

Burada t akım süresi olup, kritik akım tanımlanmasında önemli bir parametredir. Aynı zamanda

$$t = c * u + l \quad (5.37a)$$

olarak ta ele alınabilir. Hesaplara başlanırken c = 100 saniye olarak ve t = 100 \* u + l alınır. Bilindiği gibi l = kayıp zaman, u = yeşil süre oranıdır. İstenen yeşil süre oranı maksimum kabul edilen pratik doygunluk derecesini karşılamak üzere

$$u = y / x_p \quad (5.37b)$$

şeklinde hesaplanır. Burada y=akım oranı olarak tanımlanır ve  $x_p = 0.90$  ( pratik doygunluk derecesi ) olarak alınması uygundur.

$$t \geq g_m + l \quad (5.37c)$$

$$g_m + l = G_m + I \quad (5.37d)$$

bağıntısından  $g_m$  değeri hesaplanabilir.  $G_m$  = minimum yeşil süre ( taşıtlar ve yayalar için ayrı ayrı hesaplanır ). Belirlediğimiz t süresi minimum gerekli olan süreden büyük olmalıdır. Değilse bu değer direkt olarak (  $G_m + I$  ) değerine eşit olarak kabul edilir.

### Kritik Akımın Tanımlanması

Kritik akım tanımı istenen akım zamanı (  $t$  ) değerlerinin karşılaştırılmasıdır. Tüm akımlar tekrarlı değilse; yani geçiş hakkı sadece tek bir fazda alınıyorsa, kritik akımların tanımlanması kolaydır. Ancak tekrarlı akım varsa durum biraz daha karışıktır.

Tekrarlı olmayan akımlar için akım zamanı (  $t$  ) en fazla olması gereken akım o fazın kritik akımıdır. Öncelikle daha önce belirtildiği gibi fazdaki tüm akımlar için pratik doygunluk dereceleri eşit olarak kabul edilir. Bu durumda göz önüne alınarak ve kayıp zamanlar tüm akımlar için aynı ise akım herhangi bir fazdaki akım oranı büyük olan akım o fazın kritik akımıdır ( Webster and Cobbe,1966 – Miller,1968). Buna ek olarak her bir akım için doygun akımlarda birbirlerine eşit ise, bu durumda geliş akımı büyük olan kritik akımdır.

Tekrarlı akımlarda ise, durum daha farklıdır. Tekrarlı akımın için gerekli (  $t$  ) akım süresi ilgili fazlardaki tekrarlı olmayan akımların akım sürelerinden küçük ise tekrarlı olmayan akım kritik akımdır. Ancak tersi durumda tekrarlı akım kritiktir.

### Tekrarlı Olmayan Akımlar:

Akım zamanı (  $t$  ) en fazla olması gereken akım, o fazdaki kritik akımdır. Eğer kayıp zaman bir fazdaki tüm akımlar için eşit ise ve doygunluk derecesi eşitliği geçerli ise kritik akım en büyük akım oranına (  $y$  ) sahip olan akım olarak düşünülebilir ( Webster and Cobbe). Eğer doygun akımlar ve kayıp zaman eşit ise; kritik akım en fazla geliş akımına sahip olan akımdır.

### Tekrarlı Akımlar:

Tekrarlı akımların  $t$  değeri ile ilgili fazların tekrarlı olmayan akımlarının  $t$  değerlerinin toplamının karşılaştırılması suretiyle işlem yapılır. Tekrarlı akımın  $t$  değeri büyükse o kritiktir. Aksi halde öteki akımlar kritiktir.

### Kritik Akım Arama Tablosu ve Diyagramı

Yöntemin bir kritik akım arama tablosu yardımıyla incelenmesi önerilir. Kritik akım arama işlemi en büyük (  $T$  ) toplam akım süresini bulma işleminden başka birşey

değildir. Faz A'dan A'ya veya B'den B'ye ulaştırın t değerlerinin toplamı  $\sum t = T$  değerini verir.

#### 5.1.2.5. Kavşak İşletim Sistemlerinin Belirlenmesi

Kritik akım tanımlandıktan sonra, devre süre hesabında kullanılacak ve kavşağın işletim etkinliğini gösteren faktörlerin belirlenmesi ve hesaplanması gerekir. Gecikme ve duruş sayısı iki temel işletim faktörü olup yakıt harcaması, kirlilik ve maliyetler bunların türevleridir.

#### *Taşkın kuyruk*

Yeşil ışık sonunda kuyruğun tamamen boşalmadığı durumlarda aşırı kuyruk kavramı ortaya çıkar. Aşırı kuyruk doygun üstü durumlarda devam eder ve birkaç devre devam eder. Aşağıdaki tanımlamada aşırı kuyruklanma hem doygun durum için hem de doygun altı durumlar için verilmiştir.

$x > x_0$  için;

$$N_0 = \frac{Q * T_f}{4} \left( z + \sqrt{z^2 + \frac{12(x - x_0)}{Q * T_f}} \right) \quad (5.38)$$

değerini alır.  $x$ 'in diğer tüm değerlerinde ise;  $N_0$ , sıfır değerini alır.

$N_0$  = Taşıt cinsinden ortalama kuyruk uzunluğu ( birden fazla şerit varsa, tüm şeritlerdeki taşıt sayısı toplamı )

$Q$  = devre kapasitesi ( taşıt / saat )

$T_f$  = ortalama akışın devam ettiği zaman aralığı – akım süresi ( sa )

$Q * T_f$  =  $T_f$  süresince geçebilecek maksimum taşıt sayısı

$x = q / Q$  doygunluk derecesi

$z = x - 1$  ( doygunluk derecesi, 1'den küçük olduğu zamanlarda negatif değere sahiptir )

$x_0 = 0.67 + ( s * g / 600 )$  olarak hesaplanan doygunluk derecesi. Kuyruğun yaklaşık olarak 0 olduğu doygunluk derecesi.

### ***Gecikme***

Sabit zamanlı ve izole bir kavşaktaki gecikme;

$$D = \frac{q * c * (1 - u)^2}{2 * (1 - y)} + N_0 * x \quad (5.39)$$

D = Toplam gecikme ( saat başına taşıt-saat ve sadece taşıt olarak )

q \* c = Devre başına gelen ortalama taşıt sayısı ( q = taşıt/sn cinsinde akım)

u = yeşil süre oranı ( g / c )

y = akım oranı ( q / s )

N<sub>0</sub> = ortalama aşırı kuyruk ( taşıt olarak )

Taşıt başına ortalama gecikme için genel formül: d = D / q ( saniye cinsinden )

### ***Durma sayıları***

Taşıt başına tam olarak ortalama durma oranı olarak adlandırılır ve h ile gösterilir. İzole sabit zamanlı bir izole kavşakta, bir akım için durma oranı,

$$h = 0.90 * \left( \frac{(1 - u)}{(1 - y)} + \frac{N_0}{q * c} \right) \quad (5.40a)$$

Bu formüldeki 0.90 bir katsayı olup kısmi durma için kullanılmıştır. Çoklu duruşların etkisi, doyumluk derecesinden büyük durumlar için önemlidir. Birim zamanda taşıt başına tam durma sayısı H,

$$H = q * h \quad (5.40b)$$

### ***Kuyruk uzunluğu***

Yeşil ışık başlangıcında, kuyruktaki taşıt sayısı,

$$N = q * r + N_0 \quad (5.41)$$

Kuyruk arkası ise;

$$N_b = (q * r / (1 - y)) + N_0 \quad (5.42)$$

$N_b$  = taşıt olarak kuyruk arkası

$N$  = duruş çizgisi kuyruğu

$r = c - g$  etkin kırmızı süre

$l$  = metre olarak taşıt boyu

$v$  = seyir hızı

Genel olarak  $l / v = 0,5$  ( $l = 7,2$  m. ve  $v = 14,4$  m/sn. ) olarak düşünülebilir. Daha genel olarak ise;  $N_b = 1,10 * N$  'dir. Yeşil süre başlangıcından bir süre sonra kuyrukta bekleyen taşıt sayısı maksimum olur. Bu da aşağıdaki formülde belirtilmiştir.

$$N_m = N / (1 - y) \quad (5.43)$$

Çok az aşılabilen bir kuyruk uzunluğu olan kritik kuyruk ise;

$$N_c = 2 * N_b \quad (5.44)$$

olarak tarif edilir.

*Yayalar*

Yaya başına ortalama gecikme,

$$d = r^2 / (2 * c) \text{ 'dir.} \quad (5.45)$$

$r$ : Efektif kırmızı süre ve

$c$ : Saniye olarak devre uzunluğudur.



Sinyalize kavşakta duran yaya sayısı ise;

$$h = q * r / c \text{ 'dir.} \quad (5.46)$$

q: trafik hacmi ( yaya / sn )

Yeşil süre başlangıcındaki kuyruk sayısı ise;

$$N = q * r \quad (5.47)$$

Q: ( yaya / sn ) ,

R: (sn) ve N ( yaya ) boyutundadır.

#### **5.1.2.6. Sinyal zamanlaması**

Sinyal zamanlaması yani devre süresi, yeşil süreler ve koordineli sinyaller için offsetler işletme koşullarının seçilmesiyle ortaya çıkar. Sinyal zamanlaması için geleneksel yöntemler, kavşak işletim faktörü olarak taşıt gecikmelerini ( izole kavşaklarda ) göz önüne aldığı halde, aslında, taşıt durmaları, kuyruk boyları, yay sürücü gecikmeleri ve durmaları da sinyal hesaplarında göz önüne alınmalıdır. Duruş değeri, gecikmeleri birleştiren bir faktör olarak, sinyal zamanlama hesabı için kullanılabilir.

Sinyal zamanlaması hesabi için ilk adım, hangi akımların kritik olduğunun saptanmasıdır. Bölüm 5'te yapılan kritik akım tanımlamaları yapıldıktan sonra kavşak kayıp zamanı ( L ), kavşak akım oranı ( Y ) ve kavşak yeşil süre oranı ( U ), kritik akım parametrelerinin ( l, y, u ) toplamı olarak tarif edilebilir.

#### ***Devre süresi***

Yaklaşık en uygun devre süresi

$$c_0 = \frac{(1.4 + k) * L + 6}{1 - Y} \quad (5.48)$$

$c_0$  = yaklaşık en uygun devre süresi ( sn )

L = kavşak kayıp zamanı ( sn )

Y = kavşak akım oranı

k = K / 100, duruş değeri parametresi

k = 0,40 minimum yakıt harcaması için

k = 0,20 minimum maliyet için

k = 0 minimum gecikme için

Eğer kritik akım kuyruk uzunluğunun minimum olması isteniyor ise; bu durumda  $k = - 0,30$  olarak alınmalıdır.

### ***Pratik devre süresi***

Maksimum doygunluk derecesinin altındaki bütün akımların doygunluk derecelerini garanti eden minimum devre süresi; pratik devre süresi olarak tarif edilir ve aşağıdaki bağıntı verilir.

$$c_p = L / ( 1 - U ) \quad (5.49)$$

U = Kavşak yeşil süre oranı

Eğer kritik akım için gerekli olan süre ( t ) maksimum kabul edilen doygunluk derecesi (  $100 * u + 1$  ) ile değil de yaya geçişi veya minimum taşıt süreye göre hesaplanırsa L ,  $g_m$ 'yi içerirken U ( kavşak yeşil süre oranı ) u'dan bağımsız olur.

Çok küçük akım koşullarında, bu bütün akımlar için doğrulanmakta, U değeri sıfır ve L tüm kritik akımların  $g_m$  değerlerini içerir. Bu durumda yukarıdaki \*\* formülü kesin minimum devre süresi formülüne dönüşür.

$$c_m = \sum (g_m + 1) \Rightarrow \sum (G_m + I) \text{ olur.} \quad (5.50)$$

Amaca uygun olarak farklı pratik doygunluk dereceleri ( $x_p$ ) seçilebilir. Genel olarak 0,90 olarak alınan pratik doygunluk derecesi farklı yöntemlerle de hesaba dahil olabilir ve daha iyi sonuçlar verebilir. Örneğin anayolda koordineli çalışan kavşaklarda anayol akımı için daha küçük pratik doygunluk dereceleri, tali yollar için ise; daha büyük pratik doygunluk dereceleri seçilir. Böylece anayolda daha iyi bir akış sağlanabilir. Pratik doygunluk derecesi değeri büyük seçilirse devre süreleri daha küçülür.

Devre süresinin seçimi

$c_p$  ve  $c_0$  hesap edildikten sonra  $c$  değeri;

$c \leq c_{\max}$  olacak şekilde  $c_p$  ile  $c_0$  arasında seçilmelidir.  $c$  'nin üst sınırı olan  $c_{\max}$  değeri önceden belirlenmelidir. ( Örneğin  $c_{\max} = 120$  sn. olarak )

### Yeşil süreler

Seçilen bir devre süresi için yeşil sürelerin hesabı aşağıdaki adımlar izlenerek bulunabilir.

- Kritik akımların yeşil süreleri hesap edilir.
- Kritik olmayan akımların yeşil süreleri hesap edilir.
- Faz yeşil süreleri hesap edilir.

Genel olarak akım-faz zamanı ilişkisi diğer formüllerin bir temeli durumundadır ve şu şekilde tarif edilir:

$$\sum_{k=i}^{k-1} (G + I) \quad (5.51)$$

### Kritik akımın yeşil süresi

Belirli bir devre süresi  $c$  için, toplam elde edilebilir efektif yeşil süre  $c - L$  'dir.  $L$  toplam kritik akımların kayıp zamanıdır. Toplam efektif yeşil süre ise; aşağıdaki formüle göre dağıtılmalıdır.

$$g = \left( \frac{c - L}{U} \right)^* u \quad (5.52a)$$

Burada  $u$  ve  $U$  akım ve kavşak yeşil süre oranlarıdır. Bu formül hem eşit hem de eşit olmayan doyumluk dereceleri için geçerlidir. Eşit doyumluk dereceleri durumunda ( $u$ ,  $U$ ) yerine ( $y$ ,  $Y$ )'nin kullanılması aynı sonucu vermekte bu da Webster ve Miller'in geleneksel yöntemiyle aynı olmaktadır.

#### Kritik olmayan akımların yeşil süreleri

Tekrarlı akımların olmaması durumunda kritik akım yeşil süre hesabı, diğer akımlar ve faz yeşil süreleri hesabı için yeterli olacaktır. Bu durumda kritik olmayan bir akımın efektif yeşil süresi ( aynı fazda geçiş hakkı olan, yeşil süresi  $g_c$  ve kayıp zamanı  $l_c$  olan bir akım olarak ) aşağıdaki gibidir.

$$g = (g_c + l_c) - l \quad (5.52b)$$

Burada  $l$  söz konusu akımın kayıp zamanıdır.

Sadece tek bir tekrarlı akım olması durumunda ve bu akımda kritik akım ise; bu akımın efektif yeşil süresi ile kayıp zaman toplam bir devre süresi olarak alınır. Yani  $c^*$  alt devre süresi olmak üzere;

$$c^* = g_c + l_c \quad (5.52c)$$

olur. Daha sonra  $L^*$  tekrarlı olmayan akımların kayıp zamanlarının toplam olarak alınır, toplam yeşil süre  $C^* - L^*$  olarak tanımlanır. Bu durumda tekrarlı olmayan akımların yeşil süreleri aşağıdaki gibi dağıtılır.

$$g = \left( \frac{g^* - L^*}{U^*} \right) * u \quad (5.52d)$$

Eğer herhangi bir akım için  $g = g_m$  olursa  $g$  ve  $g_m$ ' den uygun olanı seçilir. Alt devredeki herhangi bir akım eğer minimum yeşil süreye sahip ise; toplam kayıp zaman ( $L^*$ ) bu  $g_m$  değerini içermeli fakat  $U^*$ 'nin hesabında bu akımın  $u$  değeri kullanılmamalıdır. Bu akımlar için yeşil süre  $g = g_m$  alınmalıdır.

Eğer bütün akımların yeşil süreleri minimum ise; ( $g = g_m$ ) bu durumda istenildiği gibi kullanılacak bir yeşil süre ortaya çıkar. Eğer tekrarlı olmayan akımlar kritik ise; kritik olmayan akımın yeşil süresi;

$$g = \sum g_c - \sum l_c \geq 1 \quad (5.52e)$$

olarak bulunur. Burada  $g_c$  ve  $l_c$  tekrarlı olmayan kritik akımların yeşil süreleri ve kayıp zamanları, 1 ise; tekrarlı akım kayıp zamanıdır.

#### Faz yeşil süreler

Bir faz için görülen yeşil süre;

$$G = (g + 1) - I \text{ 'dir.} \quad (5.53)$$

( $g + 1$ ): sadece fazda geçiş hakkı olan bir akıma ayrılan zaman ve

I: Bu fazın yeşiller arası süresidir.

Eğer bir fazda tekrarlı olmayan bir akım yok ise; bu durumda yeşil süreler aşağıdaki genel formülle bulunur.

$$\sum_{k=i}^{k-1} G + I$$

(5.54)

### 5.1.3. Yöntem Karşılaştırılması ve Sonuç

Kavşak kapasite ve analiz yöntemlerinde amaç kavşaktaki akımlar için en uygun yeşil süreleri belirlemektir. Bunun için birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu çalışmamızda incelenen Amerikan ve Avustralya Yöntemleri kapasite analiz yöntemlerinden sadece ikisidir. Her iki yöntemde de en uygun yeşil süreleri hesaplamak için öncelikle doyumluk dereceleri hesaplanır. Ancak bu doyumluk dereceleri birbirlerinden farklıdır. Amerikan yönteminde doyumluk derecesi düzeltilmiş akım hacminin düzeltilmiş doyum akım değerine bölümünden hesaplanırken, Avustralya yönteminde ise; yeşil süre oranının akım oranına bölümünden elde edilir.

Yeni bir faz diyagramı oluşturulacağı ve yeni yeşil süreler belirleneceği zaman Amerikan yöntemi yukarıda tarif edildiği gibi doyumluk derecesini kullanır. Ancak Avustralya yöntemi örnek bir faz planından ve yeşil sürelerinden hareketle yeni yeşil süreleri hesaplar. Yani yeşil süreleri önce tahmin eder ve daha sonra tüm akımlar için doyumluk derecelerinin en uygun olduğu devre süresini bulmaya çalışır. İkinci yöntem öneri bir faz planı oluşturulurken daha iyi sonuçlar verir.

## 5.2. DÖNEL KAVŞAKLARDA KAPASİTE ANALİZ YÖNTEMLERİ

Dönel kavşakların kapasitelerinin hesaplanmasında iki temel yaklaşım kullanılmaktadır:

- a. Regresyon analizi yöntemi (ampirik veya geometrik yöntem);
- b. Kritik aralık kabul yöntemi (analitik veya davranışsal yöntem).

Geometrik yöntem, zirve saatlerde dönel kavşağa giren ve kavşakta dönüş hareketini yapan araçlar arasındaki etkileşimi incelemektedir. Yöntemin uygulamasında, regresyon parametre değerlerinin, bağlı geometrik parametrelerle ilişkilendirilmesine çalışılmaktadır. Bu geometrik parametrelere örnek olarak şerit sayısı, yuvarlak ada çapı, dönel kavşağa bağlanan kol sayısı, yaklaşımın giriş ve çıkış noktaları arasındaki mesafe, v.b. gösterilebilir (Janssens, 1994).

Davranışsal yöntemde ise kavşağın, geçiş hakkına sahip dairesel bir tek yönlü yola bağlanan T şeklinde kavşaklardan oluştuğu kabul edilmektedir. Bu, sürücü davranışına ve kritik aralık kabul teorilerine dayanan klasik kavşak teorisinin uygulanmasını mümkün kılmaktadır (Janssens, 1994). Yukarıda açıklanan teorilere bağlı olarak Avrupa'nın çeşitli ülkelerinde ve Avustralya'da birtakım hesap yöntemleri geliştirilmiş ve uygulamaya konulmuştur.

Geometrik yönteme bağlı olarak anlamlı bir kapasite hesabı yapılabilmesi için incelenen kolda en azından yarım saat boyunca sürekli kuyruk olması gerekmektedir. Bu durum dışında yapılan regresyon analizleri, anlamlı sonuçlar vermemektedir. Bu nedenle, davranışsal yöntemlerin kullanılması yoluna gidilmektedir.

Davranışsal yöntemlerin en önemlisi, kritik aralık kabulü yöntemidir. Aşağıda regresyon modelleri ve kritik aralık kabulü modelleri ayrıntılı biçimde incelenmiştir.

### **5.2.1. Regresyon Analizi Yöntemi**

Kimber (1980), davranışsal yönteme alternatif olarak regresyon modellerini önermiştir. Bu yöntemin amacı, değişik trafik akım parametreleri ve geometrik elemanlar arasında bir ilişki aramaktır. Bu yöntemle yapılan en önemli çalışmalar, İngiliz, Alman ve Fransız yöntemleridir. Bu yöntemler esas alınarak, İsviçre, Norveç gibi ülkelerde de regresyon analizine dayanan yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlere göre, bir şeridin kapasitesi aşağıdaki bağıntı kullanılarak hesaplanabilir:

$$Q_e = F - f_c Q_c \quad (5.55)$$

$Q_e$  = Kavşağa girebilecek maksimum araç sayısı

(araç/sa),

$Q_c$  = Dönen araç sayısı (araç/sa),

F ve  $f_c$  = Geometri ve trafik akımına bağlı parametrelerdir.

(F maksimum kapasiteyi verir)(Janssens, 1994)

Çalışmada, diğer ülkelerdeki yöntemlere örnek teşkil etmesi sebebiyle, İngiliz yöntemi incelenmiştir.

### 5.2.1.1. İngiliz yöntemi

Dünyada dönel kavşakların en yaygın ve etkin kullanıldığı ülkelerden biri İngiltere'dir. İngiltere, dünyada dönen araçların geçiş üstünlüğüne sahip olması kuralını ortaya atan ve bu kurala bağlı olarak kapasite formülünü ilk geliştiren ülke özelliğini de taşımaktadır.

İngiltere'de 1963 yılına kadar, dönel kavşaklarda ada yarıçapı ne denli büyük olursa ve örülme mesafesi ne kadar uzun olursa, kavşak kapasitesinin de o denli fazla olacağı kabul edilmekteydi. Kavşak kapasite hesapları da, örülme problemi olarak düşünülerek yapılmaktaydı. Ancak bu tarihten itibaren, dönen araçların geçiş üstünlüğü tartışılmaya başlandı. Yapılan çalışmalarda, "dönen araca yol ver" kuralının uygulanmasıyla, yüksek yoğunluklu kavşaklarda kavşak kapasitesinin en az %10 arttığı, araç başına düşen ortalama gecikmenin 30 saniye veya %40 oranında azaldığı, görülmüştür (Blackmoore 1963, s.5).

### *İlk kapasite hesap prensipleri*

Dönel kavşakların kapasitelerinin hesaplanmasındaki ilk çalışmalar, 1930'lu yıllarda Watson ve Royal-Dawson tarafından gerçekleştirilmiştir. Her ikisi de probleme, bir örülme alanından geçebilen araç sayısının araçların fiziksel özelliklerini, seyir hızlarını ve kesişen akımların birleşme açılarını dikkate alınarak hesaplanması üzerinde çalışmışlardır. Çalışmaların sonucunda çeşitli kavşak geometrileri için 1200~1800 araç/sa arasında değişen kapasite değerleri



hesaplamışlardır. 1942 yılında, Amerika'da yapılan çalışmalara bağlı olarak erişilebilecek maksimum kapasitenin 1500 araç/sa olduğunu söylemiştir (Ashworth ve Field 1973 s.14).

Dönel kavşağın kapasitesinin örülen trafiğe bağlı olarak bulunabileceğini ilk olarak Clayton araştırmıştır. Clayton daha önce de, örülme açısına ve dönüş şeridi sayısına bağlı olarak bir "örülme faktörü" ( $F_w$ ) tanımlamıştır. Geliştirilmiş Clayton formülünde örülme faktörü, örülen trafik oranına (örülme hareketi yapan araç sayısı ile, toplam araç sayısı), birleşme açısına ve örülme alanının genişliğine ( $w_w$ ) bağlı olarak hesaplanmaktadır (Ashworth ve Field 1973, s.21).

$$F_w = 1 - \frac{\psi \phi}{90} \left( 1 - \frac{40}{3w_w} \right) \quad (5.56)$$

Burada formülün orijinal şeklinde

$$\psi = \frac{2}{3} (1 + 2p) \quad (5.57)$$

olarak yazılmıştır. Ancak Road Research Laboratory tarafından yürütülen testler sonucunda bu değer

$$\psi = \frac{8}{9} \left( 1 + \frac{p}{2} \right) \quad (5.58)$$

L: Örülme uzunluğu

$w_e$ : Ortalama giriş genişliği

p: Örülme hareketinde bulunan araç oranı

h: Ağır ve orta ağır araç oranı

şeklini almıştır.

Clayton'ın çalışmaları, ilk etapta çok az sayıda gözlemsel çalışmadan yararlanmış olmasına rağmen, büyük kabul görmüştür. Ancak gerek İngiltere'de gerekse Amerika'da Clayton'ın çalışmaları baz alınarak bazı araştırmalar yürütülmüştür. Bu araştırmaların sonucunda, analiz yapılan alanın kapasitesinin aşağıdaki faktörlere bağlı olduğu bulunmuştur:

Bu değişkenler kullanılarak, aşağıdaki kapasite ( $Q_e$ ) formülü yazılmıştır (Ashworth ve Field, 1973):

$$Q_e = \frac{108w_w(1 + W_e/W_w)(1 - p/3)}{(1 + w_w/L)} \quad (5.59)$$

Bu formül, Wardrop formülü olarak adlandırılmaktadır. Pratik kapasite değeri, yukarıdaki formülden elde edilen kapasite değerinin %80'i alınmak suretiyle bulunabilir. Bunun sebebi, önceki ve sonraki örülme alanlarının, incelenen örülme alanı kapasitesi üzerindeki etkileridir. (Ashworth ve Field 1973, s.21)

"Dönen araç geçiş önceliğine sahiptir" kuralının Kasım 1966'da kabul edilmesinden sonra, bu kurala bağlı olarak kapasite hesap yöntemi ilk olarak Tanner tarafından geliştirilmiştir.

### ***Günümüzde Kullanılan Hesap Yöntemi***

Bu yöntem, 1970'li yılların ikinci yarısında Kimber tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntem ayrıca ARCADY adlı bir programla genel kullanıma daha uygun ve pratik hale getirilmiştir. Bu yöntem, regresyon analizini temel alan analitik yöntemlerden biridir. Bu yöntemle göre öncelikle kavşağa bağlanan kolların kapasitesinin, bu

koldaki akımların karşılaşacağı ada çevresinde dönen akımların bir fonksiyonu olduğu kabulüne dayanmaktadır.

Bu yöntemin geliştirilmesi sırasında İngiltere'de 122 kavşak üzerinde gözlem yapılmıştır. Ayrıca Road Research Laboratory'de 40 adet deney düzenlenmiştir. Toplam 750,000 araç üzerinde yaklaşık 17,000 dakikalık gözlem yapılmıştır. Çalışmalar sonucunda, kapasite üzerinde en etkili parametrelerden birinin, kavşağa bağlanan kolun etkin şekilde kullanılan genişliği olduğu görülmüştür. Diğer etkili değişkenler ise kavşağa giriş açısı, kurb (eğrilik) yarıçapı, kavşağın genel geometrisi ile gözlemlerin gündüz veya gece yapılması olarak sıralanabilir. (Akad,1994)

Arazi verilerine uygulanan regresyon teknikleri sonucunda, yaklaşım kolu kapasitesi ile ada çevresinde dönen hacim arasındaki bağıntı:

$$Q_e = F - f_c \cdot Q_c \quad (5.60)$$

şeklinde elde edilmiştir.

Burada

$Q_c$  = Dönen akım (araç/sa),

F ve  $f_c$  ise kavşağın geometrisi ile ilgili parametrelerdir.

Bu parametreler aşağıdaki bağıntılardan hesaplanabilir:

$$F = 303 \cdot x_2 \cdot k \quad (5.61)$$

$$f_c = 0.210 \cdot t_D \cdot k \cdot (1 + 0.2 \cdot x_2) \quad (5.62)$$

Bu iki denklemdeki değişkenler ise aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$k = 1 - 0.00347 * ( - 30) - 0.978*(1/r - 0.05) \quad (5.64)$$

(5.63)

$$t_D = 1 + \frac{0.5}{1 + e^{[(D_c - 60)/10]}} \quad (5.65)$$

$$x_2 = w_a + \frac{w_e - w_a}{1 + 2 * V}$$

$w_a$  = yaklaşım kolunun yarı genişliği,

$w_e$  = yaklaşım kolun ağzında, kavşak dış kenarına dik olarak ölçülen açıklık,

$r$  = giriş yarıçapı (yaklaşım kolunun ağzındaki minimum eğrilik yarıçapı),

= giriş açısı (kavşağa giren ve ada etrafında dönen akımların yörüngeleri arasındaki açı),

$l'$  = yaklaşım kolunun ağız bölgesinde ortalama etkin genişleme uzunluğu

$D_c$  = kavşağın yarıçapıdır

Şekil 5.10'dan da görülebileceği gibi burada;

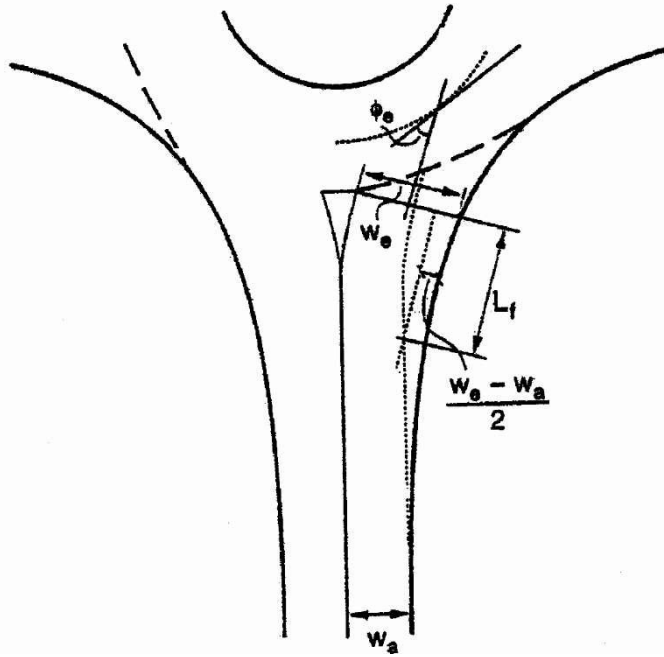
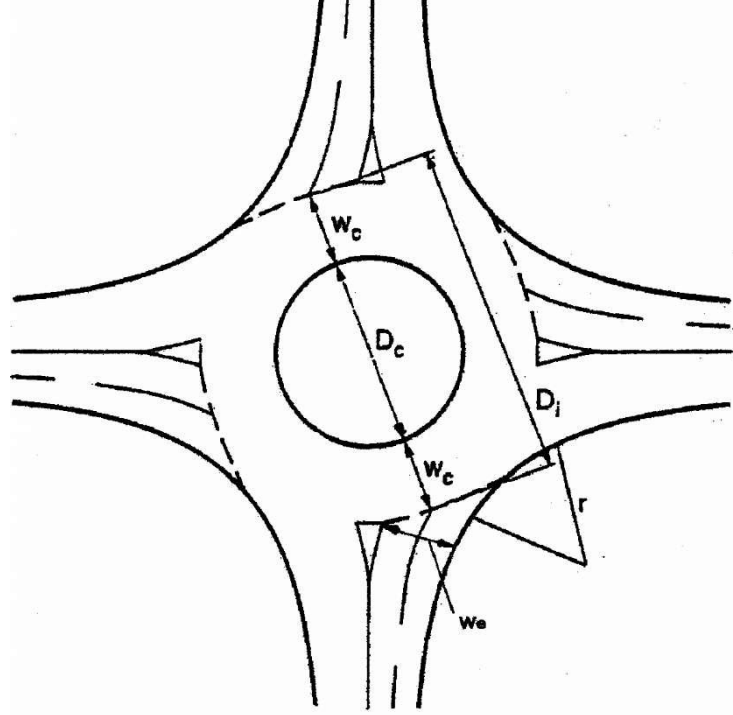
İngiliz kavşak kapasite hesabındaki bir sonraki aşama, kavşağın bütün kolları arasındaki etkileşimleri de dikkate alarak bir dengeleme yapmaktır. Bu işlemi gerçekleştirebilmek için basit iterasyon yöntemleri veya doğrusal programlamaya dayalı algoritmaların kullanılması mümkündür. (Akad, 1994) (Janssens, 1994) (Akçelik,1998)

Yukarıda belirtilen değişkenlerin alabilecekleri değerler Tablo 5.6'da görülmektedir.

**Tablo 5.6: Giriş Kapasite parametrelerinin ölçülmüş ve pratik değerleri (Kerenyi, 1998)**

Notasyon	Pratik Aralık	Ölçülen Aralık
$l'$	10.0-100.0 m	1.0-30.0 m
$W_e$	4.0-15.0 m	3.6-16.5 m
$W_a$	2.0-7.3 m	1.9-12.5 m
	10-60	0-77
$R$	6.0-100.0 m	3.4 m-sonsuz
$Di$	15.0-100.0 m	13.5-171.6 m
$V$		0-2.9

Kaynak: Tanyel, S., (2001). Türkiye'deki Dönel Kavşaklar İçin Kapasite Hesap Yöntemi.  
Doktora Tezi.- İstanbul Teknik Üniversitesi FBE



Kaynak: Tanyel, S., (2001). Türkiye'deki Dönel Kavşaklar İçin Kapasite Hesap Yöntemi. *Doktora Tezi*. İstanbul Teknik Üniversitesi FBE

**Şekil 5.10: İngiliz yönteminde kullanılan geometrik parametreler (Akçelik,1998)**

## 5.2.2. Kritik Aralık Kabulü Yöntemi

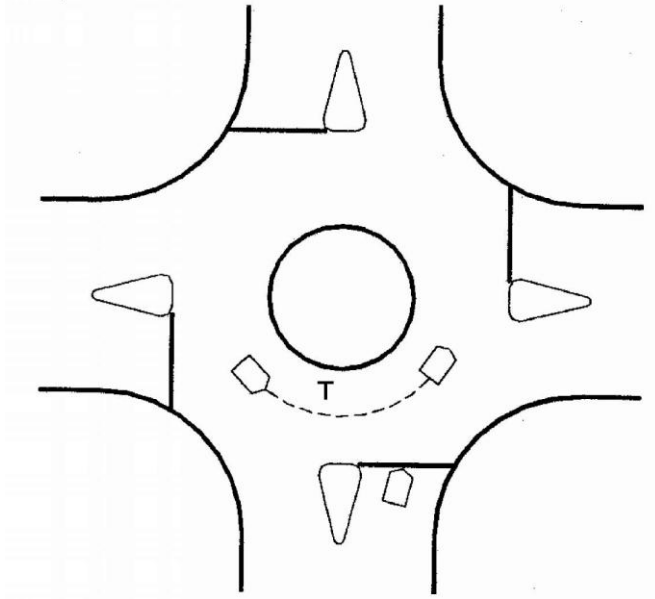
### 5.2.2.1.Genel

Yanyoldan kavşağa gelen bir sürücü, kavşak boş fakat anayoldan kavşağa yaklaşan taşıt varsa önegiriş aralığı (lag) ile, kavşak dolu ve kavşağa yaklaşmakta olan taşıt var ise, bu anayol taşıtları arasındaki arayagiriş aralığı (gap) ile karşılaşacaktır.(Gedizlioğlu 1979a) Diğer bir tanımla yan yoldan gelen bir sürücü ana akım içine ancak ana akımda kendisi için güvenli gördüğü "T" gibi bir zaman cinsinden kritik aralık değerine eşit veya daha büyük bir aralık bulunduğu katılabilecektir. (Hagring, 1996) Bu durum, Şekil 4.3'te görülmektedir. Kritik aralığın büyüklüğü, mümkün olan en az gecikme için seçilen en güvenli minimum zaman cinsinden aralık değeri olarak da ifade edilebilir.

Her sürücünün kabul ettiği aralık değeri birbirinden farklı olabilir. Bir sürücünün kabul ettiği bir aralık değerinden çok daha uzun bir aralık değerinin başka bir sürücü tarafından kabul edilmemesi sık görülen bir olaydır (Gedizlioğlu 1979a). Her sürücü kabul edeceği aralığı, belirli bir düşünce sonucunda seçmektedir. Bu seçimde sürücünün yaşı, cinsiyeti, fiziksel durumunun yanı sıra karakteri de önemli bir rol oynamaktadır. Bazı araştırmacılar, sürücülerin aynı kavşakta farklı davranışlarda bulduklarını da öne sürmektedirler (Gedizlioğlu 1979a) (Hagring, 1996a,1998) (Lassarre ve Lejeune,1991, s.258-269) (Fricker, ve diğ., 1991, s.297-307). Bazı araştırmacılar ise, kavşağı sık kullanan sürücülerin, edindikleri birtakım alışkanlıklar sonucunda daha küçük aralıkları kabul ettiklerini belirtmektedirler (Fricker, ve diğ. 1991, s.297-307). Ancak özellikle ikincisi, gözlemlenmesi çok güç olduğundan kesinlik kazanmamıştır.

Sürücüler arasındaki davranış farklılığı, aşağıdaki şekilde tanımlanabilir:

- Eğer bir sürücü hep aynı aralığı kabul ediyorsa bu sürücünün davranışı tutarlı olarak tanımlanabilir. Aksi takdirde, tutarsız bir sürücü olarak tanımlanır.
- Eğer sürücülerin seçtikleri aralık değerleri bütün sürücülerini kapsayacak bir dağılıma aitse bu sürücüler homojen, eğer değilse homojen olmayan sürücüler olarak tanımlanırlar. (Hagring, 1998)



Kaynak: Tanyel, S., (2001). Türkiye'deki Dönel Kavşaklar İçin Kapasite Hesap Yöntemi. *Doktora Tezi*. İstanbul Teknik Üniversitesi FBE

**Şekil 5.11: Kritik aralık kabulü (Hagring, 1996a)**

Yukarıdaki açıklamalar ışığında sürücü davranışları dört şekilde modellenenmektedir:

1. Homojen ve tutarlı: Her sürücü sabit bir aralık kabulüne sahiptir.
2. Homojen ve tutarsız: Sürücü, durma çizgisine her geldiğinde, dağılıma ait farklı bir aralık değeri seçmektedir
3. Homojen olmayan ve tutarlı: Her sürücünün kabul ettiği sabit bir aralık değeri vardır fakat bu aralık değerlerinin dağılımı bir sürücü grubu için ifade edilmektedir.
4. Homojen olmayan ve tutarsız: Sürücülerin tutarsızlığına bağlı olarak, her sürücü veya bir grup sürücü, ayrı bir kritik aralık dağılımına sahiptirler. (Hagring, 1998)

Yapılan çalışmalar, homojen olmayan ve tutarsız sürücü davranışının, gerçek olayları daha iyi karakterize ettiğini göstermiştir. Ancak bu tip sürücü davranışlarının modellenmesi çok güçtür. Bu yüzden yapılmış olan çalışmalarda sürücülerin, homojen ve tutarlı oldukları kabul edilmiştir.

#### 5.2.2.2. Yöntemin Dayandığı Temeller

Kritik aralık değeri, genel aralık kabulü fonksiyonuyla tanımlanabilir: (Hagring, 1996a, 1998)

$$G(h) = P(\text{ herhangi bir sürücünün kabul edeceği aralık } \geq h)$$



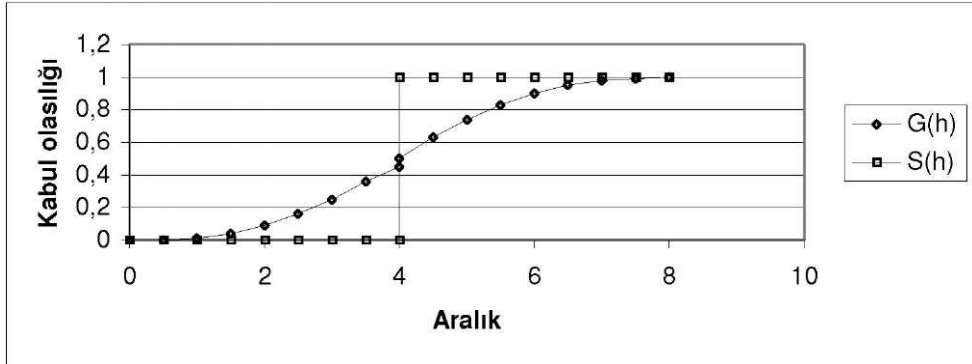
Normal şartlarda  $G(h)$  dağılımının ortalaması veya medyanı, kritik aralık değeri olarak kabul edilmektedir. Her ne kadar sürücü davranışı homojen olmayan ve tutarsız olarak kabul edilse de burada sürücü davranışının homojen ve tutarlı olduğu göz önüne alınarak yapılmaktadır. (Hagring, 1998) Bu kabule göre, belirli bir "T" değerinden kısa aralıklarda hiçbir yanyol sürücüsü kavşağa girmeyecek, daha uzun aralıklarda ise yanyol sürücülerinin tümü kavşağa gireceklerdir. (Gedizlioğlu 1979a) Buna göre sonuç basamak fonksiyonu (step-function) aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$S(h) = \theta(h-T) \quad (5.66)$$

Burada

$$\theta(x) = 0 \text{ eğer } x < t, = 1 \text{ eğer } x > t$$

T=  $G(h)$ 'ın ortalaması veya medyanıdır.



Kaynak: Tanyel, S., (2001)

**Şekil 5.12: Aralık kabulü fonksiyonları**

Karar verme durumunda dikkate alınması gereken nokta,  $G(h)$ 'ın "h" değerinin bir ön giriş aralığı mı yoksa araya giriş aralığını mı belirttiğidir. Bu durumla seçilen aralığın kritik araya giriş aralığı ( $T_g$ ) veya kritik önegiriş aralığı ( $T_1$ ) olup olmadığının belirlenmesinde de karşılaşılmaktadır. Bu karışıklığın önlenmesi amacıyla kritik önegiriş aralığı ve araya giriş aralıklarının birbirlerine eşit olduğu kabul edilmiştir.

Kavşağa, oluşan bir aralıkta girebilecek araç sayısı, aralığın büyüklüğüne ve yan koldan giren araçların takip aralıklarına bağlıdır. Eğer tali akımdaki araçlar arasındaki zaman cinsinden aralık değerinin sabit olduğu kabul edilirse, model aşağıdaki şekilde basite indirgenebilir:

$$T(n) = T + (n - 1) \cdot T_0 \quad (5.67)$$

Burada

$T(n)$  = Sadece ve sadece "n" sayıda tali akımdaki aracın girebileceği kadar büyük aralık değeri

$T_0$  = Takip aralığıdır.

Böylece "h" aralığında kavşağa girebilecek araç sayısı ( $N_h$ ) aşağıdaki şekilde tanımlanabilir:

$$N_h = [1 + (h - T) / T_0] \quad (5.68)$$

### 5.2.2.3. Kritik Aralık Değerinin Belirlenmesi

Hewitt, kritik aralık değerinin belirlenmesinde üç güçlükle karşılaştığını belirtmiştir:

1. Kritik aralık değeri doğrudan ölçülemez; ancak kabul edilen ve reddedilen aralık değerleri belirlenebilir.
2. Uzun aralık değerlerinin kabul eden sürücülerin oranının gerçek değerinden daha yüksek tahmin edilmesi, karşılaşılan diğer bir sorundur. Belli bir aralık değerini seçen sürücülerin oranı ile, bu değerden daha küçük aralıkları seçen sürücülerin oranları, birbirinin aynısı değildir. Bu, eğer dikkat edilmezse, hesaplamalarda problem çıkartabilir.
3. Üçüncü önemli faktör ise, ana akımdaki araçlar arasındaki aralıkların dağılımına bağlı olmasıdır. Bu dağılımlar sağa çarpık olduklarından, küçük aralıklar daha sık görüleceklerdir. Bu da küçük aralık kabulü değerleri için daha sağlıklı gözlemler

yapılabilecekken; uzun kabul aralığına sahip sürücülere ait gözlem verilerinin yetersiz olabileceği sonucunu doğurmaktadır. (Hagring, 1996a)

Kapasite analizlerinde incelenmesi gereken iki önemli parametre vardır:

1. Kritik aralık değeri (T)
2. Takip aralığı ( $T_o$ )

Her iki değer bulunmasında da iki farklı yöntem kullanılabilir:

1. Regresyon analizi
2. Takip ve kritik aralıkların dağılımlarının belirlenmesi.

Seigloch, yan yolda sürekli kuyruk bulunması durumunda kritik aralık değerinin hesaplanabileceğini öne sürmüştür. (Troutbeck ve Brilon, 1995) Bu yöntemin uygulanabilmesi için, yan yolda sürekli olarak en az bir araç bulunması gerekmektedir.

Yöntem şu şekilde tanımlanabilir:

Aralığın genişliği " $t$ " ve bu aralıkta kavşağa giren araç sayısı " $n$ " kaydedilir. Sadece " $n$ " sayıda sürücü tarafından kabul edilen aralıklar için ortalama aralık değeri " $E(t)$ " hesaplanır. Ortalama aralık değeri bağımlı değişken olarak kabul edilerek; bu aralıklarda kavşağa giren araç sayısı ile aralarında doğrusal regresyon yapılır.

Doğrunun eğimi " $T_0$ ", aralık eksenini kestiği nokta " $t_0$ " olarak kabul edilirse; kritik aralık değeri " $T$ ", aşağıdaki bağıntıdan hesaplanabilir (Troutbeck ve Brilon, 1995):

$$T = t_0 + \frac{T_0}{2} \quad (5.69)$$

Ancak yan yolda her zaman kuyruk görülmeyebilir. Bu durumda kritik aralık değeri, takip ve aralık kabulü değerlerinin dağılımlarının bulunması suretiyle hesaplanabilir. Yan yolda bulunan bir sürücü, bir tek giriş aralığı kabul edecek ve kavşağa girecektir. Fakat aynı sürücü, birden fazla aralığı da reddedebilir. Bu durumda,

reddedilen aralıkların en büyüğünün dikkate alınması uygun olacaktır (Gedizlioğlu 1979a) (Troutbeck ve Brilon, 1995) (Hagring, 1996a). Yapılan çalışmalar, Maksimum Olabilirlik Yönteminin kritik aralık değerinin belirlenmesinde uygun bir yöntem olduğunu göstermiştir (Troutbeck ve Brilon, 1995) (Hagring, 1996a). Bu yöntem, kullanıcının kritik aralık değerleri için bir dağılım kabul etmesini gerektirmektedir. Log-Normal dağılım, bunun için oldukça uygun bir dağılım olarak kabul edilmektedir.

Bir sürücünün pratik aralık kabulünün, " $r_i$ " ile " $a$ " arasında olma olasılığı  $F(a_i)$ - $F(r_i)$  ile gösterilebilir. Bütün sürücüler dikkate alındığında bağıntı:

$$\prod_{i=1}^n [F(a_i) - F(r_i)] \quad (5.70)$$

şeklini alır. Burada

$a_i$ :  $i$ 'inci sürücü tarafından kabul edilen aralık değeri (eğer hiç aralık kabul edilmemişse alınacak);

$r_i$ :  $i$ 'inci sürücü tarafından reddedilen en büyük aralık değeri (eğer hiç aralık reddilmemişse 0 alınacak);

$F(x)$ : Normal dağılıma ait kümülatif dağılım fonksiyonudur.

(4.30) ile belirtilen olasılığın logaritması alınır:

$$L = \sum_{i=1}^n \ln[F(a_i) - F(r_i)] \quad (5.71)$$

yazılabilir. En büyük L değerini veren ortalama ( $\mu$ ) ve varyans ( $\sigma^2$ ) değerleri ise, aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$\frac{\partial L}{\partial \mu} = 0 \quad (5.72)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \sigma^2} = 0 \quad (5.73)$$

Cebir kurallarından yararlanılarak 4.32 ve 4.33 şu şekilde düzenlenebilir (Troutbeck ve Brilon, 1995):

$$\frac{\partial F(x)}{\partial \mu} = f(x) \quad (5.74)$$

$$\frac{\partial F(x)}{\partial \sigma^2} = -\frac{x \cdot \mu}{\sigma^2} f(x) \quad (5.75)$$

4.34 ve 4.35 bağıntılarından yararlanılarak  $f$  ve  $\hat{\mu}$  değerlerinin iteratif olarak hesaplanabilmesi için şu bağıntılar elde edilir:

$$\sum_{i=1}^n \frac{f(r_i) - f(a_i)}{F(a_i) - F(r_i)} = 0 \quad (5.76)$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{(r_i - \hat{\mu})f(r_i) - (a_i - \hat{\mu})f(a_i)}{F(a_i) - F(r_i)} = 0 \quad (5.77)$$

Burada

$f(x)$  = Normal dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu;

$\mu$  = logaritması alınmış verilerin ortalaması;

$\sigma^2$  = ortalaması alınmış verilerin varyansı;

$\mu^\wedge$  = Tahmin edilmiş  $\mu$  değeridir (Hagring, 1996).

Kritik aralık değerinin ortalaması  $E(T)$  ve varyansı  $Var(T)$ , lognormal dağılımın bir fonksiyonu şeklinde yazılabilir:

$$E(T) = e^{\mu+0.5\sigma^2} \quad (5.78)$$

$$Var(T) = E(T)^2 (e^{\sigma^2} - 1) \quad (5.79)$$

Kritik aralık değeri,  $E(T)$  olarak alınabilir. Yukarıda anlatılan yöntem çok karışık olmasına karşın, oldukça iyi sonuçlar vermektedir.

Kritik aralığın hesaplanması amacıyla daha pratik yöntemler de önerilmiştir. Bunlara rnek olarak Miller' ın kritik aralık bağıntısı gösterilebilir:

$$T = \mu + \frac{1}{2} \sigma^2 \frac{f'(\mu)}{f(\mu)} \quad (5.80)$$

Burada  $f(x)$ , giriş aralıklarının olasılık yoğunluk fonksiyonudur. Eğer giriş aralıkları negatif üssel dağılımda ise:

$$T = \mu - \frac{1}{2} q_c \sigma^2 \quad (5.81)$$

bağıntısı bulunabilir (Gedizlioğlu 1979a).

Ashworth, kritik aralık değerlerinin uyduğu dağılımın bilinmesi halinde, kritik aralık değerinin aşağıda verilen bağıntıdan hesaplanabileceğini ne srmuştr:

$$E(T) = E(t_a) + q_c Var(t_a) \quad (5.82)$$

$E(t_a)$  = Kritik aralık değerlerinin uyduğu dağılımın ortalaması;

$Var(t_a)$  = Kritik aralık değerlerinin uyduğu dağılımın varyansı;  
 $q_c$  = Ana akım değeri (araç/saniye) dir (Troutbeck ve Brilon, 1995).

Araştırmacılar, yol geometrisi veya ana akıma bağlı olarak kritik aralık kabulü değeri için yeni bağıntılar geliştirmeye çalışmışlardır. (Troutbeck 1991, s.238,257), kavşak yaklaşımındaki şeritleri ayrı ayrı inceleyerek takip aralığı  $T_o$  ve kritik aralık değerlerini hesaplama yoluna gitmiştir. Kavşak içindeki veya kavşak yaklaşımındaki şeritlerde bulunan trafik akımı değerlerinin eşit olması, sık karşılaşılmayan bir durumdur. Şeritlerden biri, diğerlerine oranla daha fazla araç tarafından kullanılacaktır. Troutbeck (1991), bu durumu göz önünde bulundurarak, en fazla trafik akımını geçiren şeridi "baskın" şerit olarak tanımlamış ve bu şeritteki takip aralığını öncelikle hesaplayarak; diğer şeritlerdeki takip aralıklarını ve kritik aralık kabulü değerlerini bulmayı amaçlamıştır.

Baskın şeritteki takip aralığı değeri ( $T_{odom}$ ), aşağıdaki bağıntıdan bulunabilir:

$$T_{odom} = 3,37 - 0,000394 \cdot Q_c - 0,0208 \cdot D_i + 0,0000889 \cdot D_i^2 - 0,395 \cdot n_e + 0,388 \quad (5.83)$$

$Q_c$  = dönen akım (araç/s a);  $D_i$  = Dıştan dışa çap ;

$n_e$  = giriş şeridi sayısı;

$n_c$  = dönüş şeridi sayısıdır.

Diğer şeritlerdeki takip aralığı değerleri ( $T_{osub}$ ) ise, aşağıdaki bağıntıdan hesaplanabilir:

$$T_{osub} = 2,149 + 0,5135T_{odom} \frac{Q_{dom}}{Q_{sub}} - 0,8735 \frac{Q_{dom}}{Q_{sub}} \quad (5.84)$$

Burada

$Q_{dom}$ : Baskın şeritteki akım

(araç/saat);  $Q_{sub}$ : Diğer şeritteki

akım (araç/saat) dır.

Troutbeck (1991), kritik aralık değerinin takip aralığı değerine ( $T_o$ ), dönen akıma ( $Q_c$ ), dönüş şeridi sayısına ( $nc$ ) ve ortalama giriş şeridi genişliğine ( $w_e$ ) bağlı olduğunu öne sürmüştür. Buna göre her şeride ait kritik aralık kabulü değeri, aşağıdaki bağıntıdan hesaplanabilir:

$$\frac{T}{T_o} = 3,6135 - 0,0003137 \cdot Q_c - 0,3390 \cdot w_e - 0,2775 \cdot n_c \quad (5.85)$$

Akçelik (1998), dönel kavşaklar için Troutbeck'in (1991) bulduğu kritik aralık kabulü bağıntılarını kabul etmiş, ancak 4.45 bağıntısının dönen akım 1200 araç/saat'e eşit veya daha küçük olması durumunda geçerli olabileceğini belirtmiştir. Daha yüksek dönüş hacimleri için, aşağıdaki bağıntıyı önermiştir:

$$T = (3,2371 - 0,339 \cdot w_e - 0,2775 \cdot n_c) T_o \quad (5.86)$$

İsveç kapasite analiz yöntemi olan CAPCAL'da (Statens, 1995) da aynı şekilde her şerit ayrı ayrı incelenerek; kritik aralık değerinin hesaplanması yoluna gidilmeye çalışılmıştır. Troutbeck'in yönteminden farklı olarak, kritik aralık kabulü değerinin belirlenmesindeki etkin parametreler, örülme boyunu ( $L$ ) ve örülme alanının genişliğidir ( $w_w$ ). Bir diğer farklılık, her şeritteki manevralar (sağa veya sola dönüş veya doğru geçiş) için ayrı kritik aralık kabulü değerleri bulunmaya çalışılmaktadır: Sağa dönen araçlar için:

$$T = 3,06 + 1,1 \frac{w_w}{L} + 2,375 \left( \frac{w_w}{L} \right)^2 \quad (5.87a)$$



Sola dönen ve doğru geçen araçlar için:

$$T = 3,06 + 2,6 \frac{w_w}{L} + 2,75 \left( \frac{w_w}{L} \right)^2 \quad (5.87b)$$

Burada

L:Örülme alanı boyu;

$w_w$ : Örülme alanı genişliğidir.

Hagring (1996a), kritik aralık kabulü değerinin belirlenmesinde CAPCAL' la aynı parametreleri kullanmış fakat farklı olarak aşağıdaki bağıntıyı önermiştir:

$$T = 3,91 - 0,0278L + 0,121w_w + 0,592(N_L - 1) \quad (5.88)$$

$N_L$ : incelenen şeride bağlı bir parametre ( sağ şerit için "0", sol şerit için "1")

### 5.2.3. Gecikme

Bir kavşağın performansının belirlenmesinde dikkate alınabilecek en önemli parametrelerden biri de gecikmedir. Bir kavşağın hizmet seviyesi, araç başına ortalama gecikmeye göre tanımlanabilir.

Gecikmeler iki ana başlık altında incelenebilir:

1. Geometrik gecikme.
2. Trafik koşullarına bağlı gecikmeler.

Kavşağa yaklaşan araçlar, dönel kavşağa girmek için geometrik elemanlar sebebiyle yavaşlayacaklar; kavşak içindeki ada etrafında dönerken normalden daha uzun mesafe kat edecekler ve kavşaktan çıkarken tekrar eski hızlarına dönerek kavşağı terk edeceklerdir. Bu manevralar sırasında ise, kavşakta daha uzun bir süre kalmaları gerekecektir. Bu uzun süre, geometrik gecikme olarak adlandırılabilir.

Trafik koşullarına bağlı gecikmeler ise, yanyoldan kavşağa girmek isteyen araçların, kavşağa girmek için bekledikleri ortalama süre olarak tanımlanabilir.

Tanner (1962), yanyol taşıtlarının ortalama gecikmeleri için, aşağıdaki bağıntıyı önerdiği daha önce belirtilmişti:

$$W_e = \frac{\frac{1}{2} E(y^2) / Y + q_e Y e^{(-q_c T_o)} [e^{q_c T_o} - T_o q_c - 1] / q_c}{1 - q_e Y (1 - e^{-T_o q_c})}$$

(5.89)

Burada yer alan E(y) ve Y değerleri, bağıntı 4.58a ve 4.58b'den bulunabilirler. E(y<sup>2</sup>) için ise, şu bağıntı önerilmiştir:

$$E(y^2) = \frac{2e^{q_c(T-\Delta)}}{q_c^2(1-\Delta q_c)^2} \left[ \frac{e^{q_c(T-\Delta)} - T q_c(1-\Delta q_c) - 1 + \Delta q_c - \Delta^2 q_c^2}{2} + \frac{\Delta^2 q_c^2}{1-\Delta q_c} \right] \quad (5.90)$$

Bu bağıntı, yanyoldaki taşıt sayısının gecikme üzerindeki etkisini belirtmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Buna benzer kabullerle elde edilmiş başka bağıntılar da bulunmaktadır. Örneğin Troutbeck, ortalama gecikmeyi daha önceki çalışmalarında aşağıdaki bağıntıyla tanımlamıştır (Akçelik ve Chung 1994, s.42-59):

$$W_e = w_m + 900\mathcal{S} \left[ (\rho - 1) + \sqrt{(\rho - 1)^2 + \frac{8k^* \rho}{Q_e \mathcal{S}}} \right] \quad (5.91)$$

$w_m$  = yanyol akımında görülen minimum gecikme;

$\mathcal{S}$  = analiz süresi (saat);

$r$  = doygunluk derecesi (akım/kapasite);

$\rho$  = gecikme parametresi;

$Q_e$  = yanyoldan girebilecek maksimum akım (araç/saat) dır.

Yukarıda verilen gecikme parametresi " $k^*$ " ise şu bağıntı yardımıyla hesaplanabilir:

$$k^* = \frac{w_m Q_e}{3600}$$

(5.92)

Çelik (1987), yaptığı çalışmalar sonucunda, çok düşük trafik akımlarında zaman faktörünün gecikme üzerinde hiçbir etkisinin bulunmadığını; talep akımı kapasiteye yaklaştıkça sistemin istatistiksel denge içinde olma özelliğini yitirdiğini; dolayısıyla zaman faktörünün kendisini göstermeye başladığını ve kapasite aşıldıktan sonra ise zamanın, gecikmeyi doğrudan doğruya etkilediğini gözlemlemiştir. Özellikle kapasitenin aşılması durumunda Tanner'ın (1962) gecikme formülünün iyi sonuçlar vermediğini göz önünde tutarak, yeni bir gecikme formülü önermiştir. Bu amaçla, hazırlanmış olduğu simülasyon programından elde ettiği verileri kullanmıştır. Önerilen bağıntı, şu şekilde yazılabilir:

$$W_e = (Tq_c)^2 e^{(1+0.23\Delta^2+0.65\rho^2 \log z)} \quad p \leq 1.1$$

(5.93a)

$$W_e = W_{e(1.1)} + 0.41z(\rho - 1.1) \quad p > 1.1$$

(5.93b)

Burada  $W_{e(1.1)}$ , (4.65a) bağıntısından bulunan gecikme değeri; "z" ise saniye cinsinden inceleme süresidir. Bugün önerilen gecikme bağıntılarından en çok kullanılanı, M/G/1 kuyruk modeli baz olarak alınan ve Pollaczek-Khintchine bağıntısı olarak da bilinen aşağıdaki bağıntıdır:

$$w_q = \frac{\rho w_{\min} (1 + C_w^2)}{2(1 - \rho)} \quad (5.94a)$$

$w_q$  = Yanyolda birinci aracın arkasında sıralanmış olan araçların ortalama gecikmesi(san.);

$C_w$  = Servis sürelerinin dağılım katsayısıdır ve şu bağıntıyla bulunabilir:

$$C_w = \frac{\sqrt{\text{var}(w_m)}}{w_m}$$

(5.94b)

$\text{var}(w_{\min})$ : Servis sürelerinin varyansı

Yanyoldaki araçların ortalama gecikmesi ise, 4.66 bağıntısından yararlanarak şu şekilde hesaplanabilir:

$$W_e = w_q + w_m \quad (5.95)$$

Troutbeck (1991), genel bir gecikme modeli olarak aşağıdaki bağıntıyı önermiştir:

$$W_e = w_m \left( 1 + \frac{\varepsilon \rho}{1 - \rho} \right)$$

(5.96)

Burada " $\varepsilon$ " bir katsayı olup aşağıdaki bağıntı yardımı ile hesaplanabilir:

$$\varepsilon = \frac{e^{\lambda T_0} - q_c T - 1 + q_c (e^{q_c T_0} - 1) w_m}{q_c (e^{q_c T_0} - 1) w_m} \quad (5.97)$$

" $\varepsilon$ " genelde, 1 olarak alınabilir.

Troutbeck sonraki çalışmalarında, Pollaczek-Khintchine bağıntısının özel bir halinin kullanılmasını önermiştir (Troutbeck 1998b. pp.54-63):

$$W_e = \frac{1}{q_e} \left(1 + \frac{C_s \rho}{\rho}\right)$$

(5.98)

Burada

$$C_s = \frac{1 + C_w^2}{2}$$

(5.99)

Şeklinde hesaplanabilir.  $C_w^2$ , düzenli servis süreleri için "0", rasgele servis süreleri için "1" alınabilir (Troutbeck ve Brilon, 1995).

Drew (1968), anayoldaki aralıkların Erlang dağılımına uyduğunu kabul etmiş ve buna bağlı olarak, "n" sayıda aralık bekleyen yanyol sürücülerinin gecikme dağılımının ortalamasını;

$$W_e = \frac{e^{Kq_c T} - \sum_{i=0}^{K-1} \frac{(Kq_c T)^i}{i!}}{q_c \sum_{i=0}^{K-1} \frac{(Kq_c T)^i}{i!}}$$

(5.100)

olarak vermiştir. Burada "K", Erlang sayısıdır. Eğer K=1 olarak alınırsa bağıntı,

$$W_e = \frac{(e^{q_c T} - 1 - q_c T)}{q_c}$$

(5.101)

şeklini alır ki; bu Ashworth' un bulduğu gecikme bağıntısının aynısıdır (Gedizlioğlu, 1979a). Yukarıdaki iki bağıntı incelendiğinde, yanyolda bulunan taşıt sayısının dikkate alınmadığı görülmektedir. Bu da özellikle bağıntı 4.73'ün, "ortalama minimum gecikme" veya ""servis gecikmesi" değerini verdiğini göstermektedir. Servis gecikmesi, yanyol taşıtlarının birbirlerinden bağımsız; diğer bir deyişle birbirlerinin hareketini engellememeleri durumunda karşılaşılan gecikme değeridir. Bu, yanyoldaki akımın hacminin çok düşük olduğu durumlarda görülür. Bu da yukarıdaki bağıntılarda kullanılan minimum gecikme değeri ile aynıdır ( $\hat{w}_e = w_m$ ).

Tanner (1962), yanyolda hiç kuyruk bulunmaması, yani  $q_c=0$  ve  $T_0=0$  olması durumu için minimum gecikme değerini aşağıdaki bağıntıyla tanımlamıştır:

$$w_m = \frac{e^{q_c(T-\Delta)}}{q_c(1-\Delta q_c)} - T - \frac{1-\Delta q_c + \Delta^2 q_c^2}{q_c(1-\Delta q_c)} + \frac{(1/2)\Delta^2 q_c}{(1-\Delta q_c)^2} \quad (5.102)$$

Troutbeck (1991), minimum gecikme değeri için, aşağıdaki bağıntıyı önermiştir:

$$w_m = \frac{e^{\lambda(T-\Delta)}}{\alpha q_c} - T - \frac{1}{\lambda} + \frac{\lambda \Delta^2 - 2\Delta + 2\Delta \alpha}{2(\lambda \Delta + \alpha)} \quad (5.103)$$

Bu bağıntı incelendiğinde, Tanner'ın bağıntısına oldukça benzediği görülmektedir. Aradaki farklılık, Tanner'ın negatif üssel dağılım, Troutbeck'in ise Cowan M3 dağılımı kullanmasından kaynaklanmaktadır.

Akçelik (1998), Troutbeck'in minimum gecikme bağıntısının yanı sıra, sinyalizasyon ile ilgili çalışmalarına dayanan şu bağıntıyı önermektedir:

$$w_m = (1 - T_0 q_e) \left( \frac{e^{\lambda(T-\Delta)}}{\alpha q_c} - \frac{1}{\lambda} - 0.5T_0 \right) \quad (5.104)$$

Bu bağıntı, diğerlerinden önemli bir farkla ayrılmaktadır: Akçelik, servis gecikmesinin hesaplanmasında, yanyoldaki akımı da dikkate almıştır.

#### 5.2.4.Ağır Araç Etkisi

Trafik akımlarının içinde yer alan ağır araçlar, trafik akımlarının karakteristiklerinin belirlenmesinde önemli rol oynamaktadırlar. Hızlarının diğer araçlara oranla daha düşük olmasının yanı sıra, yol üzerinde işgal ettikleri alan da diğer araçlara oranla daha fazla olduğundan, bir yol kesiminin veya bir kavşağın performansının tahmininde o yol kesimini veya kavşağı kullanan ağır araç oranının büyük önemi vardır.

Ağır araç etkisini hesaplarda dikkate almak için kullanılan genel yöntem, ağır araç sayısını eşdeğer birim oto değeri ile çarpmaktır. Ancak bu yöntem regresyon analizi ile kavşak kapasitesinin araştırılmasında etkili olurken, kritik aralık kabulü yöntemi için istenen hassasiyeti sağlamaktan oldukça uzaktır. Kritik aralık kabulünde önemli olan, sürücü davranışları ve birbirleriyle olan etkileşimleridir. Ağır araçlar, uzunlukları sebebiyle daha uzun zaman cinsinden aralık değerleri verirler. Bunun sonucunda kağıt üzerinde yan yoldaki araçlar için kabul edilebilir bir aralık olduğu görülürken; aslında aracın uzunluğu sebebiyle uzun bir blok oluşacaktır. Aynı şekilde bu araçların kritik aralık kabul değerleri de diğer araçlardan uzun olacaktır. Bütün bunlar, ağır araçların

kapasite ve performans ölçütleri üzerindeki etkisinin daha detaylı incelenmesi gereğini doğurmaktadır.

Türkiye gibi, gerek yük taşımacılığının, gerekse yolcu taşımacılığının büyük oranda karayolu ile yapıldığı bir ülkede, bu daha da önem kazanmaktadır. Şehir içinde toplu taşımacılık büyük oranda otobüslerle yapılmakta; bu da yollarda uzun otobüs kuyruklarının oluşmasına yol açmaktadır.

Dünyada yapılan çalışmalar, bir yöndeki akım içindeki ağır araç oranının %5'i aşması durumunda, ağır araç etkisinin incelenmesi gerektiği görülmüştür. (Statens, 1995) (Akçelik, 1998).

Akçelik (1998), ağır araç etkisinin, kapasite hesaplarında kullanılan dönen araç sayısı ( $q_c$ ) ve hesaplanan yanyol kapasite değerlerinin ( $q_e$ ) üzerindeki etkisini belirtmek amacıyla bir ağır araç katsayısı ( $f_{HV}$ ) önermiştir. Bu katsayı, aşağıdaki bağıntıdan elde edilebilir:

$$f_{HV} = \frac{1,0}{1 + (e_{HV} - 1)(p_{HV} - 0,05)} \quad P_{HV} > 0,05$$

(5.105a)

$$f_{HV} = 1,0 \quad P_{HV} \leq 0,05$$

(5.105b)

Burada

$f_{HV}$  = ağır araç düzeltme katsayısı;

$e_{HV}$  = ağır araç eşdeğer birim oto değeri (birim oto/araç);

$P_{HV}$  = akım içindeki ağır araç oranıdır.

Buna göre, düzeltilmiş dönen akım ( $q_{cd}$ ) ve düzeltilmiş giren akım ( $q_{ed}$ ) değerleri, aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:



$$q_{cd} = q_c / f_{HVc} \quad (5.106)$$

$$q_{ed} = q_e \cdot f_{HVe} \quad (5.107)$$

Burada  $f_{HVc}$ , dönen akıma,  $f_{HVe}$  ise giren akıma ait düzeltme katsayılarıdır. Yukarıdanda görülebileceği gibi, ağır araç oranı ana akım değerini arttıracak, yanyol kapasitesini ise azaltacak şekilde hesaplara dahil edilmektedir. Bu da gerçekte karşılaşılan durumu karakterize etmesi açısından önemlidir.

Avustralya'da  $e_{HV}$  değeri, 2,0 olarak alınmaktadır. İngiltere'de ise dönen akım için  $e_{HV}$ , 1,7; yanyoldaki akım içinse  $e_{HV}$ , 1,9 olarak alınmaktadır. Bu yöntem basit olmasına rağmen,  $e_{HV}$  değerleri ülkeden ülkeye farklılık gösterebilmektedir. Bu değerlerin belirlenmesi ise, ayrı bir çalışma gerektirir.

CAPCAL(Statents, 1995)'ise, akım içindeki ağır araç oranının büyüklüğüne bağlı olarak, kritik aralık kabulü değerlerinin büyütülmesi yoluna gidilmektedir. Bunun sonucunda, kapasitenin düştüğü görülecektir. Buna göre kritik aralık düzeltme faktörü ve düzeltilmiş kritik aralık değerleri, aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$\Delta T_i = p_{HV} - 0,1 \quad (5.108)$$

$$T_d = \sum_{i=1} \Delta T_i + T \quad (5.109)$$

Burada

$\Delta T_i = \text{"i"}$  şeridine ait düzeltme katsayısı,

















$T_d =$  düzeltilmiş kritik aralık kabulü değeridir.

Bu yöntem, diğerine oranla daha basit olmasına rağmen, "0,1" katsayısının kullanılabilirliğinin incelenmesi gerekmektedir.

### **5.3. KAPASİTE VE HİZMET DÜZEYİ**

Karayollarının ve kavşakların değerlendirilmesinde kapasite ve hizmet düzeyi önemli ölçütlerdir. Bir yol kesiminin kapasitesi; nazara alınan bir zaman dilimi içinde, hakim yol, trafik ve denetim koşullarında geçebilen saatlik en yüksek taşıt sayısıdır. Tanımda yer alan zaman dilimi olarak, genelde, trafik akımının kararlı olduğu en uzun süre olarak kabul edilen 15 dakika alınır. Kapasite yolun tek şeridi ya da bütünü için bir yön veya iki yön olarak verilir. Birimi taşıt/saat'dir. Yine tanımda geçen yol koşulları; şerit sayısı, şerit genişliği, banket genişliği, yatay ve düşey geometri ile ilgili karakteristikler, yan açıklık ve proje hızı gibi hususlardır. Trafik koşulları; trafik akımındaki araçların türleri, trafiğin şeritlere ve yönlere göre dağılımı gibi karakteristiklerdir. Denetim koşulları ise, nazara alınan yol kesimindeki trafik yönetimi ile ilgili her türlü denetim cihaz ve elemanları ile kanun, yönetmelik ve talimatlardır.

Hizmet düzeyi ise; yolu kullanan sürücüler ile yolcularca yoldaki işletme koşullarını kalitatif olarak değerlendirmede kullanılan bir ölçüttür. Hizmet düzeyi bir bakıma sürücüler ve yolcuların yoldaki trafik koşulları hakkındaki memnuniyet derecesi olarak da ifade edilebilir. Hizmet düzeyi kavramı sadece araçlar için değil bisiklet yolları, yaya yolları ve toplu taşıma için kullanılabilir.

Hizmet Düzeyi	OTOMOBİL	BİSİKLET	YAYA	OTOBÜS
A/B				 >4 Otobüs/saat
C/D				 2-4 Otobüs/saat
E/F				 < 1 Otobüs/saat
				

Kaynak: Koç, H., (2010) Eşdüzeyle kavşaklardan katlı kavşaklara geçiş örnekleri ve uygunluklarının değerlendirilmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul Teknik Üniversitesi FBE

**Şekil 5.13: Farklı türlere ait hizmet düzeyleri (FDOT, 2009)**

Yoldaki işletme koşullarını belirleyen başlıca parametreler; hız, yolculuk süresi, sürücünün şerit değiştirme ve önündeki aracı geçmedeki serbestlik derecesi, kavşak veya sinyal sebebiyle trafik kesiklikleri, sürücü/yolcu konfor ve huzuru ile trafik güvenliğidir. Genel olarak, A, B, C, D, E ve F olmak üzere altı hizmet düzeyi tanımlanmıştır. A hizmet düzeyi serbest akımın olduğu en iyi durumu, F hizmet düzeyi ise zorlamalı akımın yani sık sık dur-kalkların söz konusu olduğu en kötü durumu ifade eder. Hizmet hacmi ise; seçilen hizmet düzeyinin öngördüğü işletme koşullarında, yolun bir şeridi veya platformun tamamından hakim yol ve trafik koşullarında bir yönde geçebilen en yüksek saatlik taşıt sayısıdır.

İki şeritli-iki yönlü bölünmüş kent dışı yollarda farklı hizmet düzeylerindeki işletme koşulları aşağıdaki gibi açıklanabilir.(Yayla, 2006)

**A hizmet düzeyi** - Sürücülerin birbirlerinden etkilenmediği serbest akım durumudur. Bu hizmet düzeyinde sürücüler hızlarını seçmede, sollama ve şerit değiştirme

manevralarında büyük bir serbestliğe sahiptirler. Yolculuk konforu son derecede yüksektir. Bir sınırlandırma yoksa, ortalama hız 100 km/sa dolayındadır. Trafik akımında üç ve dört taşıttan oluşan kümelerle çok az rastlanır. Ortalama gecikme yüzdesi %30 dan küçüktür. En yüksek hizmet hacmi, iki yön toplamı olarak ideal koşullarda 420 oto/sa den küçüktür.

**B hizmet düzeyi** - Trafik akımı kararlıdır. Sürücülerin hızlarını seçme ve manevra olanaklarında önemli bir kısıtlama yoktur. Yolculuk konforu A hizmet düzeyindeki kadar olmasa da yine de yüksektir. Düz araziden geçen yollarda ortalama hız 90 km/sa, ortalama gecikme yüzdesi %45, hizmet hacmi iki yön için ve ideal koşullarda 750 oto/sa dolayındadır.

**C hizmet düzeyi** - Trafik akımında kararlı bir durum söz konusu olmakla birlikte, dönüş yapan veya yavaş seyreden taşıtlar zaman zaman trafikte sıkışmaya neden olurlar. Sürücülerin hızlarını seçmelerinde ve manevra olanaklarında kısıtlama vardır. Yolculuk konforu ve hızında azalma görülür. Hız 85 km/sa, gecikme yüzdesi %60, ideal şartlarda iki yön toplamı hizmet hacmi 1.200 oto/sa dolayındadır.

**D hizmet düzeyi** - Trafik akımında kararsız duruma yaklaşılmıştır. Sürücülerin, hızlarını seçme ve sollama isteklerinde yoldaki diğer araçlardan dolayı önemli sınırlama vardır. Yolculuk konforu düşüktür. Trafik hacminde küçük bir artma işletme koşullarında önemli sorunlar yaratır. Trafikte 5-10 taşıttan oluşan kümeler sıkça görülür. Ortalama hız düz kesimlerde 80 km/sa, ortalama gecikme yüzdesi %75, ideal koşullarda iki yönde toplam hizmet hacmi 1.800 oto/sa dolayındadır. Dönüş yapan veya yandan katılan taşıtlar önemli kuyruklanmalara sebep olurlar.

**E hizmet düzeyi** - Trafik hacminin kapasiteye yakın olduğu durumdur. Sürücüler için hız seçme, sollama, şerit değiştirme hususlarında hiçbir serbestlik yoktur. Akım kararsızdır ve önemli kuyruklanmalar görülür. Yolculuk konforu ve huzuru çok düşüktür. Ortalama hız 80 km/sa' den küçük, uzun rampalarda ise 40 km/sa dolayındadır. Ortalama gecikme süresi yüzdesi %75 den büyüktür. En büyük hizmet hacmi, ideal koşullarda ve iki yön olarak, bu tür yolların kapasitesi olarak kabul edilen

2.800 oto/sa dolayında olmakla birlikte bu değer, trafiğin yönlere dağılım oranlarına göre değişebilir. Örneğin 80/20 lik bir dağılımda hizmet hacmi 2.300 oto/sa'te düşer.

**F hizmet düzeyi** - Yolun kapasitesinden fazla bir trafik talebinin olması durumudur. Zorlamalı akım söz konusu olup büyük sıkışıklıklar yaşanır. Yoldan geçen taşıt sayısı kapasitesinden küçüktür

### 5.3.1 Kapasite Ve Hizmet Düzeyine Etkiyen Faktörler

Kapasite ve hizmet düzeyi analizlerinde ilk hareket noktası ideal koşullardaki değerlerin belirlenmesidir. Daha sonra gerçek yol, trafik ve denetim koşullarına göre düzeltmeler yapılır. Bir yol için ideal koşul; daha ileri bir iyileştirmenin yolun kapasitesi ve hizmet düzeyinde bir artışa yol açmadığı durumdur. Bir başka deyişle kapasite ve hizmet düzeyinin en üst mertebede elde edildiği durumdaki koşullar ideal yol, trafik ve denetim koşulları olup, iki şeritli iki yönlü yollar için bunlar aşağıda sıralanmıştır. (Yayla, 2006)

- Proje hızı iki şeritli yollarda 100 km/sa, çok şeritli yollarda 110 km/sa veya daha yüksek
- Şerit genişliği 3,65 m veya daha büyük
- Banket genişliği 1,80 m veya daha büyük ve bu genişlik içinde bir engel yok (yan açıklık en az 1,80 m)
- Geçişin kısıtlandığı (görüş mesafesinin 450 m den kısa olduğu) kesim yok
- Düz giden trafik için, dönüş yapan, ya da yandan katılan taşıtların sebep olduğu veya denetimden kaynaklanan bir sınırlandırma söz konusu değil
- Trafiği sadece otomobil türü taşıtlar oluşturuyor
- Trafiğin yönlere dağılımı eşit (50/50)

Sıralanan ideal koşullarda iki şeritli-iki yönlü bir kırsal yolun iki yön toplamı olarak kapasitesi 2.800 oto/sa kabul edilir. Çok şeritli yollarda ise bu değer şerit başına, proje hızı 100 km/sa ise 2.000 oto/sa, proje hızı 80 km/sa ise 1.900 oto/sa'dir (Yayla, 2006)

**Tablo 5.7: Çok şeritli yollar için hizmet düzeyi kriterleri. (Yayla, 2006)**

Hizmet Düzeyi	Yoğunluk (Oto/km/sa)	Proje Hızı 110 km/sa			Proje Hızı 100 km/sa			Proje Hızı 80 km/sa		
		Hız km/sa	Q/C	Mak. Hiz.ak.or.	Hız km/sa	Q/C	Mak. Hiz.ak.or.	Hız km/sa	Q/C	Mak. Hiz.ak.or.
A	≤7,5	≥91	0,36	700	≥80	0,33	650	-	-	-
B	≤12,5	≥85	0,54	1100	≥77	0,5	1000	≥67	0,45	850
C	≤18,8	≥80	0,71	1400	≥70	0,65	1300	≥62	0,6	1150
D	≤26,3	≥64	0,87	1750	≥64	0,8	1600	≥56	0,76	1450
E	≤41,9	≥48	1	2000	≥48	1	2000	≥45	1	1900
F	>41,9	<48	d*	d*	<48	d*	d*	<45	d*	d*

\*Değişken

Kaynak: Koç, H., (2010) Eşdüzey kavşaklardan katlı kavşaklara geçiş örnekleri ve uygunluklarının değerlendirilmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul Teknik Üniversitesi FBE

Bir yolun yukarıda sıralanan ideal koşulların tümünü bünyesinde toplaması pek mümkün değildir. Hız ve geometri ile ilgili koşullar sağlansa bile trafiğin yönlere dağılım oranı, ayrıca trafiği oluşturan taşıtların ideal şartlarda belirtildiği gibi, yani tümünün otomobil olması, pek mümkün değildir. Bu bakımdan gerçek kapasite ve hizmet düzeyini belirlerken hakim yolda, trafik ve denetim koşullarının ideal koşullardan olan sapmalarına göre gereken düzeltmelerin yapılması gerekir.

Kapasite ve hizmet düzeyine etkiyen faktörleri aşağıdaki başlıklar altında toplamak mümkündür.

#### 1. Platform faktörleri

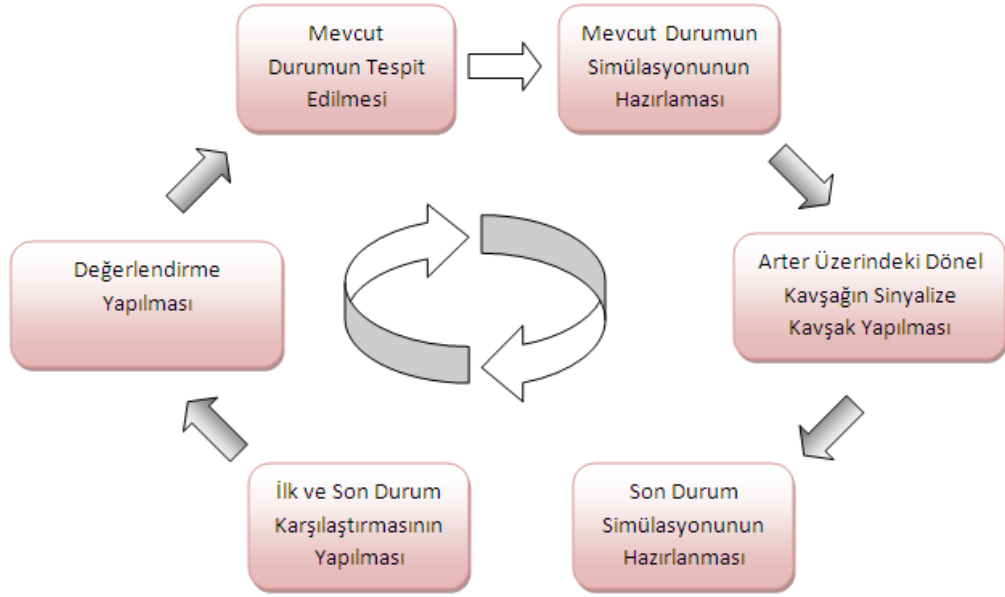
- Yolun sınıfı ile yakın çevresindeki arazi kullanımı ve gelişimi
- Şerit genişliği
- Banket genişliği ve yan açıklık
- Proje hızı
- Yatay ve düşey geçki durumu
- Kavşaklarda hız değişimi ve dönüşler için ilave şeritlerin olup olmaması, örülme kesimi uzunluğu
- Yüzey koşulları

#### 2. Trafik faktörleri

- Trafiğin bileşimi (kompozisyonu)
- Denetim ve yönetim koşulları
- Sürücü ve yaya davranışları

## 6. VERİ TOPLAMA YÖNTEMİ VE BU AMAÇLA GÖZLENEN KAVŞAKLAR

Kent içi sinyalize ve dönel kavşak artelinde seyahat eden araçların belirli bir zaman dilimi içinde kavşak kapasite etkileşimlerinin incelenmesini ve bu ilişkinin karşılaştırılması üzerindeki etkilerini belirlemeyi amaçlayan çalışmanın yapılabilmesi için öncelikle veri toplanmasına ihtiyaç vardır. Söz konusu verilerin toplanabilmesi için incelenecek yapılacak kavşaklar belirlenmiş ve bu kavşakların çalışmanın amacına uygun özellikler taşımasına dikkat edilmiştir. Trafik akımının sürekli ve düzenli olması koşulunun sağlanması, dolayısıyla trafik sayım sonuçlarının kullanılabilir ve sağlıklı olabilmesi için verileri belirlenecek kavşakların ana arterler üzerinde seçilmesine karar verilmiştir.



Şekil 6.1: Çalışma planı

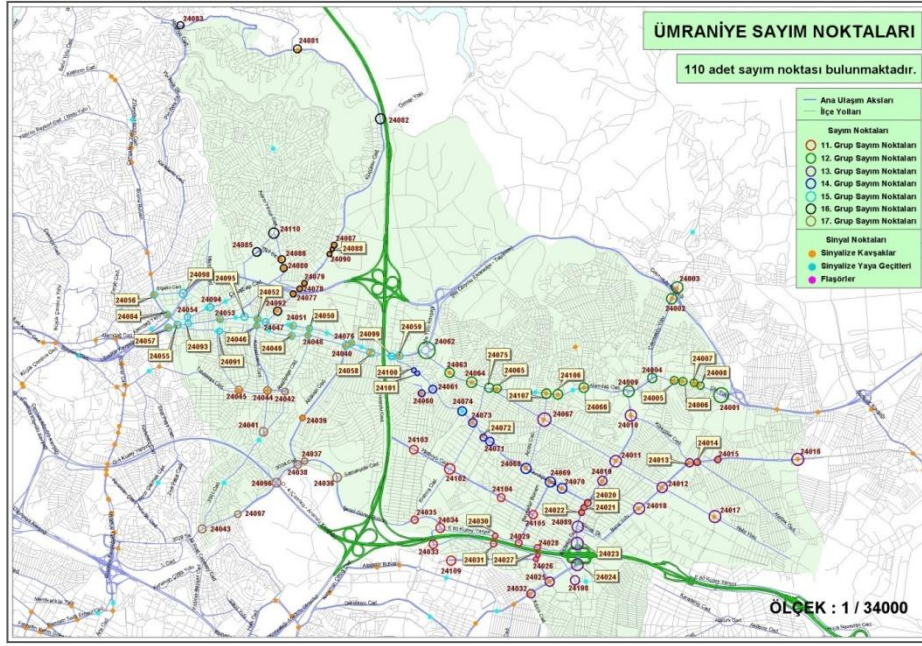
Şekil 6.1’de gösterildiği sırayla tüm aşamalar tamamlanarak sonuca ulaşılabacaktır. Mevcut durum simülasyonu yapılarak mevcut sistemde kapasite analizi yapılacaktır. Bu simülasyon modelinin verileri ilk aşamada bahsedilen ve araziden toplanan mevcut durum verileridir. İkinci durumda incelenen arterde bulunan dönel kavşakların sinyalize kavşağa dönüştürülerek, bu kavşak ve kendinden önceki, sonraki sinyalize kavşak

üzerindeki kapasite değişimi etkisi incelenecektir.Sonuç olarak iki çalışmada tespit edilen kapasite verilerinin karşılaştırması ve değerlendirmesi yapılacaktır.

## **6.1. ÇALIŞMADA KULLANILAN VERİLERİN ELDE EDİLMESİ**

Uygun trafik birimleri, zaman ve süresi belirlenerek, ilerleyen teknolojik imkanlardan yararlanılarak elde edilmiş trafik sayım verileri kullanılmıştır.Simülasyon çalışması trafik yoğunluğunun en fazla olduğu zirve saatlerdeki sayımlar kullanılarak hazırlanmıştır. Çalışma için belirlenen kavşakların halihazır durumları en son güncel planlardan elde edilmiştir. Çalışma alanı içerisinde dönel kavşak ve sinyalize kavşakların bir arada olduğu iki koridor üzerinde toplam 8 adet kavşak noktası sayım yapılmak üzere belirlenmiştir. Trafik analizinde kullanılmak üzere hafta içi 2 farklı günde toplam 8 saat olmak üzere bu 8 kavşakta taşıt türleri 6 farklı gruba ayrılarak (otomobil, ticari taksi, kamyonet, ticari minibüs, İETT, ağır taşıt) trafik sayımı yapılmıştır. Sayım çekimleri tüm noktalarda eş zamanlı olarak 03-02-2007 tarihinde yapılmıştır ve analizleri sırasında 15 dakikalık periyotlar şeklinde dikkate alınmıştır. Bu analiz çalışmaları sonucu her 15 dakikada bir saatlik toplamlar alınarak trafik yoğunluğunun en fazla olduğu zirve saatler sabah 08:00 – 09:00 tespit edilmiştir. Bu mevcut durum simülasyon analizlerinin hazırlanmasına temel olacaktır. Sayım yapılan noktaların krokileri ve analiz sonuçlarının örnekleri Ek de verilmiştir. Sayım noktaları 24062-24063-24064-24065-24068-24069-24071-24072-olarak isimlendirilmiştir.Sayım noktaları Şekil 6.2 de gösterilmiştir.



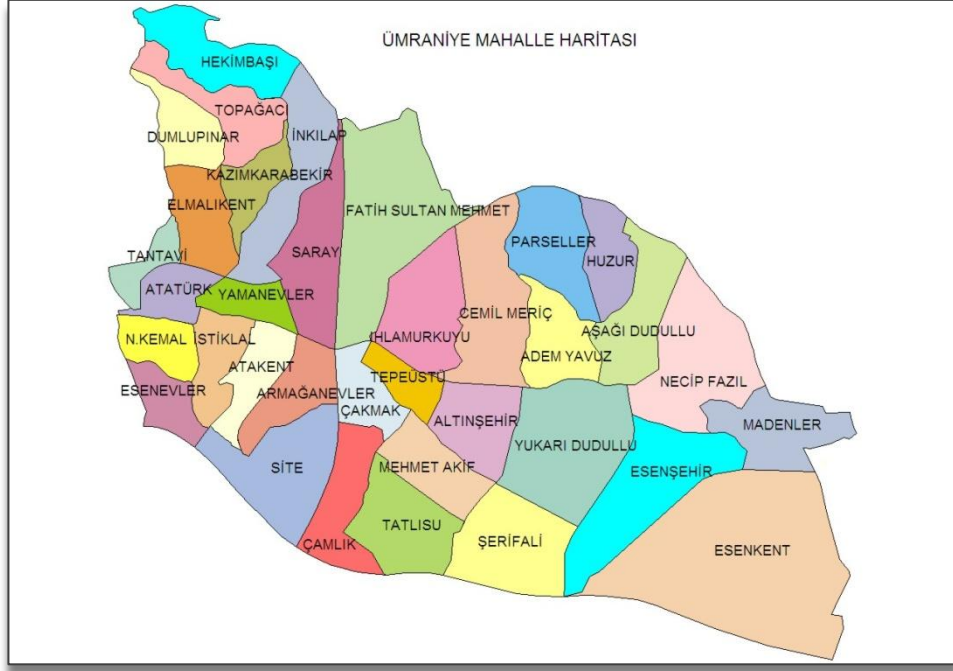


Kaynak: İBB 2007

Şekil 6.2: Sayım paftası

## 6.2. İNCELENEN KAVŞAKLAR

Çalışmada Ümraniye İlçesi Tepeüstü Mahallesi Alemdağ Caddesi üzerinde bulunan dönel kavşak ve sonrasında bulunan 3 adet sinyalize kavşak ile Yukarı Dudulu Mahallesi Tavukçuyolu Caddesi üzerinde bulunan dönel kavşak ile 3 adet sinyalize kavşak noktasal kavşak ve koridor bazında olarak incelenmiştir. Şekil 6.3 de çalışma bölgesi görülmektedir.



Kaynak: Ümraniye Belediyesi İmar ve Şehircilik Müdürlüğü. 2010.

### Şekil 6.3: Çalışma alanının konumu

Çalışma alanı ile bilgi ve fotoğraflar Şekil 6.4, Şekil 6.5, Şekil 6.6, Şekil 6.7, Şekil 6.8, Şekil 6.9, Şekil 6.10, Şekil 6.11, Şekil 6.12, Şekil 6.13, Şekil 6.14 de gösterilmiştir.



Kaynak: Ümraniye Belediyesi İmar ve Şehircilik Müdürlüğü. 2010.

### Şekil 6.4: Çalışma alanının halihazır paftası



Kaynak: İBB Şehir Rehberi. 2010.

**Şekil 6.5: Tepeüstü Mahallesi çalışma alanı koridoru**



Kaynak: İBB Şehir Rehberi. 2010.

**Şekil 6.6: Tepeüstü Kavşağı-Dönel kavşak**



Kaynak: İBB Şehir Rehberi. 2010.

**Şekil 6.7 Alemdağ Caddesi&Adalet Sokak&30 Ağustos Sokak Kavşağı**



Kaynak: İBB Şehir Rehberi. 2010.

**Şekil 6.8: Alemdağ Caddesi&Atatürk Caddesi&Özgür Sokak Kavşağı**



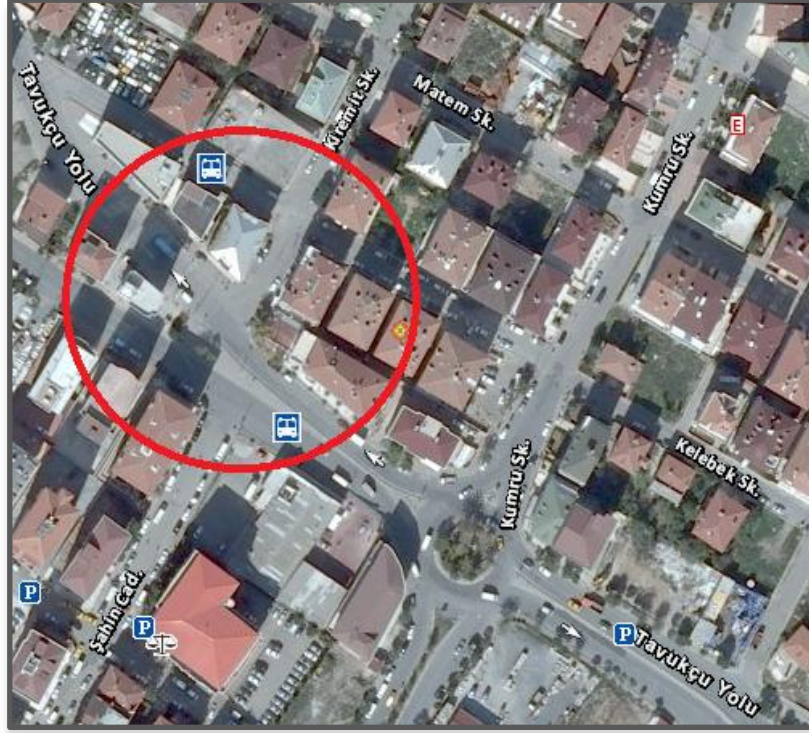
Kaynak: İBB Şehir Rehberi. 2010.

**Şekil 6.9: Alemdağ Caddesi&Sakarya&Oral Sokak Kavşağı**



Kaynak: İBB Şehir Rehberi.2010.

**Şekil 6.10: Y. Dudullu Mahallesi Çalışma Alanı Koridoru**



Kaynak: İBB Şehir Rehberi.2010.  
**Şekil 6.11: Tavukçuyolu Cad.&Kiremit Sokak&Şahin Cad. Kavşağı**



Kaynak: İBB Şehir Rehberi. 2010.  
**Şekil 6.12: Tavukçuyolu Cad.&Kumru Sokak&Aziz Bulvarı Kavşağı-Dönel Kavşak**



Kaynak: İBB Şehir Rehberi.2010.

**Şekil 6.13: Tavukçuyolu Cad.&Acısu Caddesi&Çetin Cad. Kavşağı**



Kaynak: İBB Şehir Rehberi. 2010

**Şekil 6.14: Tavukçuyolu Caddesi&Bayraktar Bulvarı Kavşağı**

## **7. SİNYALİZE KAVŞAK VE DÖNEL KAVŞAK KAPASİTELERİNİN İNCELENMESİ VE KAPASİTE ANALİZLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

Bu çalışmada ele alınan problemin benzetim modellemesi için seçilen kavşaklar üzerinde sistem analizleri yapılmış ve olay gerçeğe uygun bir şekilde simülasyon ile benzetilmeye edilmeye çalışılmıştır. Benzetim programı olarak Synchro kullanılmıştır. Synchro, yaptığı hesaplamalarda Highway Capacity Manual 2000 (HCM 2000 – Amerikan Yöntemi) kaynağından faydalanmaktadır. Synchro hesaplamalarında sinyal sürelerini eşleyerek analiz yapmakta, böylelikle trafik talebini optimum şekilde karşılayacak sinyal süresi bulmayı amaçlamaktadır. Kavşağın kapasitesini maksimum seviyeye çıkararak, kavşağın hizmet seviyesini en iyiye ulaştırmayı amaçlamaktadır

Benzetim programı ile incelenen kavşakların mevcut durum ve dönel kavşağın sinyalize edildiği durumdaki etkisine bağlı olarak gecikme, duraklama, yolculuk mesafesi, yolculuk süresi, ortalama hız, kullanılan yakıt, emisyon değerleri, giren taşıt, çıkan taşıt ve hacim yüzdesi ile hizmet seviyesi değerleri belirlenmiştir. Çalışma için; şerit genişliği 3.6 m, doygun akım değeri 1900, ortalama hız 50 km, sarı ışık koruma süresi 2 saniye, kırmızı ışık koruma süresi 1 saniye, sola dönüş hızı 25 km, sağa dönüş hızı ise 15 km olarak alınmıştır. Trafik sayım değerleri için ise zirve saat olan 08:00-09:00 saatleri arasındaki sayımlar kullanılmıştır.

### **7.1. SYNCHRO ANALİZ SONUÇLARI VE KARŞILAŞTIRMA RAPORLARI**

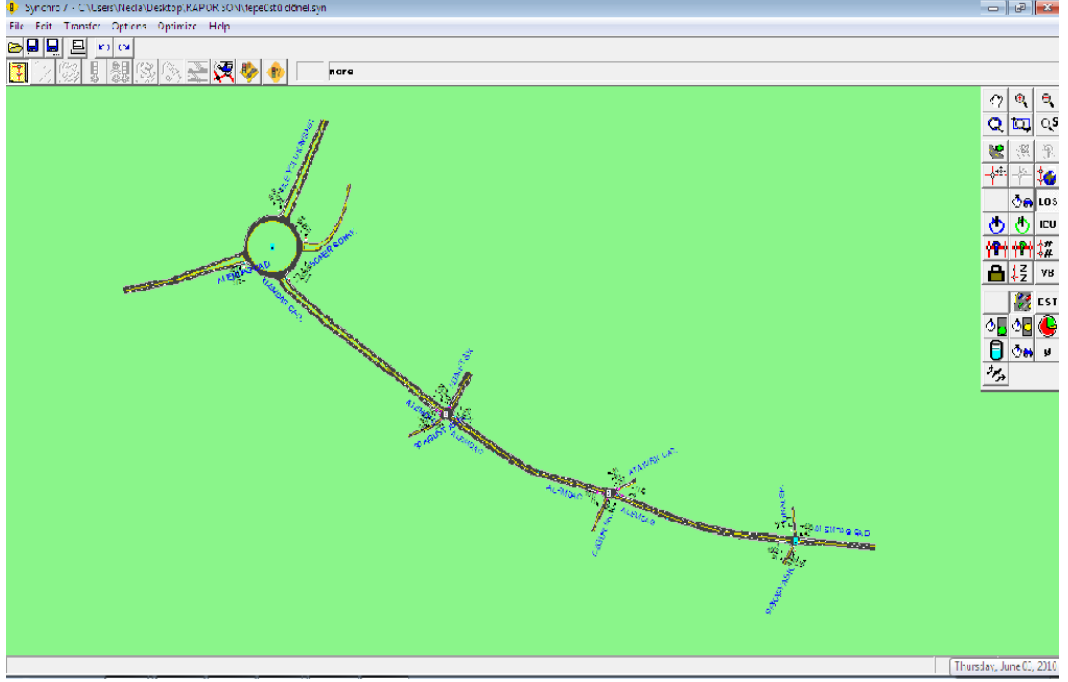
Çalışmada incelenen kavşak kapasitesi, karayolu koridoru ve kavşak bazında irdelenmiştir. Mevcut durum ile dönel kavşağın sinyalize kavşağa dönüştürüldükten sonraki durumu ve öncesi ile sonrasındaki sinyalize kavşaklara etkisi benzetim programı ile incelenerek karşılaştırma tablo ve grafikleri hazırlanmıştır.

Synchro altlık olarak Autocad dosyalarını kullanabilmektedir. Kavşağın geometrisini oluştururken kavşağın hali hazır haritası kullanılmıştır.

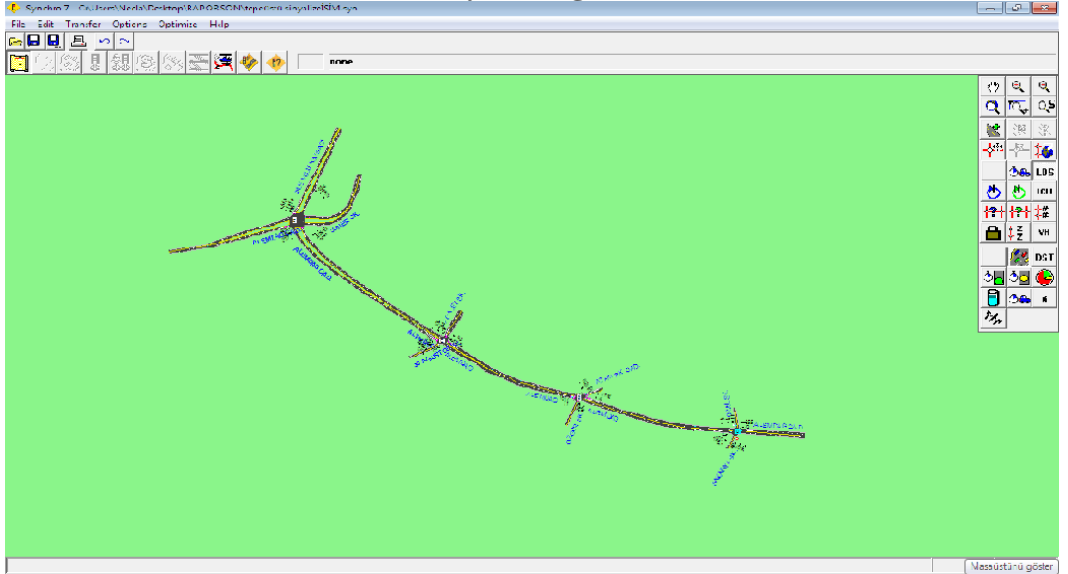


## 7.2. TEPEÜSTÜ MAHALLESİ'NDE SEÇİLEN KARAYOLU KORİDORUNUN İNCELENMESİ (ALEMDAĞ CADDESİ ÜZERİ)

Çalışma için seçilen Ümraniye Tepeüstü Mahallesi'nde bulunan karayolu koridorunun mevcut durumunun ve Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize kavşağa dönüştürüldükten sonraki durumuna ait Synchro görüntüsü Şekil 7.1 ve Şekil 7.2 de gösterilmiştir.



Şekil 7.1: Tepeüstü Mahallesi'nde incelenen karayolu koridoruna ait mevcut durum Synchro görünümü



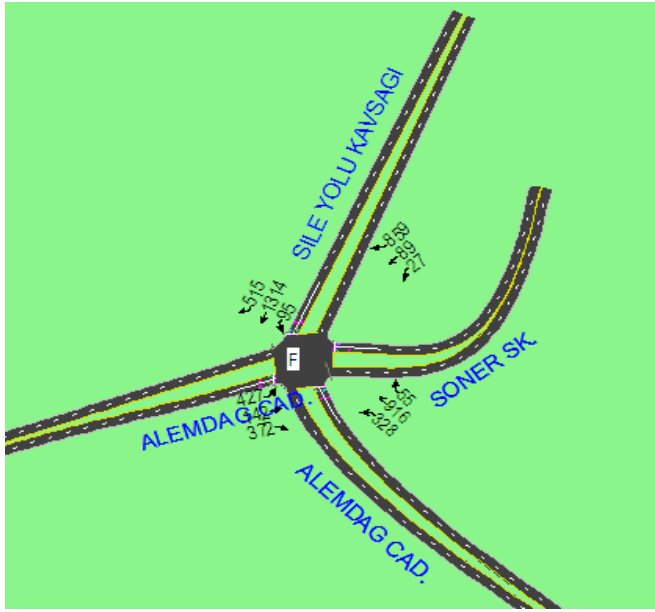
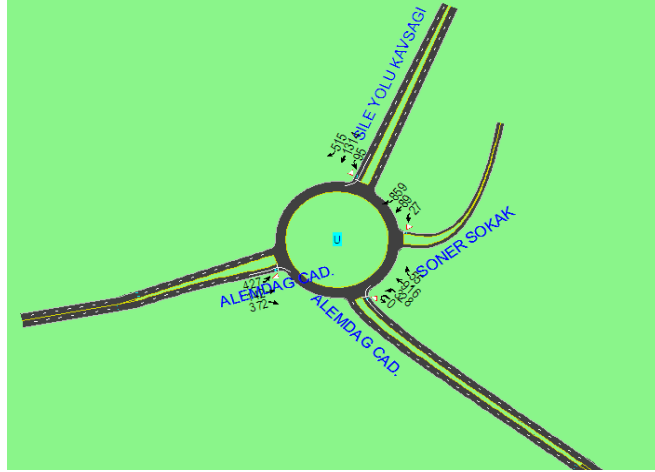
Şekil 7.2: Tepeüstü Mahallesi'nde incelenen karayolu koridoruna ait dönel kavşağın sinyalize kavşağa dönüştürüldüğü durum Synchro görünümü

### Çalışmada Seçilen Karayolu Koridorunda İncelenen Kavşaklar

- Tepeüstü kavşağı (Dönel Kavşak)
- Alemdağ Caddesi&Adalet Sokak&30 Ağustos Sokak Kavşağı (Sinyalize Kavşak)
- Alemdağ Caddesi&Atatürk Caddesi&Özgür Sokak Kavşağı (Sinyalize Kavşak)
- Alemdağ Caddesi&Oral Sokak&Sakarya Sokak Kavşağı (Sinyalize Kavşak)

#### **7.2.1. Tepeüstü Dönel Kavşağı Karşılaştırmalı Performans Analizi**

Tepeüstü dönel kavşağının benzetim programı ile mevcut durumu ve sinyalize edildiği durumu Şekil 7.3 ve Şekil 7.4’de gösterilmiştir.



Şekil 7.3: Tepeüstü dönel kavşağı mevcut ve sinyalizasyon yapılmış durum Syncro görünümü



Kaynak: İBB Şehir Rehberi.2010.

Şekil 7.4: Tepeüstü dönel kavşağı

Mevcut durumda ve dönel kavşak sinyalize edildikten sonra hesaplanan performans değerleri Tablo 7.1 de görülmektedir.

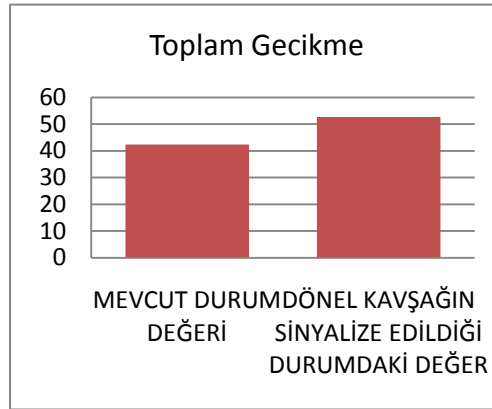
**Tablo 7.1: Tepeüstü dönel kavşacı karşılařtırılmalđ performans analizi tablosu**

İNCELENEN DURUM	MEVCUT DURUM DEğERİ	DÖNEL KAVŞAğIN SİNYALİZE EDİLDİğİ DURUMDAKİ DEğER
TEPEÜSTÜ KAVŞAğI (DÖNEL KAVŞAK)		
Toplam Gecikme(Saat)	42.4	52.7
Gecikme/Taşıt(Saniye)	360.4	356.1
Toplam Duraklama	406	1172
Taşıt Başına Duraklama	0.96	2.2
Yolculuk Mesafesi(km)	90.7	132.7
Yolculuk Süresi(Saat)	44.4	55.7
Ortalama Hız(kph)	5	4
Kullanılan Yakıt (l)	43.2	54.6
HC Emisyonu(g)	41	63
CO Emisyonu(g)	1277	1611
NO <sub>x</sub> Emisyonu(g)	85	127
Saatlik ıkış Oranı	2448	2838
Hacim/Kapasite Oranı (%)	48	55
Hizmet Düzeyi	U	F

Yapılan alışma sonucunda Tepeüstü Kavşacı'nın mevcut durum ve kavşak sinyalize edildikten sonra elde edilen değerleri aşağıdaki Şekillerde ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

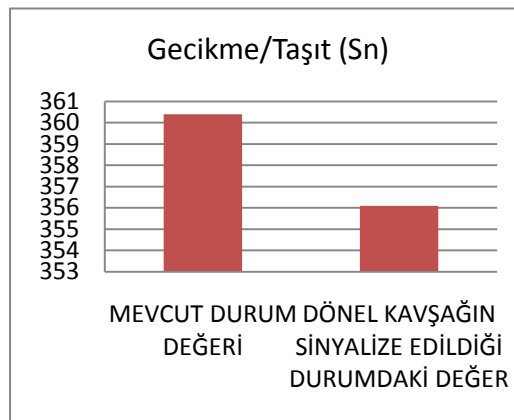
Buna göre;

Kavşağın mevcut durumunda toplam gecikme değeri 42,4 saat iken kavşakta sinyalizasyon yapıldıktan sonra bu değer 52,7 saate yükselmiş, mevcut duruma göre toplam gecikme değerinde %24,3 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda toplam gecikmenin daha düşük olduğu görülmektedir. Toplam gecikmenin değişimi Şekil 7.5 de gösterilmiştir.



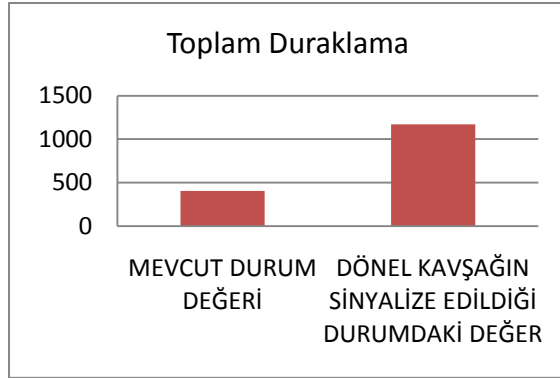
**Şekil 7.5: Tepeüstü dönel kavşağı toplam gecikme grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda taşıt başına gecikme değeri 360,4 saniye iken kavşakta sinyalizasyon yapıldıktan sonra bu değer 356,1 saniyeye düşmüş, mevcut duruma göre taşıt başına gecikme değerinde %1,2 düşüş olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda taşıt başına gecikmenin daha düşük olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan taşıt başına gecikme değişimi Şekil 7.6 da gösterilmiştir.



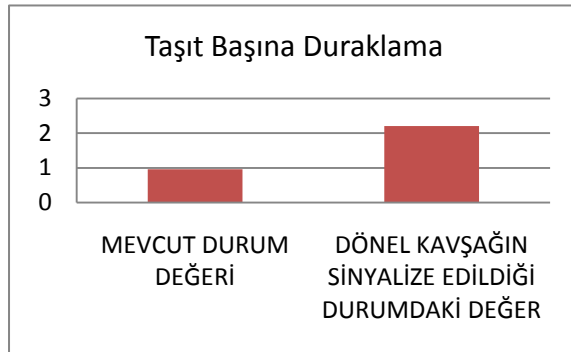
**Şekil 7.6: Tepeüstü dönel kavşağı taşıt başına gecikme grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda toplam duraklama değeri 406 iken kavşakta sinyalizasyon yapıldıktan sonra bu değer 1172'ye yükselmiş, mevcut duruma göre toplam duraklama değerinde %188,7 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda toplam duraklamanın daha düşük olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan toplam duraklama değişimi Şekil 7.7 de gösterilmiştir.



**Şekil 7.7: Tepeüstü dönel kavşağı toplam duraklama grafiği**

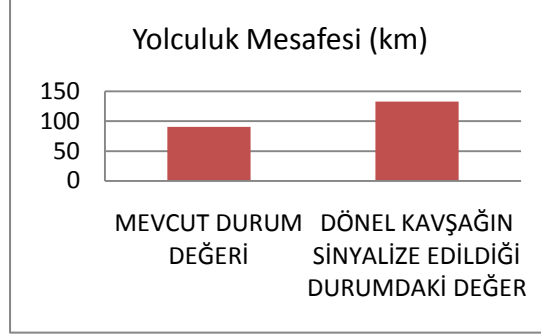
Kavşağın mevcut durumunda taşıt başına duraklama değeri 0,96 iken kavşakta sinyalizasyon yapıldıktan sonra bu değer 2,2'ye yükselmiş, mevcut duruma göre toplam duraklama değerinde %129,16 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda taşıt başına duraklamanın daha düşük olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan toplam duraklama değişimi Şekil 7.8 de gösterilmiştir.



**Şekil 7.8: Tepeüstü dönel kavşağı taşıt başına duraklama grafiği**

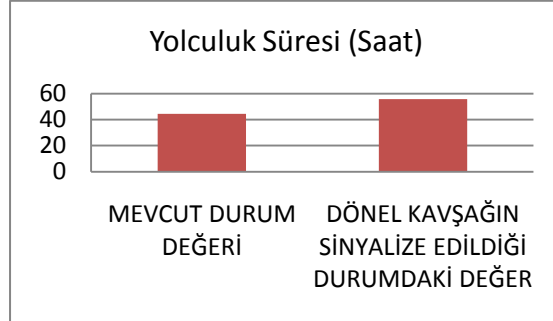
Kavşağın mevcut durumunda yolculuk mesafesi 90,7 iken kavşakta sinyalizasyon yapıldıktan sonra bu değer 132,7'ye yükselmiş, mevcut duruma göre yolculuk mesafesi değerinde %46,30 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda yolculuk

mesafesinin daha düşük olduğu gör÷lmektedir. Her iki durumda oluşan yolculuk mesafesi değişimi Şekil 7.9 da g÷sterilmiştir



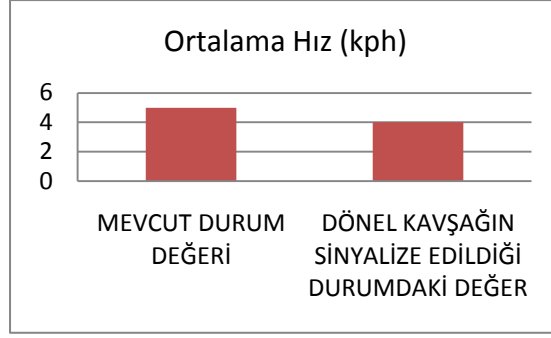
**Şekil 7.9: Tepeüřtü dñnel kavşağı yolculuk mesafesi grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda yolculuk süresi 44,4 iken kavşakta sinyalizasyon yapıldıktan sonra bu değer 55,7'ye yükselmiş, mevcut duruma göre yolculuk süresi değerinde %25,45 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda yolculuk mesafesinin daha düşük olduğu gör÷lmektedir. Her iki durumda oluşan yolculuk süresi değişimi Şekil 7.10 da g÷sterilmiştir



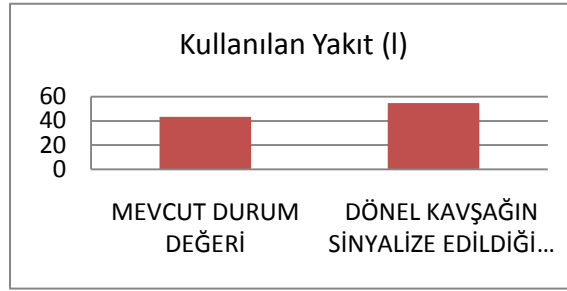
**Şekil 7.10: Tepeüřtü dñnel kavşağı yolculuk Süresi grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda ortalama hız 5 iken kavşakta sinyalizasyon yapıldıktan sonra bu değer 4'e dñřmüř, mevcut duruma göre ortalama hız değerinde %20 dñřüř olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda ortalama hızın daha yüksek olduğu gör÷lmektedir. Her iki durumda oluşan ortalama hız değişimi Şekil 7.11 de g÷sterilmiştir.



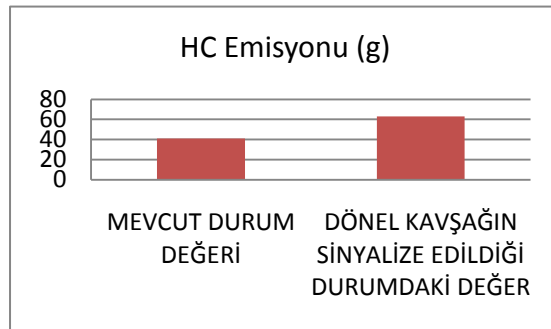
**Şekil 7.11: Tepeüstü dönel kavşağı ortalama hız süresi grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda kullanılan yakıt 43,2 litre iken kavşakta sinyalizasyon yapıldıktan sonra bu değer 54,6'ya yükselmiş, mevcut duruma göre kullanılan yakıt değerinde %26,38 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda kullanılan yakıt miktarının daha düşük olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan kullanılan yakıt değişimi Şekil 7.12 de gösterilmiştir



**Şekil 7.12: Tepeüstü dönel kavşağı kullanılan yakıt grafiği**

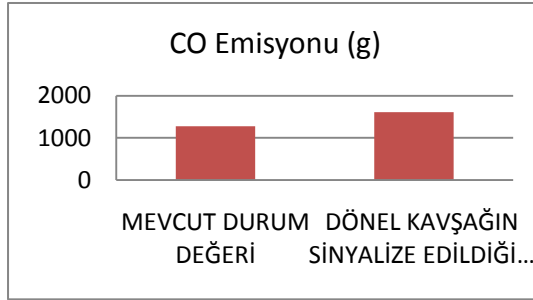
Kavşağın mevcut durumunda oluşan HC emisyonu 41 gr iken kavşakta sinyalizasyon yapıldıktan sonra bu değer 63 gr'a yükselmiş, mevcut duruma göre HC emisyon değerinde %53,65 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda HC emisyonunun daha düşük olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan HC emisyon değişimi Şekil 7.13 de gösterilmiştir.



**Şekil 7.13: Tepeüstü dönel kavşağı HC emisyonu grafiği**

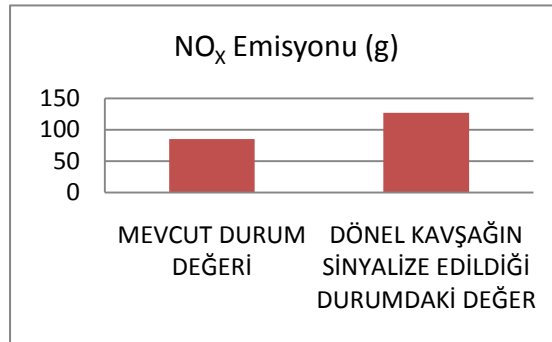


Kavşağın mevcut durumunda oluşan CO emisyonu 1277 gr iken kavşakta sinyalizasyon yapıldıktan sonra bu değer 1611 gr'a yükselmiş, mevcut duruma göre CO emisyon değerinde %26,15 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda CO emisyonunun daha düşük olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan CO emisyon değişimi Şekil 7.14 de gösterilmiştir



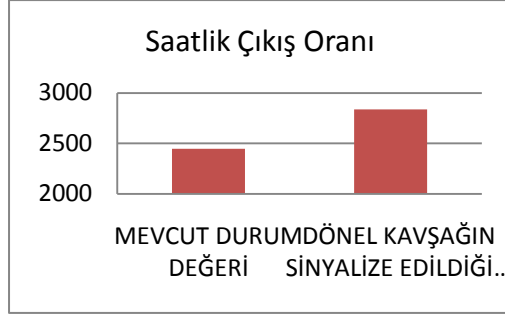
**Şekil 7.14: Tepeüstü dönel kavşağı CO emisyonu grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda oluşan NO<sub>x</sub> emisyonu 85 gr iken kavşakta sinyalizasyon yapıldıktan sonra bu değer 127 gr'a yükselmiş, mevcut duruma göre NO<sub>x</sub> emisyon değerinde %49,41 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda NO<sub>x</sub> emisyonunun daha düşük olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan NO<sub>x</sub> emisyon değişimi Şekil 7.15 de gösterilmiştir.



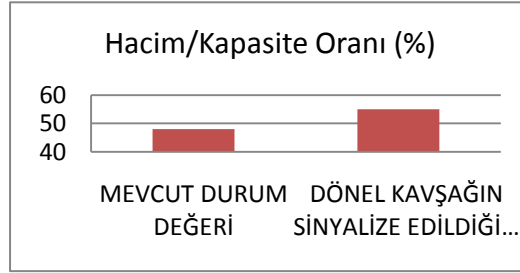
**Şekil 7.15: Tepeüstü dönel kavşağı NO<sub>x</sub> emisyonu grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda oluşan saatlik çıkış oranı 2448 iken kavşakta sinyalizasyon yapıldıktan sonra bu değer 2838'e yükselmiş, mevcut duruma göre saatlik çıkış oranı değerinde %26,15 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda saatlik çıkış oranının daha düşük olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan saatlik çıkış oranı değişimi Şekil 7.16 da gösterilmiştir



**Şekil 7.16: Tepeüstü döne kavşağı saatlik çıkış oranı grafiği**

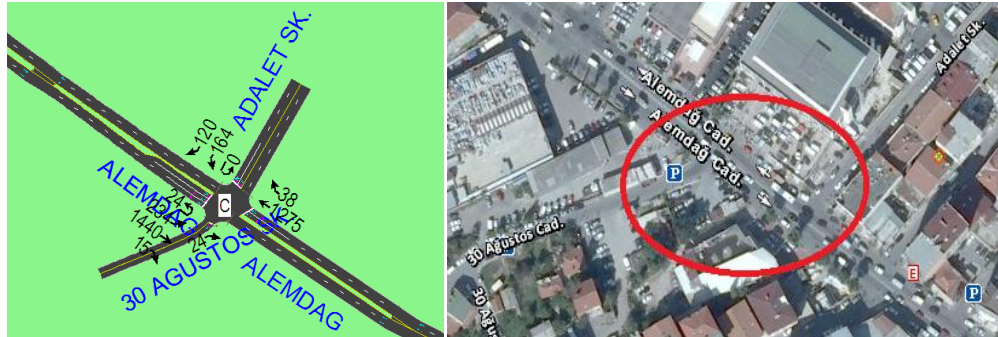
Mevcut durumda kavşağın hacim/kapasite oranı %48 iken kavşakta sinyalizasyon yapıldıktan sonraki hacim kapasitesi %55 e yükselmiştir. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda hacim/kapasite oranının daha düşük olduğu görülmektedir. Her iki durumda hacim/Kapasite oranı değişimi Şekil 7.17 de gösterilmiştir.



**Şekil 7.17: Tepeüstü döne kavşağı hacim/kapasite grafiği**

### 7.2.2. Alemdağ Caddesi&Adalet Sokak&30 Ağustos Sokak Kavşağı Karşılaştırmalı Performans Analizi

Alemdağ Caddesi&Adalet Sokak&30 Ağustos Sokak kavşağının benzetim programı ile mevcut durumu ve sinyalizasyon durumu Şekil 7.18'de gösterilmiştir.



Kaynak: İBB şehir rehberi. 2010.

**Şekil 7.18: Alemdağ Caddesi&Adalet Sokak&30 Ağustos Sokak Kavşağı Synchro ve hava fotoğrafı görünüşü**

Mevcut durumda ve dönel kavşak sinyalize edildikten sonra hesaplanan performans değerleri Tablo 7.2 de görülmektedir.

**Tablo 7.2: Alemdağ Caddesi&Adalet Sokak&30 Ağustos Sokak Kavşaağı karşılaştırmalı performans analizi tablosu**

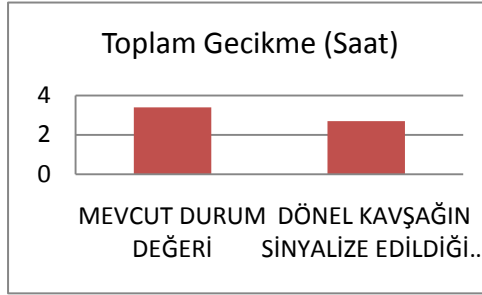
İNCELENEN DURUM	MEVCUT DURUM DEğERİ	DÖNEL KAVŞAğIN SİNYALİZE EDİLDİğİ DURUMDAKİ DEğER
Toplam Gecikme(Saat)	3.4	2.7
Gecikme/Taşıt(Saniye)	34.7	24.6
Toplam Duraklama	218	237
Taşıt Başına Duraklama	0.62	0.61
Yolculuk Mesafesi(km)	44	48.1
Yolculuk Süresi(Saat)	4.4	3.7
Ortalama Hız(kph)	11	13
Kullanılan Yakıt (l)	5.7	5.7
HC Emisyonu(g)	8	9
CO Emisyonu(g)	203	249
NO <sub>x</sub> Emisyonu(g)	25	34
Saatlik ıkış Oranı	2106	2334
Hacim/Kapasite Oranı (%)	63	70
Hizmet Düzeyi	C	C

Yapılan alışma sonucunda mevcut durum ve Tepeüstü dönel kavşaağı sinyalize edildikten sonra Alemdağ Caddesi&Adalet Sokak&30 Ağustos Sokak Kavşaağına olan etkisini gösteren değerler aşağıdaki şekillerde ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

Buna göre;

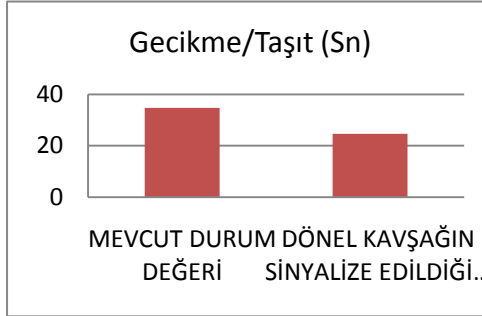
Kavşaağın mevcut durumunda toplam gecikme değeri 3,4 saat iken Tepeüstü dönel kavşaağının sinyalize yapılmasının bu kavşaağa etkisi ile bu değer 2,7 saate düşmüş, mevcut duruma göre toplam gecikme değerinde %20,58 düşüş olmuştur. Bu durumda

kavşağın mevcut durumunda toplam gecikmenin daha fazla olduğu görülmektedir. Toplam gecikmenin değişimi Şekil 7.19 da gösterilmiştir.



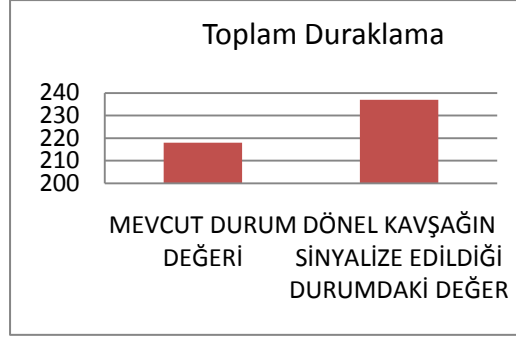
**Şekil 7.19: Alemdağ Cd.- Adalet Sk.-30 Ağustos Sk. kavşağı toplam gecikme grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda taşıt başına gecikme değeri 34,7 saniye iken Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 24,6 saniyeye düşmüş, mevcut duruma göre taşıt başına gecikme değerinde %41,05 düşüş olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda taşıt başına gecikmenin daha fazla olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan taşıt başına gecikme değişimi Şekil 7.20 de gösterilmiştir.



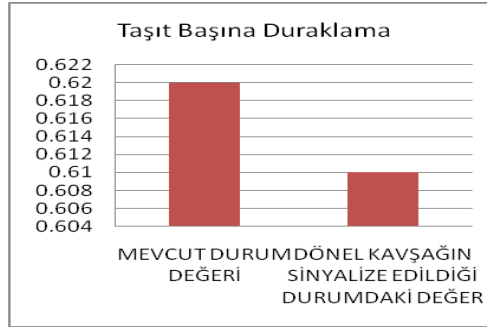
**Şekil 7.20: Alemdağ Cd.- Adalet Sk.-30 Ağustos Sk. kavşağı taşıt başına gecikme grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda toplam duraklama değeri 218 Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 237'ye yükselmiş, mevcut duruma göre toplam duraklama değerinde %8,71 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda toplam duraklamanın daha düşük olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan toplam duraklama değişimi Şekil 7.21 de gösterilmiştir.



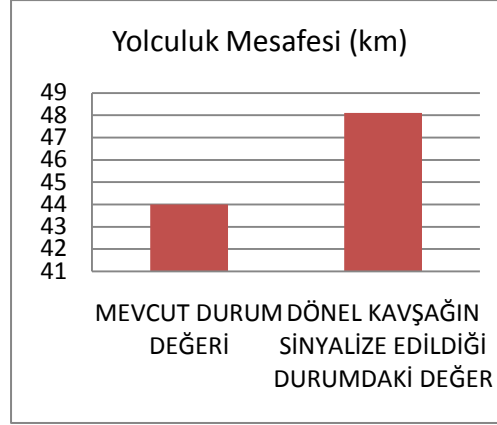
**Şekil 7.21: Alemdağ C.- Adalet S.-30 Ağustos S. kavşağı toplam duraklama grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda taşıt başına duraklama değeri 0,62 iken Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 0,61'e düşmüş, mevcut duruma göre toplam duraklama değerinde %0,01 düşüş olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda taşıt başına duraklamanın daha fazla olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan toplam duraklama değişimi Şekil 7.22 de gösterilmiştir.



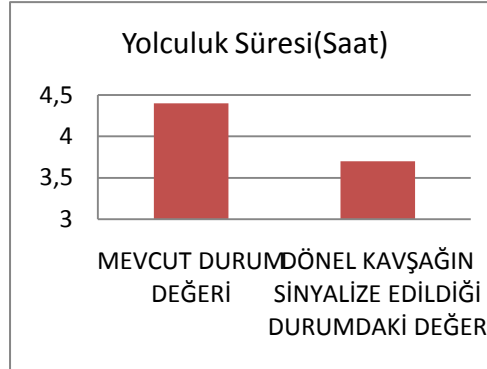
**Şekil 7.22: Alemdağ Cd.- Adalet Sk.-30 Ağustos Sk. kavşağı taşıt başına duraklama grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda yolculuk mesafesi 44 iken Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 48,1'e yükselmiş, mevcut duruma göre yolculuk mesafesi değerinde %9,31 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda yolculuk mesafesinin daha düşük olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan yolculuk mesafesi değişimi Şekil 7.23 de gösterilmiştir.



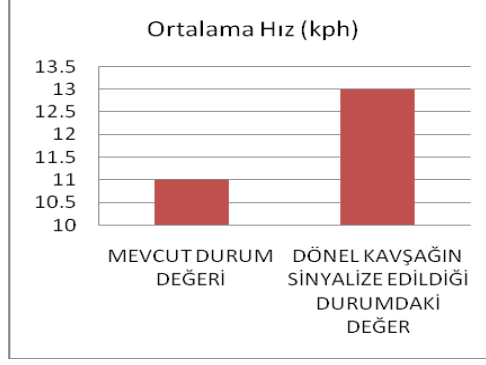
**Şekil 7.23: Alemdağ Cd.- Adalet Sk.-30 Ağustos Sk. kavşağı yolculuk mesafesi grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda yolculuk süresi 4,4 iken Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 3,7'ye düşmüş, mevcut duruma göre yolculuk süresi değerinde %15,9 düşüş olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda yolculuk süresinin daha fazla olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan yolculuk süresi değişimi Şekil 7.24 de gösterilmiştir.

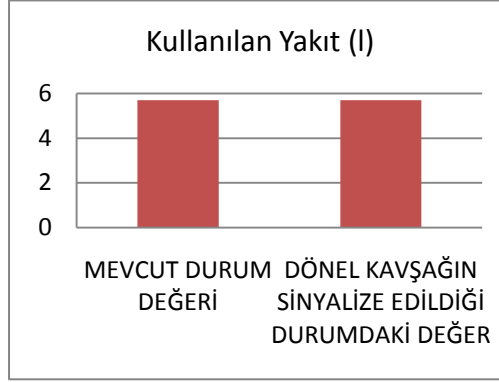


**Şekil 7.24: Alemdağ Cd.- Adalet Sk.-30 Ağustos Sk. kavşağı yolculuk süresi grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda ortalama hız 11 iken Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 13'e yükselmiş, mevcut duruma göre ortalama hız değerinde %18,18 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda ortalama hızın daha düşük olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan ortalama hız değişimi Şekil 7.25 de gösterilmiştir.

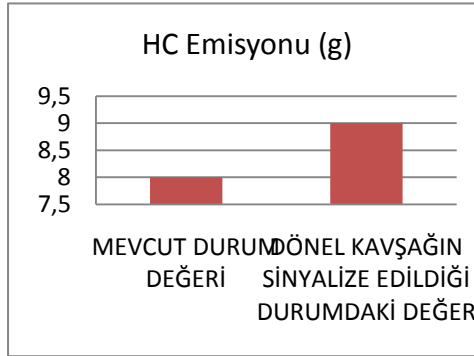


**Şekil 7.25: Alemdağ Cd.- Adalet Sk.-30 Ağustos Sk. kavşağı ortalama hız grafiği**  
 Kavşağın mevcut durumunda kullanılan yakıt 5,7 litre iken Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile de bu değer 5,7 olarak sabit kalmıştır. Her iki durumda oluşan kullanılan yakıt değişimi Şekil 7.26 de gösterilmiştir



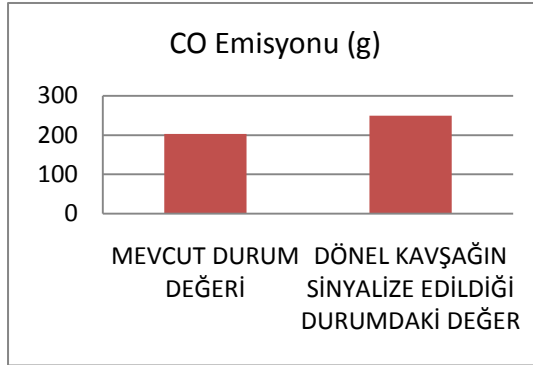
**Şekil 7.26: Alemdağ Cd.- Adalet Sk.-30 Ağustos Sk. kavşağı Kullanılan Yakıt Grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda oluşan HC emisyonu 8 gr Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 9 gr'a yükselmiş, mevcut duruma göre HC emisyon değerinde %11,11 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda HC emisyonunun daha düşük olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan HC emisyon değişimi Şekil 7.27 de gösterilmiştir.



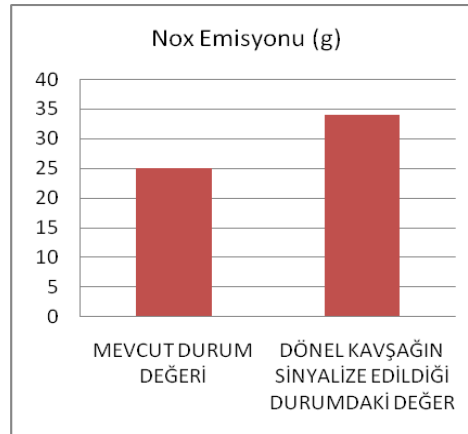
**Şekil 7.27: Alemdağ Cd.- Adalet Sk.-30 Ağustos Sk. Kavşağı HC emisyonu grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda oluşan CO emisyonu 203 g iken Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 249 g'a yükselmiş, mevcut duruma göre CO emisyon değerinde %22,66 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda CO emisyonunun daha düşük olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan CO emisyon değişimi Şekil 7.28 de gösterilmiştir.



**Şekil 7.28: Alemdağ Cd.- Adalet Sk.-30 Ağustos Sk. kavşağı CO emisyonu grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda oluşan NO<sub>x</sub> emisyonu 25 gr iken Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 34 gr'a yükselmiş, mevcut duruma göre NO<sub>x</sub> emisyon değerinde %36 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda NO<sub>x</sub> emisyonunun daha düşük olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan NO<sub>x</sub> emisyon değişimi Şekil 7.29 da gösterilmiştir

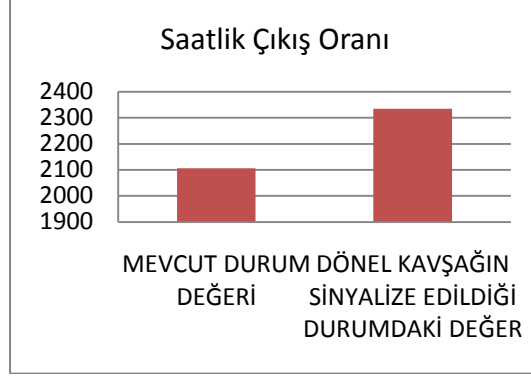


**Şekil 7.29: Alemdağ Cd.- Adalet Sk.-30 Ağustos Sk. kavşağı NOX emisyonu grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda oluşan saatlik çıkış oranı 2106 iken Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 2334'e yükselmiş,

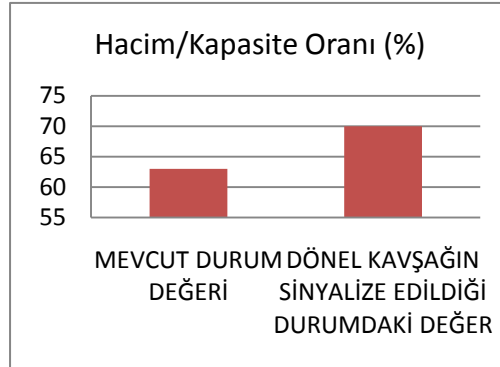


mevcut duruma göre saatlik çıkış oranı değerinde %10,82 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda saatlik çıkış oranının daha düşük olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan saatlik çıkış oranı değişimi Şekil 7.30 da gösterilmiştir.



**Şekil 7.30: Alemdağ Cd.- Adalet Sk.-30 Ağustos Sk. kavşağı saatlik çıkış oranı grafiği**

Mevcut durumda kavşağın hacim/kapasite oranı %63 iken kavşakta Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile hacim/kapasitesi oranı %70 e yükselmiştir. Hacim/kapasite oranı kriterine göre kavşağın Bu durumda kavşağın mevcut durumunda Hacim/kapasite oranının daha düşük olduğu görülmektedir. Her iki durumda hacim/Kapasite oranı değişimi Şekil 7.31 de gösterilmiştir.



**Şekil 7.31: Alemdağ Cd.- Adalet Sk.-30 Ağustos Sk. kavşağı hacim/kapasite grafiği**

### 7.2.3. Alemdağ Caddesi& Atatürk Caddesi&Özgür Sokak Kavşağı Karşılaştırmalı Performans Analizi

Alemdağ Caddesi&Atatürk Caddesi&Özgür Sokak kavşağının durumu Şekil 7.32’de gösterilmiştir. Mevcut durum ve Tepeüstü dönel kavşağı sinyalize edildikten sonra oluşan performans durumu Tablo 7.3 de görülmektedir.



Şekil 7.32: Alemdağ Caddesi&Atatürk Caddesi&Özgür Sokak kavşağı Syncro ve hava fotoğrafı görünüşü

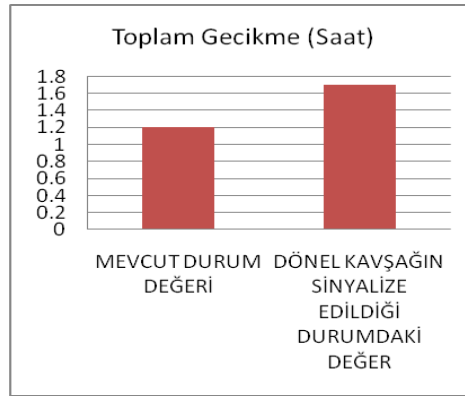
Tablo 7.3: Alemdağ Caddesi&Atatürk Caddesi&Özgür Sokak kavşağı karşılaştırmalı performans analizi tablosu

İNCELEME DURUMU	MEVCUT DURUM DEĞERİ	DÖNEL KAVŞAĞIN SİNYALİZE EDİLDİĞİ DURUMDAKİ DEĞER
Toplam Gecikme(Saat)	1.2	1.7
Gecikme/Taşıt(Saniye)	10.5	13.9
Toplam Duraklama	122	165
Taşıt Başına Duraklama	0.31	0.37
Yolculuk Mesafesi(km)	48.2	53.6
Yolculuk Süresi(Saat)	2.2	2.9
Ortalama Hız(kph)	22	20
Kullanılan Yakıt (l)	4.2	5.2
HC Emisyonu(g)	8	7
CO Emisyonu(g)	194	207
NO <sub>x</sub> Emisyonu(g)	28	26
Saatlik Çıkış Oranı	2394	2700
Hacim/Kapasite Oranı (%)	71	80
Hizmet Düzeyi	B	B

Yapılan çalışma sonucunda mevcut durum ve Tepeüstü dönel kavşağı sinyalize edildikten sonra Alemdağ Caddesi&Atatürk Caddesi&Özgür Sokak Kavşağına olan etkisini gösteren değerler aşağıdaki şekillerde ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

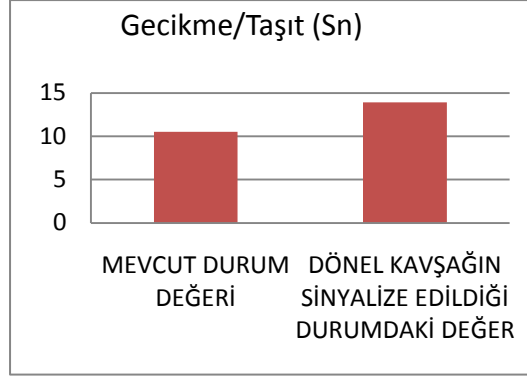
Buna göre;

Kavşağın mevcut durumunda toplam gecikme değeri 1,24 saat iken Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 7,7 saate yükselmiş, mevcut duruma göre toplam gecikme değerinde %32,85 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda toplam gecikmenin daha az olduğu görülmektedir. Toplam gecikmenin değişimi Şekil 7.33 de gösterilmiştir.

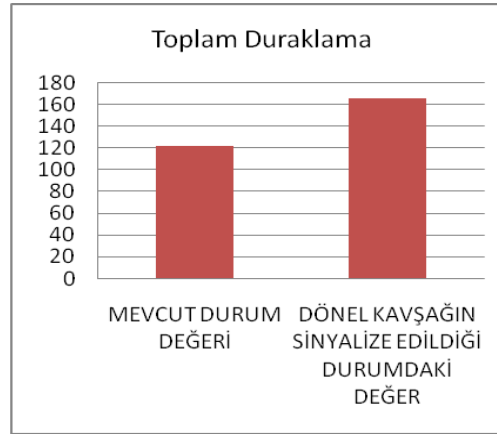


**Şekil 7.33. Alemdağ Cd.-Atatürk Cd.-Özgür Sk. kavşağı toplam gecikme grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda taşıt başına gecikme değeri 10,5 saniye iken Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 13,9 saniyeye yükselmiş, mevcut duruma göre taşıt başına gecikme değerinde %32,38 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda taşıt başına gecikmenin daha az olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan taşıt başına gecikme değişimi Şekil 7.34 de gösterilmiştir.

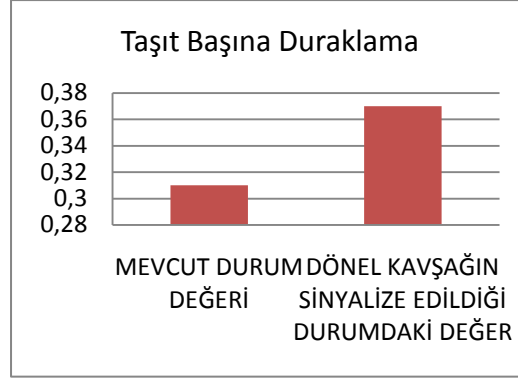


**Şekil7.34. Alemdağ Cd.-Atatürk Cd.-Özgür Sk. kavşağı taşıt başına gecikme grf.** Kavşağın mevcut durumunda toplam duraklama değeri 122 iken Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 165'e yükselmiş, mevcut duruma göre toplam duraklama değerinde %35,24 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda toplam gecikmenin daha az olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan toplam duraklama değişimi Şekil 7.35 de gösterilmiştir.



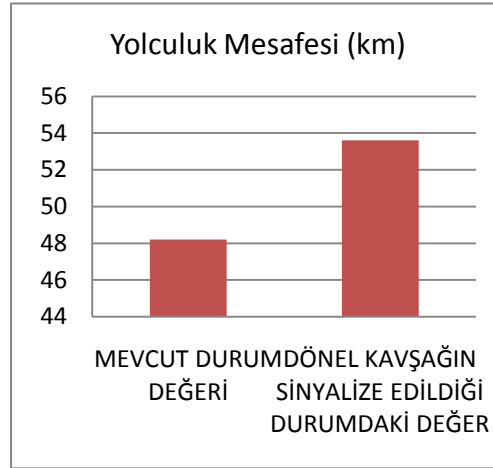
**Şekil 7.35: Alemdağ Cd.-Atatürk Cd.-Özgür Sk. kavşağı toplam duraklama grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda taşıt başına duraklama değeri 0,32 iken Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 0,37'ye yükselmiş, mevcut duruma göre toplam duraklama değerinde %15,62 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda taşıt başına duraklamanın daha az olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan toplam duraklama değişimi Şekil 7.36 da gösterilmiştir.



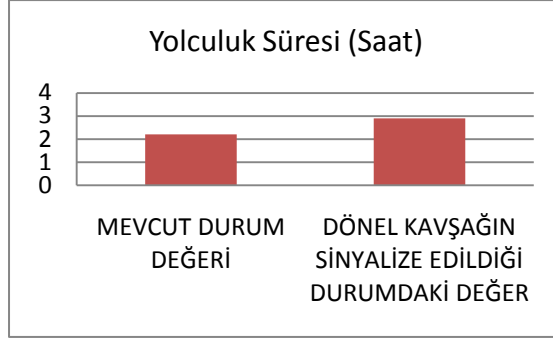
**Şekil 7.36: Alemdağ Cd.-Atatürk Cd.-Özgür Sk. taşıt başına duraklama grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda yolculuk mesafesi 48,2 iken iken Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 53,6 ya yükselmiş, mevcut duruma göre yolculuk mesafesi değerinde %11,20 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda yolculuk mesafesinin daha az olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan yolculuk mesafesi değişimi Şekil 7.37 de gösterilmiştir.



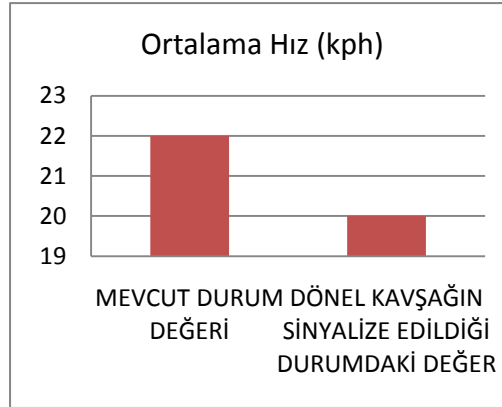
**Şekil 7.37: Alemdağ Cd.-Atatürk Cd.-Özgür Sk. kavşağı yolculuk mesafesi grf.**

Kavşağın mevcut durumunda yolculuk süresi 2,3 iken iken Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 2,9'a yükselmiş, mevcut duruma göre yolculuk süresi değerinde %20,68 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda yolculuk süresinin daha az olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan yolculuk süresi değişimi Şekil 7.38 de gösterilmiştir.



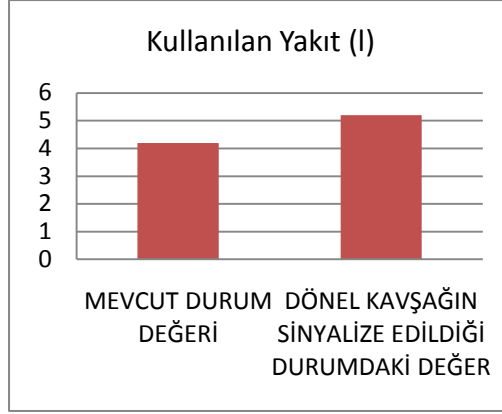
**Şekil 7.38: Alemdağ Cd.-Atatürk Cd.-Özgür Sk. kavşağı yolculuk süresi grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda ortalama hız 22 iken Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 20 ye düşmüş, mevcut duruma göre ortalama hız değerinde %9,90 düşüş olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda ortalama hızın daha yüksek olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan ortalama hız değişimi Şekil 7.39 da gösterilmiştir.



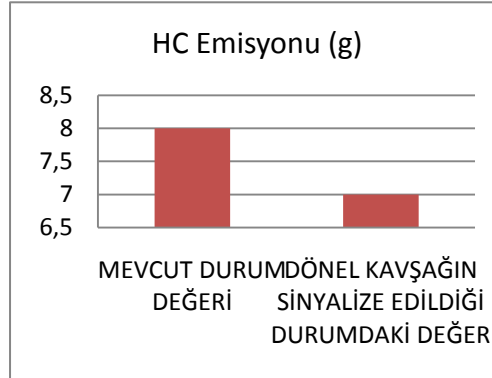
**Şekil 7.39: Alemdağ Cd.-Atatürk Cd.-Özgür Sk. kavşağı ortalama hız grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda kullanılan yakıt 4,2 litre iken Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile de bu değer 5,2 litreye yükselmiş, mevcut duruma göre ortalama hız değerinde %23,80 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda kullanılan yakıt miktarının daha az olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan kullanılan yakıt değişimi Şekil 7.40 da gösterilmiştir.



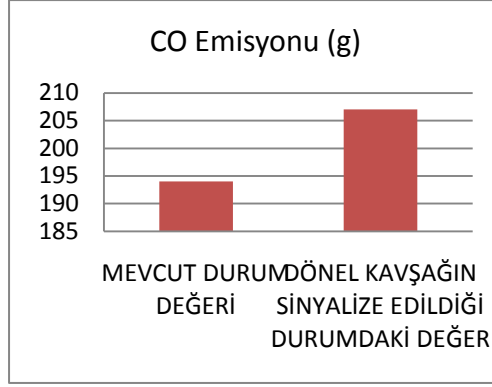
**Şekil 7.40: Alemdağ Cd.-Atatürk Cd.-Özgür Sk. kavşağı kullanılan yakıt grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda oluşan HC emisyonu 8 gr iken Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 7 gr'a düşmüş, mevcut duruma göre HC emisyon değerinde %1,25 düşüş olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda HC emisyonunun daha fazla olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan HC emisyon değişimi Şekil 7.41 de gösterilmiştir.



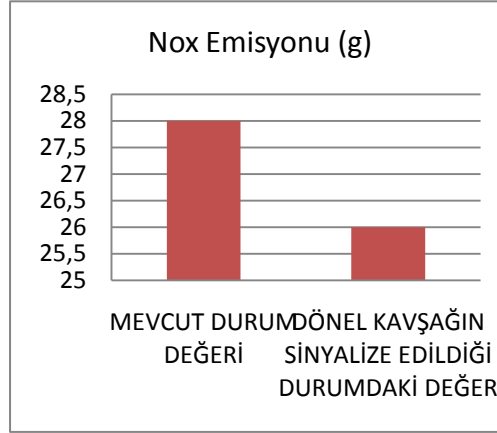
**Şekil 7.41: Alemdağ Cd.-Atatürk Cd.-Özgür Sk. kavşağı HC emisyonu grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda oluşan CO emisyonu 194 gr iken Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 207 gr'a yükselmiş, mevcut duruma göre CO emisyon değerinde %6,7 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda CO emisyonunun daha düşük olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan CO emisyon değişimi Şekil 7.42 de gösterilmiştir.



**Şekil 7.42: Alemdağ Cd.-Atatürk Cd.-Özgür Sk. kavşağı CO emisyonu grafiği**

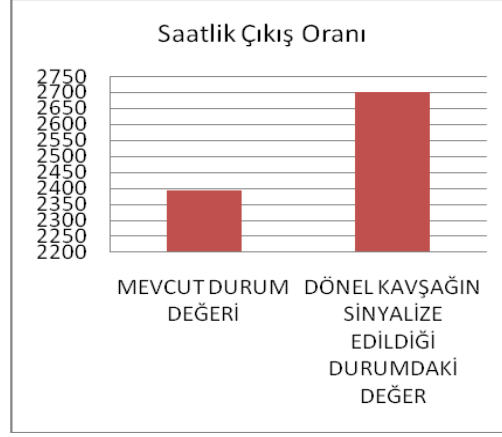
Kavşağın mevcut durumunda oluşan  $NO_x$  emisyonu 28 gr iken Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 26 gr'a düşmüş, mevcut duruma göre  $NO_x$  emisyon değerinde %0,71 düşüş olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda Alemdağ Cd.-Atatürk Cd.-Özgür Sk. Kavşağı Toplam Gecikme Grafiği emisyonunun daha fazla olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan  $NO_x$  emisyon değişimi Şekil 7.43 de gösterilmiştir.



**Şekil 7.43: Alemdağ Cd.-Atatürk Cd.-Özgür Sk. kavşağı NOX emisyonu grafiği**

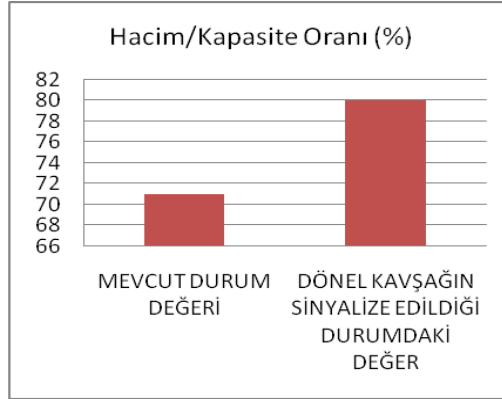
Kavşaktan saatlik çıkış oranı mevcut durumda 2394 iken Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 2700 e yükselmiş %12,78 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda saatlik çıkış oranının daha düşük olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan saatlik çıkış oranı değişimi Şekil 7.44 gösterilmiştir.





**Şekil 7.44: Alemdağ Cd.-Atatürk Cd.-Özgür Sk. kavşağı saatlik çıkış oranı grf.**

Mevcut durumda kavşağın hacim/kapasite oranı %71 iken kavşakta Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile hacim/kapasitesi oranı %80 e yükselmiştir. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda hacim/kapasite oranının daha düşük olduğu görülmektedir. Her iki durumda hacim/Kapasite oranı değişimi Şekil 7.45 de gösterilmiştir.



**Şekil 7.45: Alemdağ Cd.-Atatürk Cd.-Özgür Sk. kavşağı hacim/kapasite grafiği**

#### 7.2.4. Alemdağ Caddesi&Oral Sokak&Sakarya Sokak Kavşağı Karşılaştırmalı Performans Analizi

Alemdağ Caddesi&Oral Sokak&Sakarya Sokak kavşağının benzetim programı ile mevcut durumu ve sinyalize edildiği durumu Şekil 7.18’de gösterilmiştir.



**Kaynak: İBB Şehir Rehberi. 2010.**

**Şekil 7.46: Alemdağ Caddesi&Oral Sokak&Sakarya Sokak kavşağı Syncro ve hava fotoğrafı görünüşü**

Mevcut durum ve Tepeüstü dönel kavşağı sinyalize edildikten sonra Alemdağ Caddesi&Oral Sokak&Sakarya Sokak Kavşağında oluşan performans durumu Tablo 7.4 de görülmektedir.

**Tablo 7.4: Alemdağ Caddesi&Oral Sokak&Sakarya Sokak kavşağı karşılaştırmalı performans analizi tablosu**

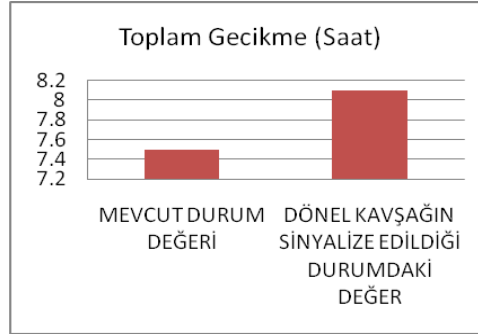
İNCELENEN DURUM	MEVCUT DURUM DEĞERİ	DÖNEL KAVŞAĞIN SİNYALİZE EDİLDİĞİ DURUMDAKİ DEĞER
ALEMDAG CAD. & ORAL SK.&SAKARYA SK. KAVŞAĞI (SİNYALİZE KAVŞAK)		
Toplam Gecikme(Saat)	7.5	8.1
Gecikme/Taşıt(Saniye)	77.5	74.6
Toplam Duraklama	10	17
Taşıt Başına Duraklama	0.03	0.04
Yolculuk Mesafesi(km)	42.2	48.2
Yolculuk Süresi(Saat)	8.4	9.2
Ortalama Hız(kph)	21	23
Kullanılan Yakıt (l)	10.9	12.1
HC Emisyonu(g)	21	13
CO Emisyonu(g)	744	641
NO <sub>x</sub> Emisyonu(g)	68	44
Saatlik Çıkış Oranı	2070	2340
Hacim/Kapasite Oranı (%)	64	72
Hizmet Düzeyi	U	72

Yapılan çalışma sonucunda mevcut durum ve Tepeüstü dönel kavşağı sinyalize edildikten sonra Alemdağ Caddesi&Oral Sokak&Sakarya Sokak Kavşağına olan etkisini gösteren değerler aşağıdaki şekillerde ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

Buna göre;

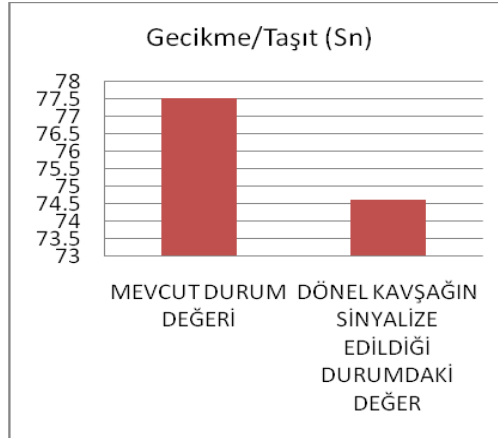
Kavşağın mevcut durumunda toplam gecikme değeri 7,5 saat iken Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağına etkisi ile bu değer 8,1 saate yükselmiş, mevcut duruma göre toplam gecikme değerinde %8 artış olmuştur. Bu durumda

kavşağın mevcut durumunda toplam gecikmenin daha düşük olduğu görülmektedir. Toplam gecikmenin değişimi Şekil 7.47 de gösterilmiştir



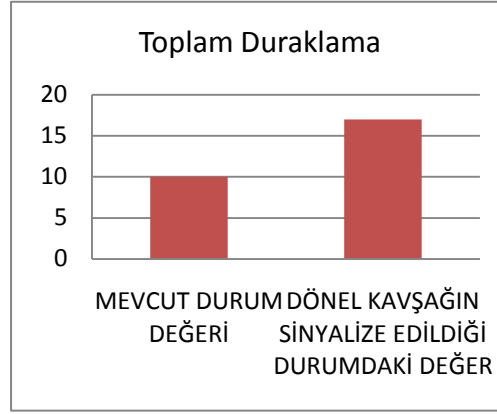
**Şekil 7.47: Alemdağ Cd.-Oral Sk.-Sakarya Sk. kavşağı toplam gecikme grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda taşıt başına gecikme değeri 77,5 saniye iken Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 74,6 saniyeye düşmüş, mevcut duruma göre taşıt başına gecikme değerinde %3,74 düşüş olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda taşıt başına gecikmenin daha fazla olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan taşıt başına gecikme değişimi Şekil 7.48 de gösterilmiştir.



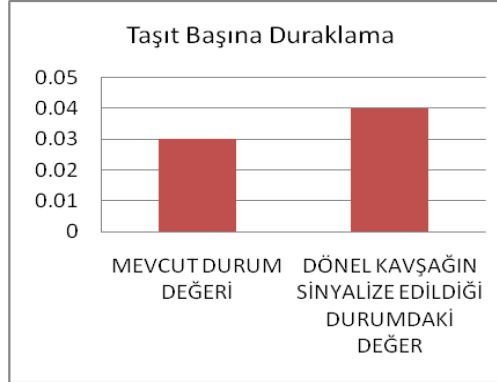
**Şekil 7.48: Alemdağ Cd.-Oral Sk.-Sakarya Sk. kavşağı taşıt başına gecikme grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda toplam duraklama değeri 10 iken Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 17'ye yükselmiş, mevcut duruma göre toplam duraklama değerinde %70 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda toplam duraklamanın daha düşük olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan toplam duraklama değişimi Şekil 7.49 da gösterilmiştir.



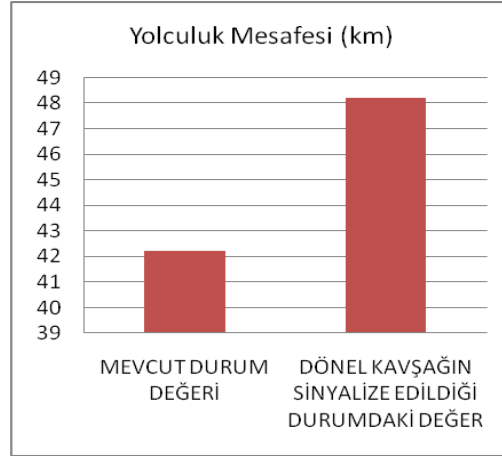
**Şekil 7.49: Alemdağ Cd.-Oral Sk.-Sakarya Sk. kavşağı toplam duraklama grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda taşıt başına duraklama değeri 0,03 iken Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 0,04'e yükselmiş, mevcut duruma göre taşıt başına duraklama değerinde %0,33 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda taşıt başına duraklamanın daha düşük olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan toplam duraklama değişimi Şekil 7.50 de gösterilmiştir.



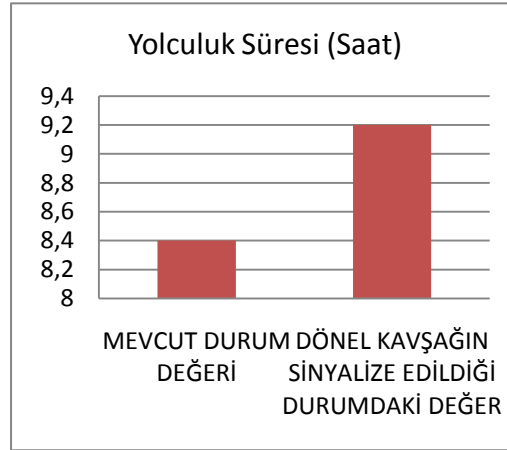
**Şekil 7.50: Alemdağ Cd.-Oral Sk.-Sakarya Sk. kavşağı taşıt başına duraklama grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda yolculuk mesafesi 42,2 km iken Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 48,2 km'ye yükselmiş, mevcut duruma göre yolculuk mesafesi değerinde %14,21 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda yolculuk mesafesinin daha düşük olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan yolculuk mesafesi değişimi Şekil 7.51 de gösterilmiştir.



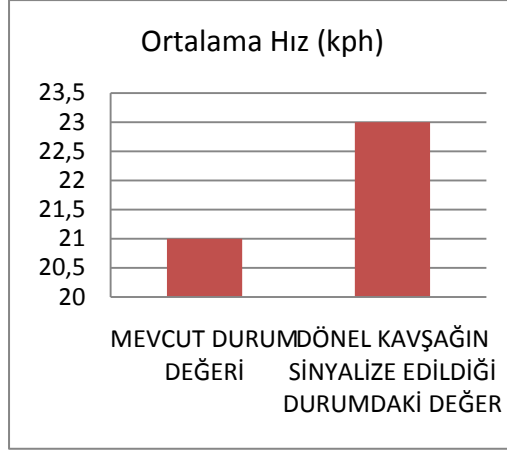
**Şekil 7.51: Alemdağ Cd.-Oral Sk.-Sakarya Sk. kavşağı yolculuk mesafesi grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda yolculuk süresi 8,4 saat iken iken Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 9,2 saate yükselmiş, mevcut duruma göre yolculuk süresi değerinde %9,52 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda yolculuk süresinin daha düşük olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan yolculuk süresi değişimi Şekil 7.52 de gösterilmiştir.



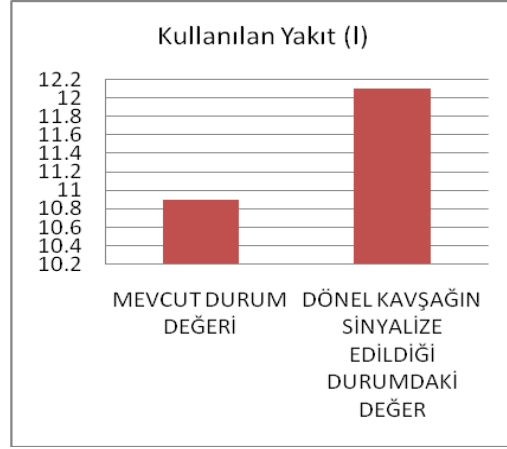
**Şekil 7.52: Alemdağ Cd.-Oral Sk.-Sakarya Sk. kavşağı yolculuk süresi grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda ortalama hız 21 km/saat iken Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 23 km/saate yükselmiş, mevcut duruma göre ortalama hız değerinde %9,52 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda ortalama hızın daha düşük olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan ortalama hız değişimi Şekil 7.53 de gösterilmiştir.



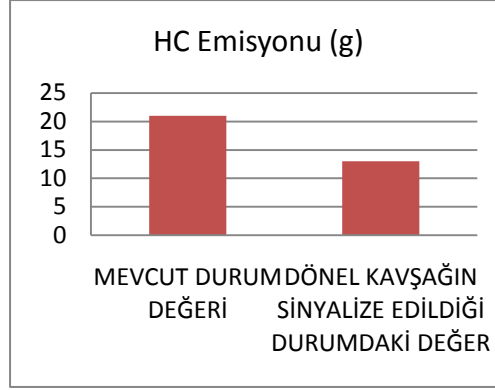
**Şekil 7.53: Alemdağ Cd.-Oral Sk.-Sakarya Sk. kavşağı ortalama hız grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda kullanılan yakıt 10,9 litre iken Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile de bu değer 12,1 litreye yükselmiş, mevcut duruma göre kullanılan yakıt miktarında %11,00 artış olmuştur Bu durumda kavşağın mevcut durumunda kullanılan yakıt miktarının daha düşük olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan kullanılan yakıt değişimi Şekil 7.54 de gösterilmiştir.



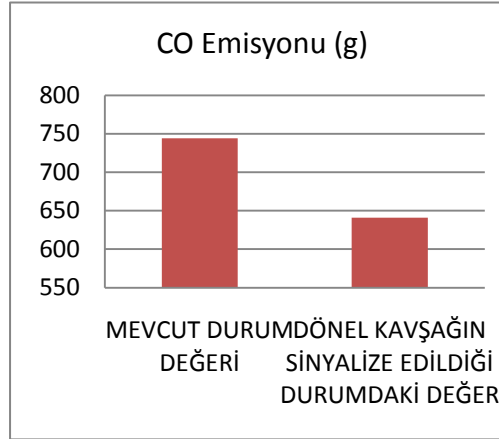
**Şekil 7.54: Alemdağ Cd.-Oral Sk.-Sakarya Sk. kavşağı kKullanılan yakıt grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda oluşan HC emisyonu 21 gr Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 13 gr'a düşmüş, mevcut duruma göre HC emisyon değerinde %38,09 düşüş olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda HC emisyonunun daha yüksek olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan HC emisyon değişimi Şekil 7.55 de gösterilmiştir.



**Şekil 7.55: Alemdağ Cd.-Oral Sk.-Sakarya Sk. kavşağı HC emisyonu grafiği**

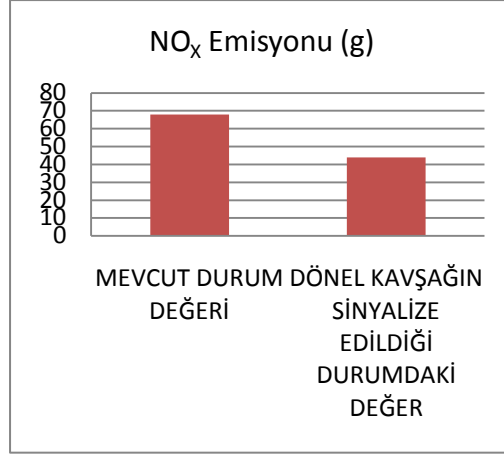
Kavşağın mevcut durumunda oluşan CO emisyonu 744 gr iken Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 641 gr'a düşmüş, mevcut duruma göre CO emisyon değerinde %13,84 düşüş olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda CO emisyonunun daha yüksek olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan CO emisyon değişimi Şekil 7.56 da gösterilmiştir.



**Şekil 7.56: Alemdağ Cd.-Oral Sk.-Sakarya Sk. kavşağı CO emisyonu grafiği**

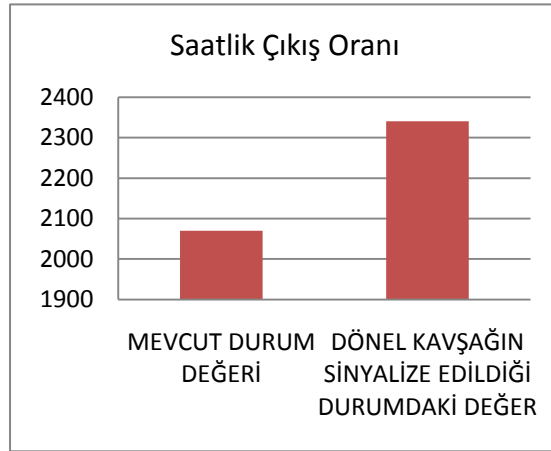
Kavşağın mevcut durumunda oluşan NO<sub>x</sub> emisyonu 68 gr iken Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 44 gr'a düşmüş, mevcut duruma göre NO<sub>x</sub> emisyon değerinde %35,29 düşüş olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda NO<sub>x</sub> emisyonunun daha yüksek olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan NO<sub>x</sub> emisyon değişimi Şekil 7.57 de gösterilmiştir.





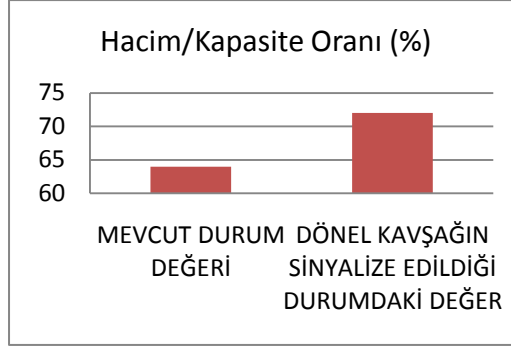
**Şekil 7.57: Alemdağ Cd.-Oral Sk.-Sakarya Sk. kavşağı NOX emisyonu grafiği**

Kavşaktan saatlik çıkış oranı mevcut durumda 2070 iken Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 2340'a yükselmiş, mevcut duruma göre saatlik çıkış oranı değerinde %13,04 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda saatlik çıkış oranının daha düşük olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan saatlik çıkış oranı değişimi Şekil 7.58 de gösterilmiştir.



**Şekil 7.58: Alemdağ Cd.-Oral Sk.-Sakarya Sk. kavşağı saatlik çıkış oranı grafiği**

Mevcut durumda kavşağın hacim/kapasite oranı %64 iken kavşakta Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile hacim/kapasitesi oranı %72'ye yükselmiştir. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda hacim/kapasite oranının daha düşük olduğu görülmektedir. Her iki durumda hacim/Kapasite oranı değişimi Şekil 7.59 da gösterilmiştir.



**Şekil 7.59: Alemdağ Cd.-Oral Sk.-Sakarya Sk. kavşağı hacim/kapasite grafiği**

### 7.2.5. Tepeüstü Mahallesi'nde İncelenen Koridor Bazında Karşılaştırmalı Performans Analizi

Mevcut durum ve Tepeüstü dönel kavşağı sinyalize edildikten sonra incelenen karayolu koridorunda oluşan performans durumu Tablo 6.5 de görülmektedir.

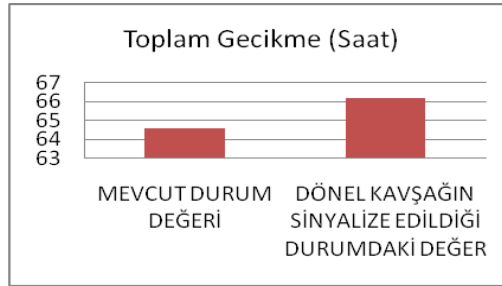
**Tablo 7.5: Tepeüstü Mahallesi'nde incelenen karayolu koridoru karşılaştırmalı performans analizi tablosu**

İNCELEME DURUMU	MEVCUT DURUM DEĞERİ	DÖNEL KAVŞAĞIN SİNYALİZE EDİLDİĞİ DURUMDAKİ DEĞER
Toplam Gecikme(Saat)	64.6	66.2
Gecikme/Taşıt(Saniye)	407.8	352.5
Toplam Duraklama	916	1609
Taşıt Başına Duraklama	1.61	2.38
Yolculuk Mesafesi(km)	623.9	697
Yolculuk Süresi(Saat)	78.7	81.5
Ortalama Hız(kph)	15	14
Kullanılan Yakıt (l)	108.9	117.2
HC Emisyonu(g)	180	208
CO Emisyonu(g)	5808	6467
NO <sub>x</sub> Emisyonu(g)	563	648
Saatlik Çıkış Oranı	3180	3636
Hacim/Kapasite Oranı (%)	8	9

Yapılan çalışma sonucunda mevcut durum ve Tepeüstü dönel kavşadı sinyalizasyon yapıldıktan sonra incelenen karayolu koridorunda oluşan etkisini gösteren değerler aşağıdaki şekillerde ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

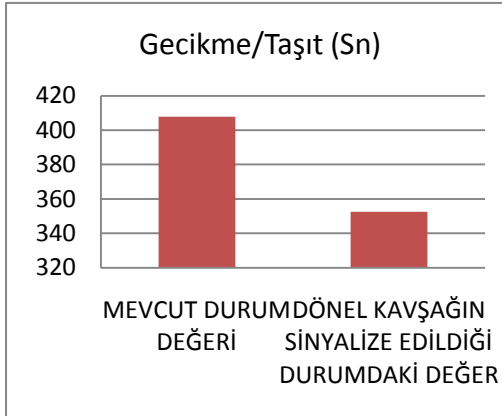
Buna göre;

İncelenen karayolu koridorunun mevcut durumunda toplam gecikme değeri 64,6 saat iken Tepeüstü dönel kavşadının sinyalizasyon yapıldıktan sonra oluşan etkisi ile bu değer 66,2 saate yükselmiş, mevcut duruma göre toplam gecikme değerinde %2,47 artış olmuştur. Bu durumda incelenen karayolu koridorunun mevcut durumunda toplam gecikmenin daha düşük olduğu görülmektedir. Toplam gecikmenin değişimi şekil 7.60 da gösterilmiştir.



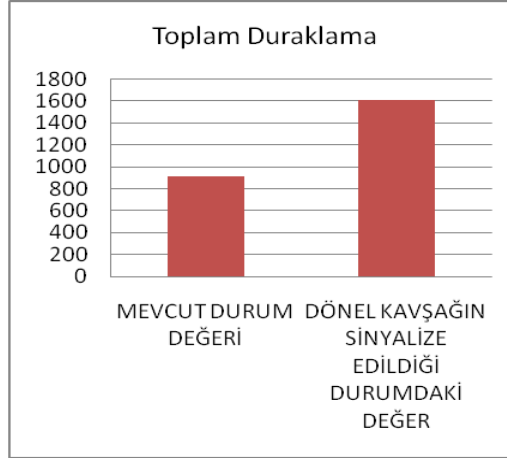
**şekil 7.60: Tepeüstü Mh. incelenen karayolu koridoru toplam gecikme grafiği**

İncelenen karayolu koridorunun mevcut durumunda taşıt başına gecikme değeri 407,8 saat iken Tepeüstü dönel kavşadının sinyalizasyon yapıldıktan sonra oluşan etkisi ile bu değer 352,5 saate dşmiş, mevcut duruma göre taşıt başına gecikme değerinde %13,56 düşüş olmuştur. Bu durumda incelenen karayolu koridorunun mevcut durumunda taşıt başına gecikmenin daha fazla olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan taşıt başına gecikme değişimi şekil 7.61 de gösterilmiştir.



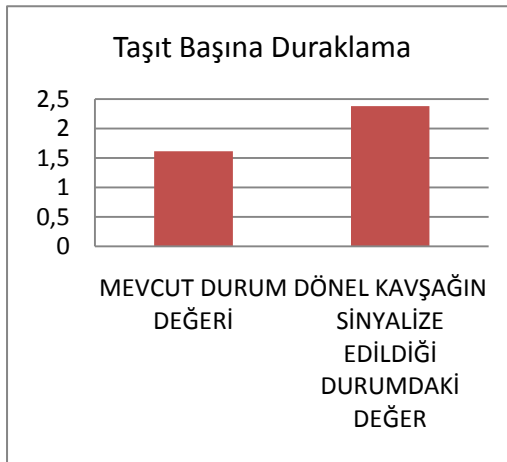
**şekil 7.61: Tepeüstü Mh. incelenen karayolu koridoru taşıt Başına gecikme grf.**

İncelenen karayolu koridorunun mevcut durumunda toplam duraklama değeri 916 saniye iken Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapıldıktan sonra oluşan etkisi ile bu değer 1609 saniyeye yükselmiş, mevcut duruma göre toplam duraklama değerinde %75,65 artış olmuştur. Bu durumda incelenen karayolu koridorunun mevcut durumunda toplam duraklamanın daha düşük olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan toplam duraklama değişimi Şekil 7.62 de gösterilmiştir.



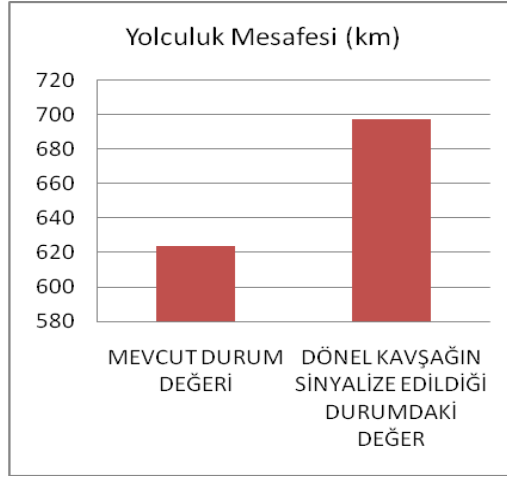
**Şekil 7.62: Tepeüstü Mh. incelenen karayolu koridoru toplam duraklama grf.**

İncelenen karayolu koridorunun mevcut durumunda taşıt başına duraklama değeri 1,61 iken Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapıldıktan sonra oluşan etkisi ile bu değer 2,38 e yükselmiş, mevcut duruma göre taşıt başına duraklama değerinde %47,82 artış olmuştur. Bu durumda incelenen karayolu koridorunun mevcut durumunda taşıt başına duraklamanın daha az olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan toplam duraklama değişimi Şekil 7.63 de gösterilmiştir.



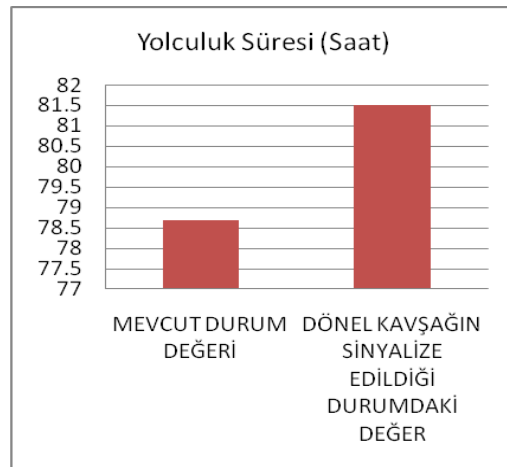
**Şekil 7.63: Tepeüstü Mh. incelenen karayolu koridoru taşıt başına duraklama grafiği**

İncelenen karayolu koridorunun mevcut durumunda yolculuk mesafesi değeri 623,9 km iken Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapıldıktan sonra oluşan etkisi ile bu değer 697 km'ye yükselmiş, mevcut duruma göre yolculuk mesafesi değerinde %11,71 artış olmuştur. Bu durumda incelenen karayolu koridorunun mevcut durumunda yolculuk mesafesinin daha kısa olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan yolculuk mesafesi değişimi Şekil 7.64 de gösterilmiştir.



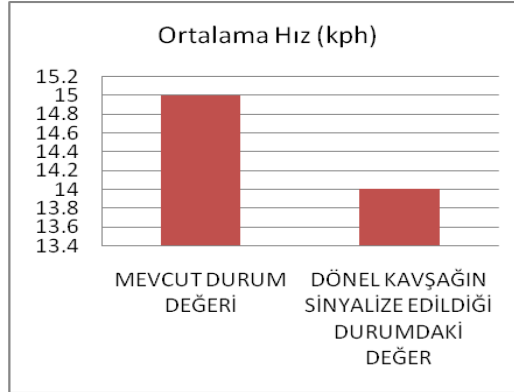
**Şekil 7.64: Tepeüstü Mh. incelenen karayolu koridoru yolculuk mesafesi grafiği**

İncelenen karayolu koridorunun mevcut durumunda yolculuk süresi değeri 78,7 saat iken Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapıldıktan sonra oluşan etkisi ile bu değer 81,5 saate yükselmiş, mevcut duruma göre yolculuk süresi değerinde %3,55 artış olmuştur. Bu durumda incelenen karayolu koridorunun mevcut durumunda yolculuk süresinin daha kısa olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan yolculuk süresi değişimi Şekil 7.65 de gösterilmiştir.



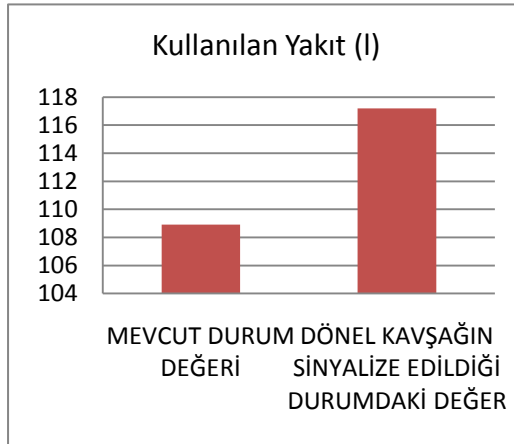
**Şekil 7.65: Tepeüstü Mh. incelenen karayolu koridoru yolculuk süresi grafiği**

İncelenen karayolu koridorunun mevcut durumunda ortalama hız değeri 15 km/saat iken Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapıldıktan sonra oluşan etkisi ile bu değer 14 km/saate düşmüş, mevcut duruma göre ortalama hız değerinde %6,6 düşüş olmuştur. Bu durumda incelenen karayolu koridorunun mevcut durumunda ortalama hızın daha yüksek olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan ortalama hız değişimi Şekil 7.66 da gösterilmiştir.



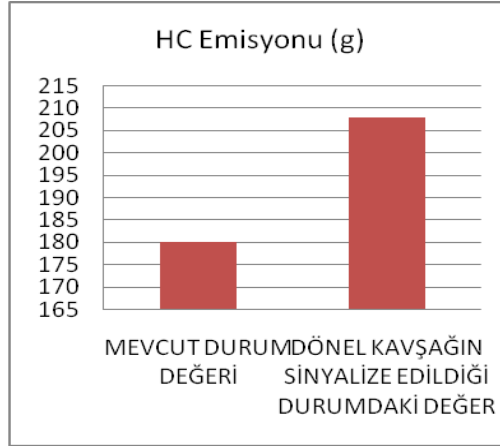
**Şekil 7.66: Tepeüstü Mh. incelenen karayolu koridoru ortalama hız grafiği**

İncelenen karayolu koridorunun mevcut durumunda kullanılan yakıt değeri 108,9 litre iken Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapıldıktan sonra oluşan etkisi ile bu değer 117,2 litreye yükselmiş, mevcut duruma göre kullanılan yakıt değerinde %7,62 artış olmuştur. Bu durumda incelenen karayolu koridorunun mevcut durumunda kullanılan yakıt miktarının daha az olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan kullanılan yakıt değişimi Şekil 7.67 de gösterilmiştir.



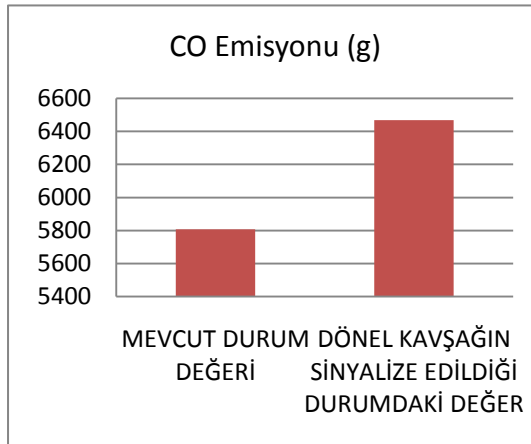
**Şekil 7.67: Tepeüstü Mh. incelenen karayolu koridoru kullanılan yakıt grafiği**

İncelenen karayolu koridorunun mevcut durumunda kullanılan HC emisyonu 180 gr iken Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapıldıktan sonra oluşan etkisi ile bu değer 208 gr.a yükselmiş, mevcut duruma göre HC emisyon değerinde %15,55 artış olmuştur. Bu durumda incelenen karayolu koridorunun mevcut durumunda HC emisyonunun daha düşük olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan kullanılan HC emisyon değişimi Şekil 7.68 de gösterilmiştir.



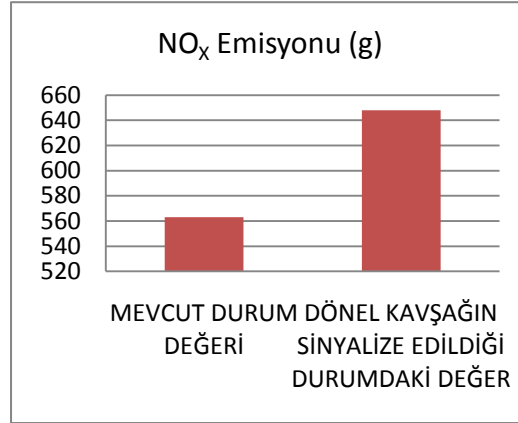
**Şekil 7.68: Tepeüstü Mh. incelenen karayolu koridoru HC emisyonu grafiği**

İncelenen karayolu koridorunun mevcut durumunda kullanılan CO emisyonu 5808 gr iken Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapıldıktan sonra oluşan etkisi ile bu değer 6467 gr'a yükselmiş, mevcut duruma göre CO emisyon değerinde %11,34 artış olmuştur. Bu durumda incelenen karayolu koridorunun mevcut durumunda CO emisyonunun daha düşük olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan kullanılan CO emisyon değişimi Şekil 7.69 da gösterilmiştir.



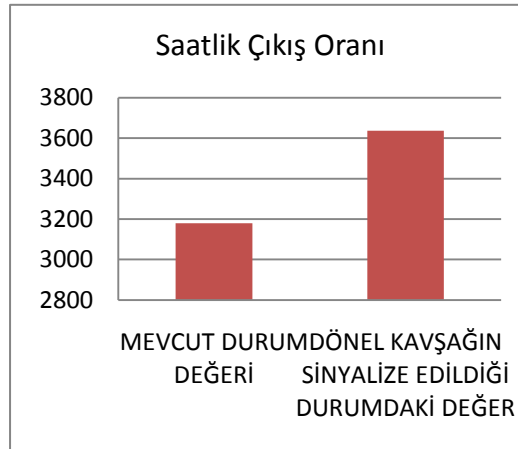
**Şekil 7.69: Tepeüstü Mh. incelenen karayolu koridoru CO emisyonu grafiği**

İncelenen karayolu koridorunun mevcut durumunda kullanılan NO<sub>x</sub> emisyonu 563 gr. iken Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapıldıktan sonra oluşan etkisi ile bu değer 648 gr'a yükselmiş, mevcut duruma göre NO<sub>x</sub> emisyon değerinde %15,09 artış olmuştur. Bu durumda incelenen karayolu koridorunun mevcut durumunda NO<sub>x</sub> emisyonunun daha düşük olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan kullanılan NO<sub>x</sub> emisyon değişimi Şekil 7.70 de gösterilmiştir.



**Şekil 7.70: Tepeüstü Mh. incelenen karayolu koridoru NOX emisyonu grafiği**

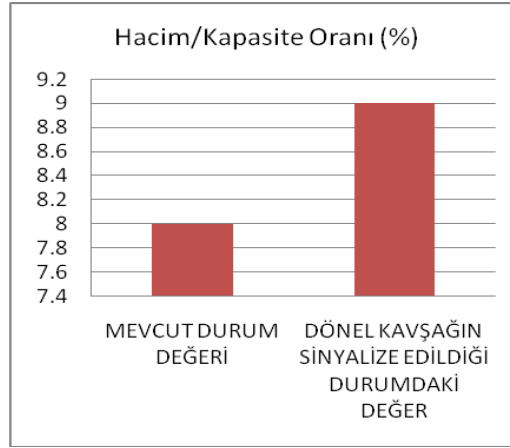
İncelenen karayolu koridorunun mevcut durumda saatlik araç çıkış oranı 3180 iken Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapıldıktan sonra oluşan etkisi ile bu değer 3636'ya yükselmiş, mevcut duruma göre saatlik araç çıkış oranı %14,34 artış olmuştur. Bu durumda incelenen karayolu koridorunun mevcut durumunda saatlik araç çıkış oranının daha düşük olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan saatlik çıkış oranı değişimi Şekil 7.71 de gösterilmiştir.



**Şekil 7.71: Tepeüstü Mh. incelenen karayolu koridoru saatlik çıkış oranı grafiği**



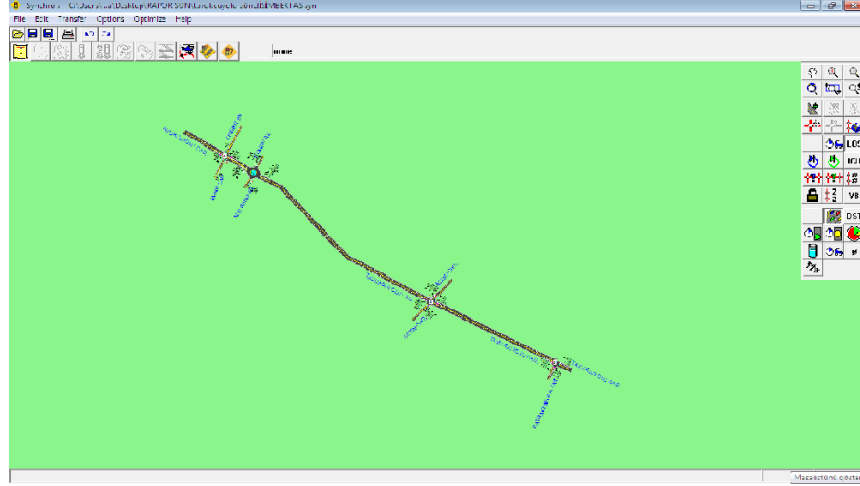
Mevcut durumda incelenen karayolu koridorunun hacim/kapasite oranı %8 iken Tepeüstü dönel kavşağının sinyalize yapıldıktan sonra oluşan etkisi ile hacim/kapasitesi oranı %9 a yükselmiştir.Bu durumda incelenen karayolu koridorunun mevcut durumunda hacim/kapasite oranının daha düşük olduğu görülmektedir.Her iki durumda hacim/kapasite oranı değişimi Şekil 7.72 gösterilmiştir.



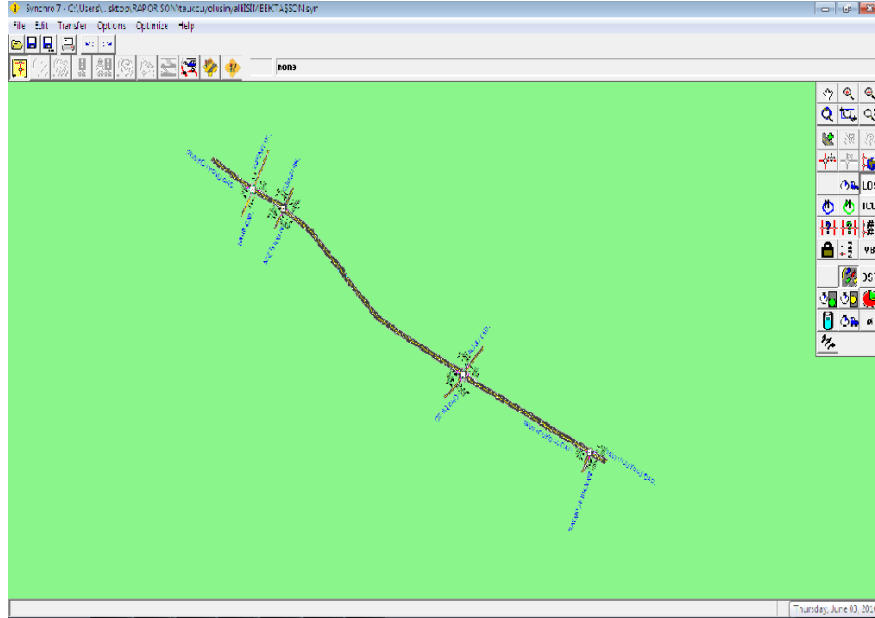
**Şekil 7.72: Tepeüstü Mh. incelenen karayolu koridoru hacim/kapasite grafiği**

### **7.3. Y.DUDULLU MAHALLESİ'NDE SEÇİLEN KAVŞAK KORİDORUNUN İNCELENMESİ (TAVUKÇUYOLU CADDESİ ÜZERİ)**

Çalışma için seçilen Y.Dudullu Mahallesi'nde bulunan karayolu koridorunun görüntüleri Şekil 7.73 ve Şekil 7.74 de gösterilmiştir.



**Şekil 7.73: Y. Dudullu Mahallesi'nde incelenen koridora ait mevcut durum Synchro görünümü**



**Şekil 7.74: Y.Dudullu Mahallesi'nde incelenen koridora ait dönel kavşağın sinyalize kavşağa dönüştürüldüğü durumda Synchro görünümü**

#### Çalışmada Koridor Bazında İncelenen Kavşaklar

- Tavukçuyolu Caddesi&Kiremit Sokak.&Şahin Caddesi Kavşağı (Sinyalize Kavşak)
- Tavukçuyolu Caddesi&Kumru Sokak&Aziz Bulvarı Kavşağı (Dönel Kavşak)
- Tavukçuyolu Caddesi&Acısu Caddesi&Çetin Caddesi Kavşağı (Sinyalize Kavşak)
- Tavukçuyolu Caddesi&Bayraktar Bulvarı Kavşağı (Sinyalize Kavşak)

### 7.3.1. Tavukçuyolu Caddesi&Kiremit Sokak&Şahin Caddesi Kavşağı Karşılaştırmalı Performans Analizi

Tavukçuyolu Caddesi&Kiremit Sokak&Şahin Caddesi kavşağının benzetim programı ile mevcut durumu ve sinyalize edildiği durumu Şekil 7.75’de gösterilmiştir.



Kaynak: İBB Şehir Rehberi. 2010.

**Şekil 7.75: Tavukçuyolu Caddesi&Kiremit Sokak&Şahin Caddesi kavşağı Syncro ve hava fotoğrafı görünüşü**

Mevcut durum ve Aziz Bulvarı dönel kavşağı sinyalize edildikten sonra Tavukçuyolu Caddesi&Kiremit Sokak&Şahin Caddesi kavşağında oluşan performans durumu Tablo 7.6 da görülmektedir.

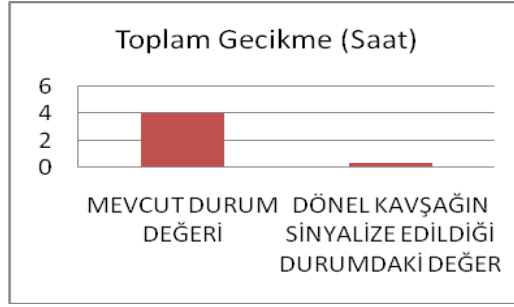
**Tablo 7.6: Tavukçuyolu Caddesi&Kiremit Sokak&Şahin Caddesi kavşağı karşılaştırmalı performans analizi tablosu**

İNCELEME DURUMU	MEVCUT DURUM DEĞERİ	DÖNEL KAVŞAĞIN SİNYALİZE EDİLDİĞİ DURUMDAKİ DEĞER
Toplam Gecikme(Saat)	4	0.3
Gecikme/Taşıt(Saniye)	66.7	5.2
Toplam Duraklama	195	62
Taşıt Başına Duraklama	0.9	0.26
Yolculuk Mesafesi(km)	25.6	28
Yolculuk Süresi(Saat)	4.7	1.1
Ortalama Hız(km/sa)	6	26
Kullanılan Yakıt (l)	6	3.9
HC Emisyonu(g)	10	13
CO Emisyonu(g)	340	548
NO <sub>x</sub> Emisyonu(g)	34	50
Saatlik Çıkış Oranı	1266	1428
Hacim/Kapasite Oranı (%)	76	86
Hizmet Düzeyi	A	A

Yapılan çalışma sonucunda mevcut durum ve Aziz Bulvarı dönel kavşağı sinyalize edildikten sonra Tavukçuyolu Caddesi&Kiremit Sokak&Şahin Caddesi Kavşağına olan etkisini gösteren değerler aşağıdaki şekillerde ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

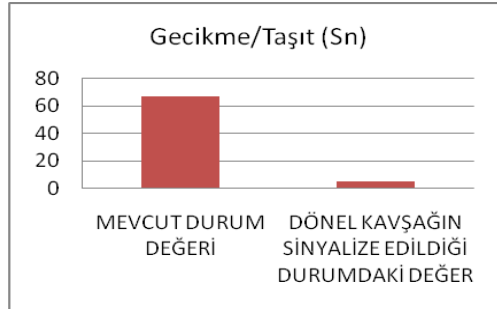
Buna göre;

Kavşağın mevcut durumunda toplam gecikme değeri 4 saat iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 0,3 saate düşmüş, mevcut duruma göre toplam gecikme değerinde %92,5 düşüş olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda toplam gecikmenin daha fazla olduğu görülmektedir. Toplam gecikmenin değişimi Şekil 7.76 da gösterilmiştir



**Şekil 7.76: Tavukçuyolu Cd.-Kiremit Sk.-Şahin Cd. kavşağı toplam gecikme grafiği**

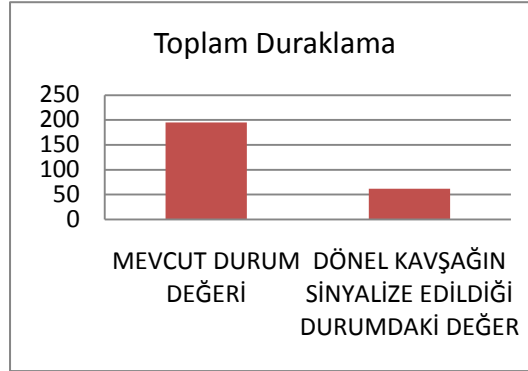
Kavşağın mevcut durumunda taşıt başına gecikme değeri 66,7 saniye iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 5,2 saniyeye düşmüş, mevcut duruma göre taşıt başına gecikme değerinde %92,20 düşüş olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda taşıt başına gecikme değerinin daha fazla olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan taşıt başına gecikme değişimi Şekil 7.77 de gösterilmiştir.



**Şekil 7.77: Tavukçuyolu Cd.-Kiremit Sk.-Şahin Cd. kavşağı taşıt başına gecikme grafiği**

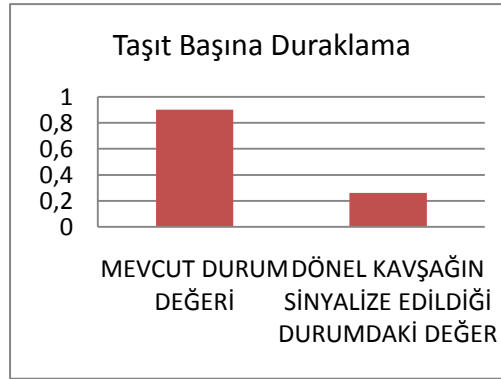
Kavşağın mevcut durumunda toplam duraklama değeri 195 iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 62'ye düşmüş mevcut duruma göre toplam duraklama değerinde %68,20 düşüş olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda toplam duraklama değerinin daha fazla olduğu

görülmektedir. Her iki durumda oluşan toplam duraklama değişimi Şekil 7.78 de gösterilmiştir.



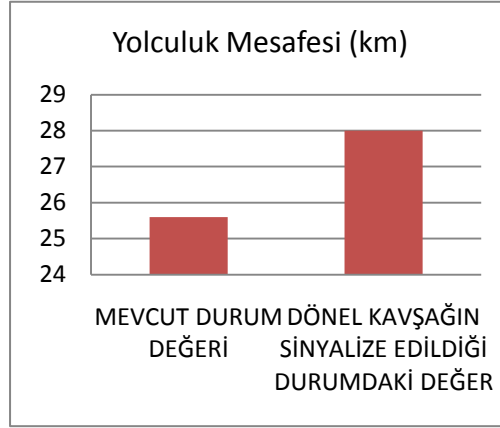
**Şekil 7.78: Tavukçuyolu Cd.-Kiremit Sk.-Şahin Cd. kavşağı toplam duraklama grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda taşıt başına duraklama değeri 0,9 iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 0,26 ya düşmüş mevcut duruma göre taşıt başına duraklama değerinde %71,11 düşüş olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda taşıt başına duraklama değerinin daha fazla olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan taşıt başına duraklama değişimi Şekil 7.79 da gösterilmiştir.



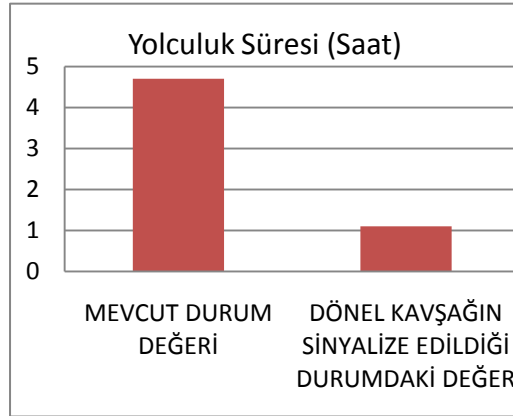
**Şekil 7.79: Tavukçuyolu Cd.-Kiremit Sk.-Şahin Cd. kavşağı taşıt başına duraklama grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda yolculuk mesafesi değeri 25,6 km iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile değer 28 km'ye yükselmiş mevcut duruma göre yolculuk mesafesi değerinde %9,37 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda yolculuk mesafesinin daha düşük olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan yolculuk mesafesi değişimi Şekil 7.80 de gösterilmiştir.



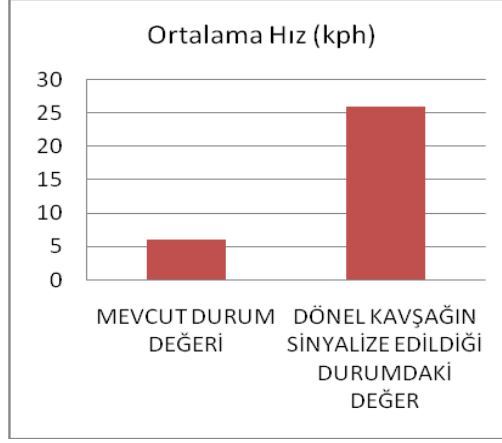
**Şekil 7.80: Tavukçuyolu Cd.-Kiremit Sk.-Şahin Cd. kavşağı yolculuk meafesi grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda yolculuk süresi değeri 4,7 saat iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile değer 1,1 saate düşmüş mevcut duruma göre yolculuk süresinde %76,59 düşüş olmuştur Bu durumda kavşağın mevcut durumunda yolculuk süresinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan yolculuk süresi değişimi Şekil 7.81 de gösterilmiştir.



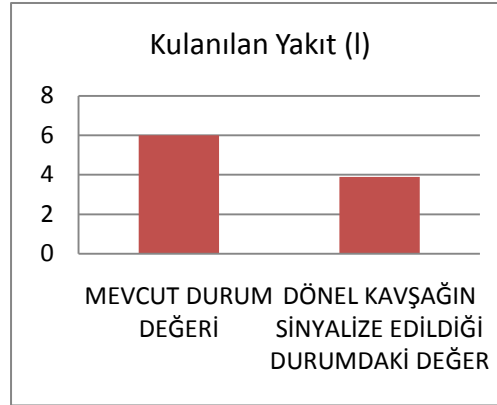
**Şekil 7.81: Tavukçuyolu Cd.-Kiremit Sk.-Şahin Cd. kavşağı yolculuk süresi grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda ortalama hız 6 km/saat iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile değer 26 km/saat olmuş mevcut duruma göre ortalama hızda %333,33 artış olmuştur Bu durumda kavşağın mevcut durumunda ortalama hız değerinin daha düşük olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan ortalama hız değişimi Şekil 7.82 de gösterilmiştir.



**Şekil 7.82: Tavukçuyolu Cd.-Kiremit Sk.-Şahin Cd. kavşağı ortalama hız grafiği**

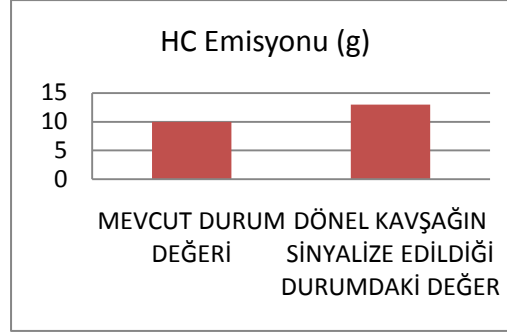
Kavşağın mevcut durumunda kullanılan yakıt 6 litre iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile değer 3,9 litreye düşmüş, mevcut duruma göre kullanılan yakıt miktarında %35 düşüş olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda kullanılan yakıt miktarının daha fazla olduğu görülmektedir. Her iki durumda kullanılan yakıt değişimi Şekil 7.83 de gösterilmiştir.



**Şekil 7.83: Tavukçuyolu Cd.-Kiremit Sk.-Şahin Cd. kavşağı kullanılan yakıt grafiği**

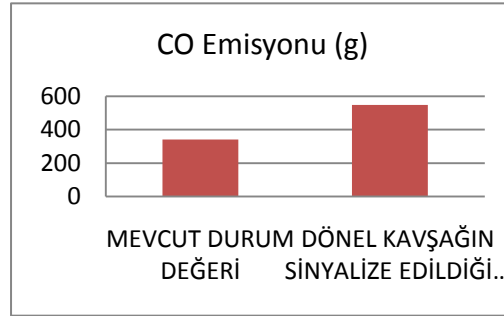
Kavşağın mevcut durumunda oluşan HC emisyonu 10 gr. iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile değer 13 gr'a yükselmiş, mevcut duruma göre HC emisyon değerinde %30 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda HC emisyonunun daha düşük olduğu görülmektedir. Her iki durumda HC emisyon değişimi Şekil 7.84 de gösterilmiştir.





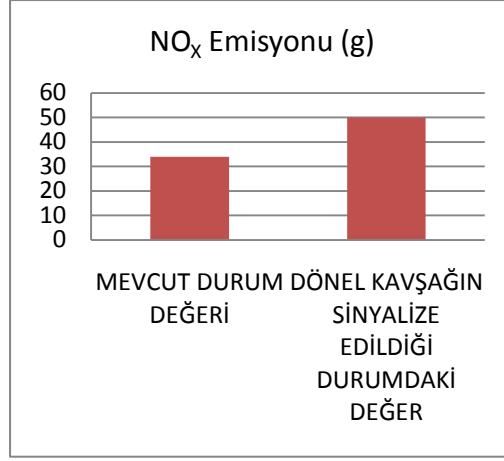
**Şekil 7.84: Tavukçuyolu Cd.-Kiremit Sk.-Şahin Cd. kavşağı HC emisyonu grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda oluşan CO emisyonu 340 gr iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile değer 548 gr'a yükselmiş mevcut duruma göre CO emisyon değerinde %61,18 artış olmuştur. Bu kriter bazında kendinden sonraki dönel kavşağın sinyalize edilmesi, kavşakta CO emisyon değerini artırmıştır. Her iki durumda CO emisyon değişimi 6.85 de gösterilmiştir.



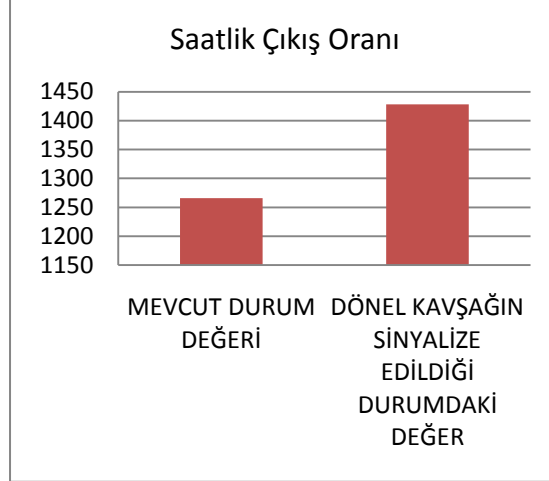
**Şekil 7.85: Tavukçuyolu Cd.-Kiremit Sk.-Şahin Cd. kavşağı CO emisyonu grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda oluşan NO<sub>x</sub> emisyonu 340 gr. iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile değer 548 gr olmuş mevcut duruma göre NO<sub>x</sub> emisyon değerinde %61,18 artış olmuştur. Bu kriter bazında kendinden sonraki dönel kavşağın sinyalize edilmesi, kavşakta NO<sub>x</sub> emisyon değerini artırmıştır. Her iki durumda NO<sub>x</sub> emisyon değişimi Şekil 7.86 da gösterilmiştir.



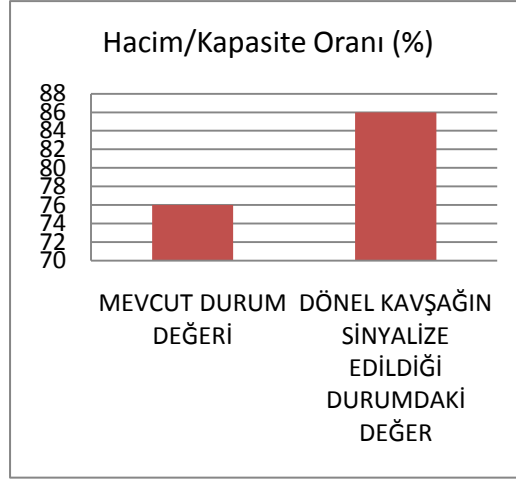
**Şekil 7.86: Tavukçuyolu Cd.-Kiremit Sk.-Şahin Cd. kavşağı NOX emisyonu grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda saatlik çıkış oranı 1266 iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile değer 1428'e yükselmiş mevcut duruma göre saatlik çıkış oranı miktarında %12,80 artış olmuştur. Bu kriter bazında kendinden sonraki dönel kavşağın sinyalize edilmesi, kavşakta saatlik çıkış oranını artırmıştır. Her iki durumdaki saatlik çıkış oranı değişimi Şekil 7.87 gösterilmiştir.



**Şekil 7.87: Tavukçuyolu Cd.-Kiremit Sk.-Şahin Cd. kavşağı saatlik çıkış oranı grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda hacim/kapasite oranı %76 iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile oran %86 olmuş mevcut duruma göre hacim/kapasite oranında artış olmuştur. Bu kriter bazında kendinden sonraki dönel kavşağın sinyalize edilmesi, kavşakta hacim/kapasite oranını artırmıştır. Her iki durumdaki hacim/kapasite oranı değişimi Şekil 7.88 de gösterilmiştir.



**Şekil 7.88: Tavukçuyolu Cd.-Kiremit Sk.-Şahin Cd. kavşağı hacim/kapasite grafiği**

### 7.3.2. Tavukçuyolu Caddesi&Kumru Sokak&Aziz Bulvarı Dönel Kavşağı Karşılaştırmalı Performans Analizi

Tavukçuyolu Caddesi&Kumru Sokak&Aziz Bulvarı kavşağının benzetim programı ile mevcut durumu ve sinyalize edildiği durumu Şekil 7.89 ve Şekil 7.90'da gösterilmiştir.



Kaynak: İBB Şehir Rehberi

**Şekil 7.89: Tavukçuyolu Caddesi&Kumru Sokak&Aziz Bulvarı**



Kaynak: İBB Şehir Rehberi. 2010.

**Şekil 7.90: Tavukçuyolu Caddesi&Kumru Sokak&Aziz Bulvarı kavşağı mevcut ve sinyalizasyon yapılmış durum Syncro görünüşü kavşağı**

Mevcut durum ve Aziz Bulvarı dönel kavşağı sinyalize edildikten sonra Tavukçuyolu Caddesi&Kumru Sokak&Aziz Bulvarı kavşağında oluşan performans durumu Tablo 7.7 de görülmektedir

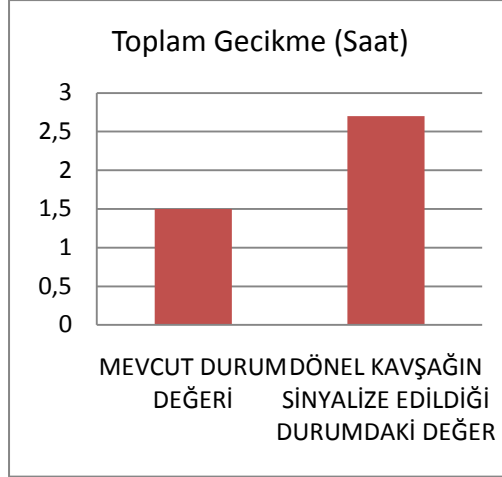
**Tablo 7.7: Tavukçuyolu Caddesi&Kumru Sokak&Aziz Bulvarı kavşağı karşılaştırmalı performans analizi tablosu**

İNCELENEN DURUM	MEVCUT DURUM DEĞERİ	DÖNEL KAVŞAĞIN SİNYALİZE EDİLDİĞİ DURUMDAKİ DEĞER
Toplam Gecikme(Saat)	1.5	2.7
Gecikme/Taşıt(Saniye)	20.3	33.8
Toplam Duraklama	109	195
Taşıt Başına Duraklama	0.4	0.68
Yolculuk Mesafesi(km)	19.9	25.3
Yolculuk Süresi(Saat)	2	3.4
Ortalama Hız(kph)	10	8
Kullanılan Yakıt (l)	2.9	4.2
HC Emisyonu(g)	4	5
CO Emisyonu(g)	123	153
NO <sub>x</sub> Emisyonu(g)	15	17
Saatlik Çıkış Oranı	1620	1710
Hacim/Kapasite Oranı (%)	82	86
Hizmet Düzeyi	U	F

Yapılan çalışma sonucunda Aziz Bulvarı dönel kavşağının mevcut durumu ve kavşak sinyalize edildikten sonraki performans değerleri aşağıdaki şekillerde ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

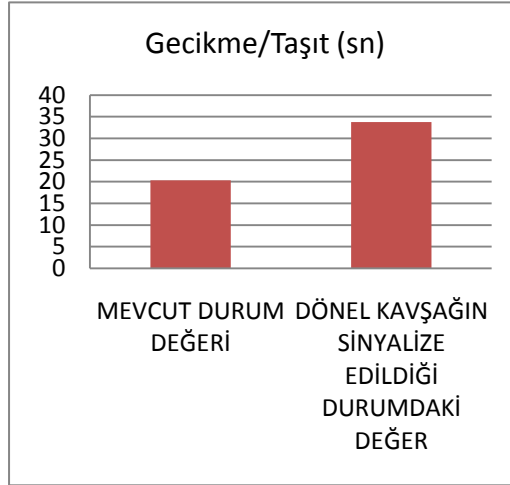
Buna göre;

Kavşağın mevcut durumunda toplam gecikme değeri 1,5 saat iken sinyalize edildikten sonra bu değer 2,7 saate çıkmış, mevcut duruma göre toplam gecikme değerinde %80 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda toplam gecikmenin daha az olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan toplam gecikme değişimi Şekil 7.91 de gösterilmiştir.



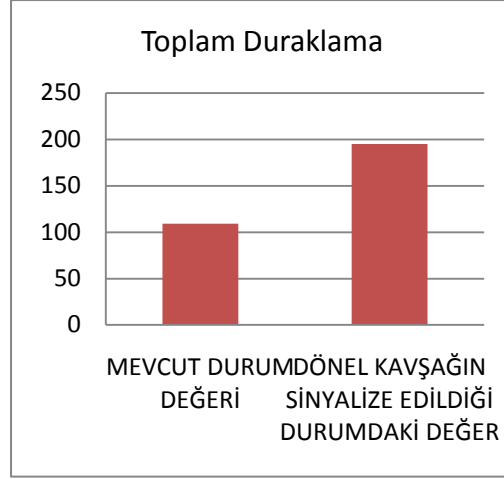
**Şekil 7.91: Tavukçuyolu Cd.-Aziz Bulvarı dönel kavşağı toplam gecikme grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda taşıt başına gecikme değeri 20,3 saniye iken sinyalizasyon yapıldıktan sonra bu değer 33,8 saniyeye çıkmış, mevcut duruma göre taşıt başına gecikme değerinde %66,50 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda taşıt başına gecikmenin daha az olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan taşıt başına gecikme değişimi Şekil 7.92 de gösterilmiştir.



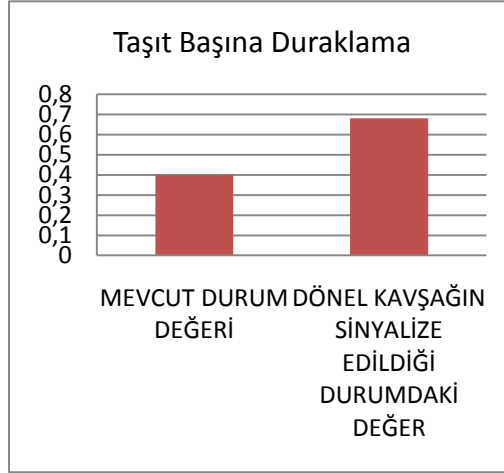
**Şekil 7.92: Tavukçuyolu Cd.-Aziz Bulvarı dönel kavşağı taşıt başına gecikme grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda toplam duraklama değeri 109 iken sinyalizasyon yapıldıktan sonra bu değer 195'e çıkmış, mevcut duruma göre toplam duraklama değerinde %78,90 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda toplam duraklamanın daha az olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan toplam duraklama değişimi Şekil 7.93 de gösterilmiştir.



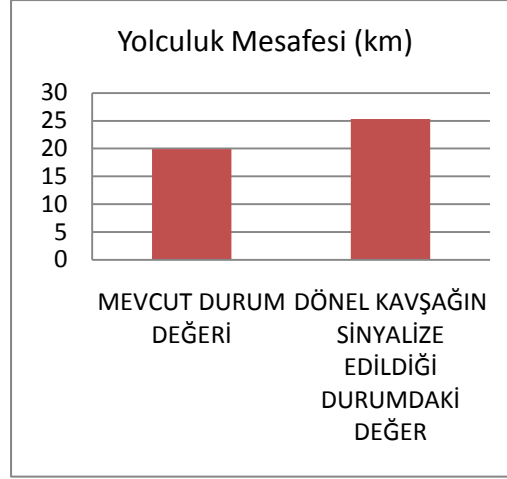
**Şekil 7.93. Tavukçuyolu Cd.-Aziz Bulvarı dönel kavşağı toplam duraklama grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda taşıt başına duraklama değeri 0,4 iken sinyalize edildikten sonra bu değer 0,68'e yükselmiş, mevcut duruma göre taşıt başına duraklama değerinde %70 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda taşıt başına duraklamanın daha az olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan taşıt başına duraklama değişimi Şekil 7.94 de gösterilmiştir.



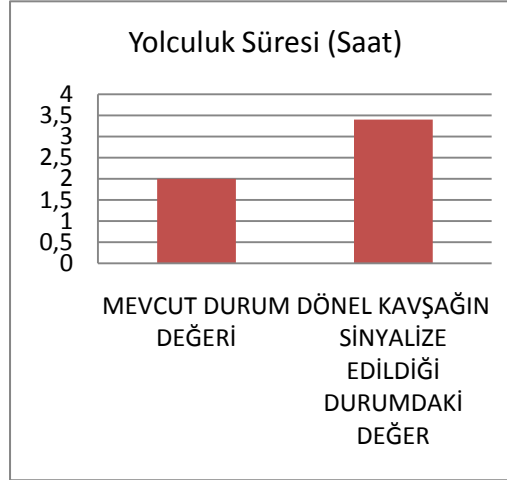
**Şekil 7.94: Tavukçuyolu Cd.-Aziz Bulvarı dönel kavşağı taşıt başına duraklama grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda yolculuk mesafesi değeri 19,9 iken sinyalize edildikten sonra bu değer 25,3'e yükselmiş mevcut duruma göre yolculuk mesafesi değerinde %27,14 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda yolculuk mesafesinin daha kısa olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan yolculuk mesafesi değişimi Şekil 7.95 de gösterilmiştir.



**Şekil 7.95: Tavukçuyolu Cd.-Aziz Bulvarı dönel kavşağı yolculuk mesafesi grafiği**

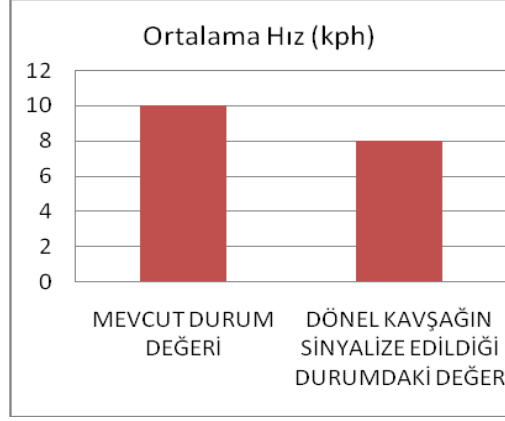
Kavşağın mevcut durumunda yolculuk süresi değeri 2 saat iken sinyalize edildikten sonra bu değer 3,4 saate çıkmış, mevcut duruma göre yolculuk süresi değerinde %70 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda yolculuk süresinin daha az olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan yolculuk süresi değişimi Şekil 7.96 da gösterilmiştir.



**Şekil 7.96: Tavukçuyolu Cd.-Aziz Bulvarı dönel kavşağı yolculuk süresi grafiği**

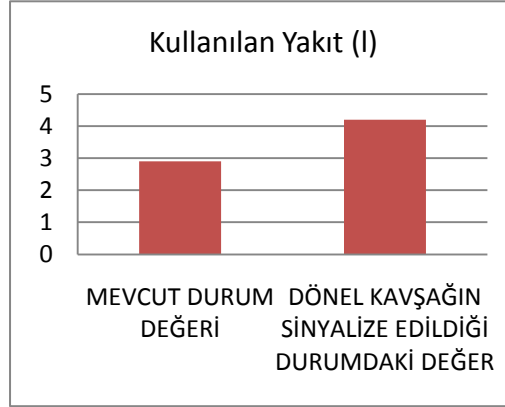
Kavşağın mevcut durumunda ortalama hız değeri 10 saat iken sinyalize edildikten sonra bu değer 8 saate düşmüş, mevcut duruma göre ortalama hız süresinde %20 düşüş olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda ortalama hızın daha yüksek olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan ortalama hız değişimi Şekil 7.97 de gösterilmiştir.





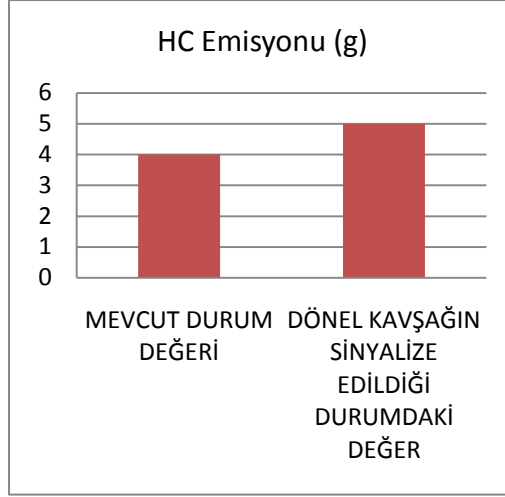
**Şekil 7.97: Tavukçuyolu Cd.-Aziz Bulvarı dönel kavşağı ortalama hız grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda kullanılan yakıt 2,9 litre iken sinyalize edildikten sonra bu değer 4,2 litreye çıkmış, mevcut duruma göre kullanılan yakıt miktarında %79,31 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda kullanılan yakıt miktarının daha az olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan kullanılan yakıt değişimi Şekil 6.98 de gösterilmiştir.



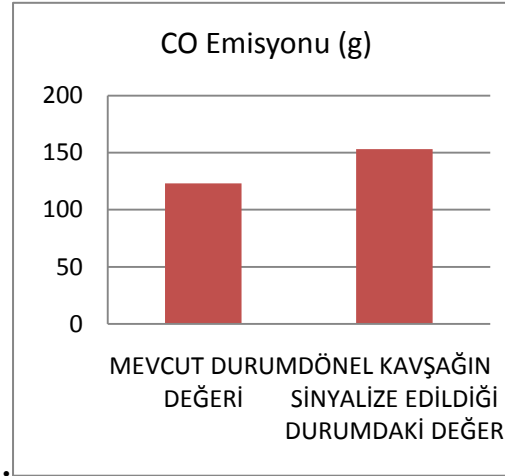
**Şekil 7.98: Tavukçuyolu Cd.-Aziz Bulvarı dönel kavşağı kullanılan yakıt grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda HC emisyonu 4 gr iken sinyalize edildikten sonra bu değer 5 gr a çıkmış, mevcut duruma göre kullanılan HC emisyonu miktarında %20 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda HC emisyonunun daha düşük olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan HC emisyonu değişimi Şekil 7.99 da gösterilmiştir.



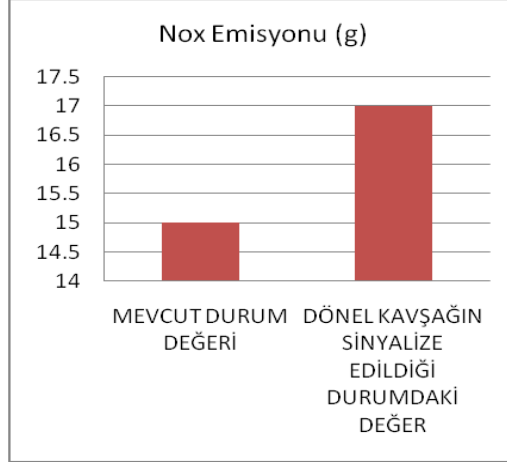
**Şekil 7.99: Tavukçuyolu Cd.-Aziz Bulvarı dönel kavşağı HC emisyonu grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda CO emisyonu 123 gr iken sinyalize edildikten sonra bu değer 153 gr a çıkmış, mevcut duruma göre kullanılan CO emisyonu miktarında %24,39 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda CO emisyonunun daha düşük olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan CO emisyonu değişimi Şekil 7.100 de gösterilmiştir



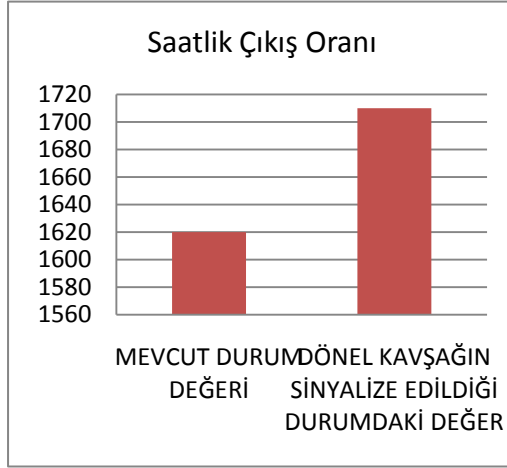
**Şekil 7.100: Tavukçuyolu Cd.-Aziz Bulvarı dönel kavşağı CO emisyonu grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda NO<sub>x</sub> emisyonu 15 gr iken sinyalize edildikten sonra bu değer 17 gr a çıkmış, mevcut duruma göre kullanılan NO<sub>x</sub> emisyonu miktarında %15,33 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda NO<sub>x</sub> emisyonunun daha düşük olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan NO<sub>x</sub> emisyonu değişimi Şekil.7.101 de gösterilmiştir.



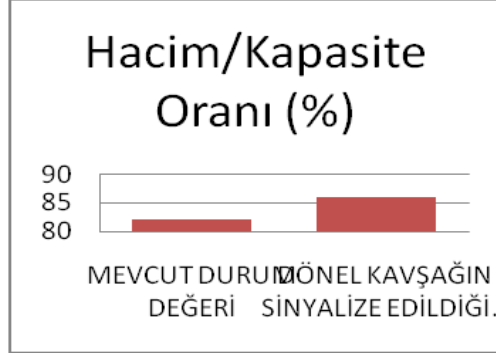
**Şekil 7.101: Tavukçuyolu Cd.-Aziz Bulvarı dönel kavşağı NOX emisyonu grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda saatlik çıkış oranı 1620 iken sinyalize edildikten sonra bu değer 1710'a çıkmış, mevcut duruma göre kullanılan saatlik çıkış oranı miktarında %5,55 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda saatlik çıkış oranının daha düşük olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan saatlik çıkış oranı değişimi Şekil 7.102 de gösterilmiştir.



**Şekil 7.102: Tavukçuyolu Cd.-Aziz Bulvarı dönel kavşağı saatlik çıkış oranı grafiği**

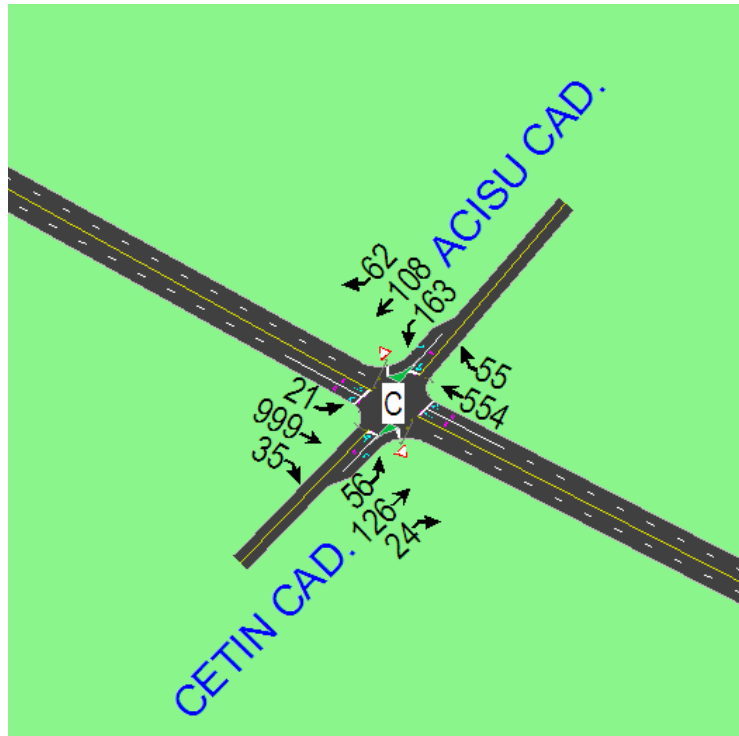
Kavşağın mevcut durumunda Hacim/kapasite oranı %82 iken sinyalize edildikten sonra bu değer %86'ya çıkmıştır. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda Hacim/kapasite oranının daha düşük olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan Hacim/kapasite oranı değişimi Şekil 7.103 de gösterilmiştir.



**Şekil 7.103: Tavukçuyolu Cd.-Aziz Bulvarı Dönel kavşağı hacim/kapasite grafiği**

### 7.3.3. Tavukçuyolu Caddesi& Çetin Caddesi&Şahin Caddesi Kavşağı Karşılaştırmalı Performans Analizi

Tavukçuyolu Caddesi& Çetin Caddesi&Şahin Caddesi dönel kavşağının benzetim programı ile mevcut durumu ve sinyalize edildiği durumu Şekil 7.104 ve Şekil 7.105’de gösterilmiştir.



**Şekil 7.104: Tavukçuyolu Caddesi&Acisu Caddesi&Çetin Caddesi kavşağı Syncro görünüşü**



Kaynak: İBB Şehir Rehberi. 2010.

**Şekil 7.105: Tavukçuyolu Caddesi&Acısu Caddesi&Çetin Caddesi kavşağı**

Mevcut durum ve Aziz Bulvarı dönel kavşağı sinyalize edildikten sonra Tavukçuyolu Caddesi&Acısu Caddesi&Çetin Caddesi kavşağında oluşan performans durumu Tablo 7.8 de görülmektedir

**Tablo 7.8: Tavukçuyolu Caddesi&Acısu Caddesi&Çetin Caddesi kavşağı karşılaştırmalı performans analizi tablosu**

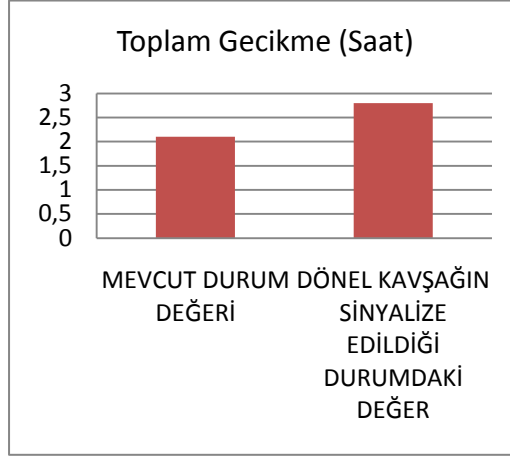
İNCELENEN DURUM	MEVCUT DURUM DEĞERİ	DÖNEL KAVŞAĞIN SİNYALİZE EDİLDİĞİ DURUMDAKİ DEĞER
Toplam Gecikme(Saat)	2.1	2.8
Gecikme/Taşıt(Saniye)	26.6	32.5
Toplam Duraklama	191	225
Taşıt Başına Duraklama	0.66	0.73
Yolculuk Mesafesi(km)	73.9	79.9
Yolculuk Süresi(Saat)	3.7	4.5
Ortalama Hız(kph)	20	18
Kullanılan Yakıt (l)	7.2	8.2
HC Emisyonu(g)	14	14
CO Emisyonu(g)	381	398
NO <sub>x</sub> Emisyonu(g)	47	50
Giren Taşıtlar	290	307
Çıkan Taşıtlar	287	312
Saatlik Çıkış Oranı	1722	1872
Girilen Hacim	2203	2203
Hacim/Kapasite Oranı (%)	78	85
Hizmet Düzeyi	C	C

Yapılan çalışma sonucunda Tavukçuyolu Caddesi&Acısu Caddesi&Çetin Caddesi Kavşağının mevcut durumu ve Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisini gösteren performans değerleri aşağıdaki şekillerde ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

Buna göre;

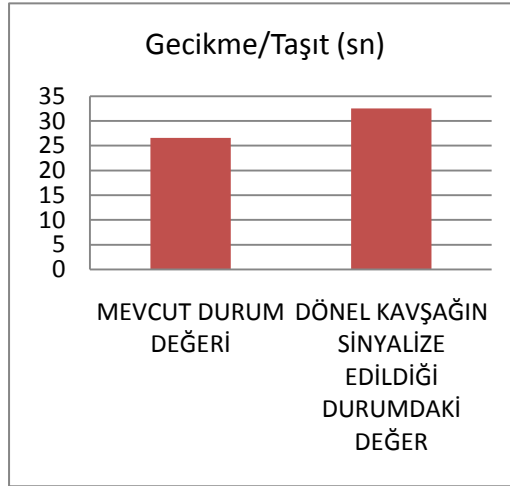
Kavşağın mevcut durumunda toplam gecikme değeri 2,1 saat iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 2,8 saate çıkmış, mevcut duruma göre toplam gecikme değerinde %33,33 artış olmuştur. Bu durumda

kavşağın mevcut durumunda toplam gecikmenin daha az olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan toplam gecikme değişimi Şekil 7.106 da gösterilmiştir.



**Şekil 7.106: Tavukçuyolu Cd.-Acısu Cd.-Çetin Cd. toplam gecikme grafiği**

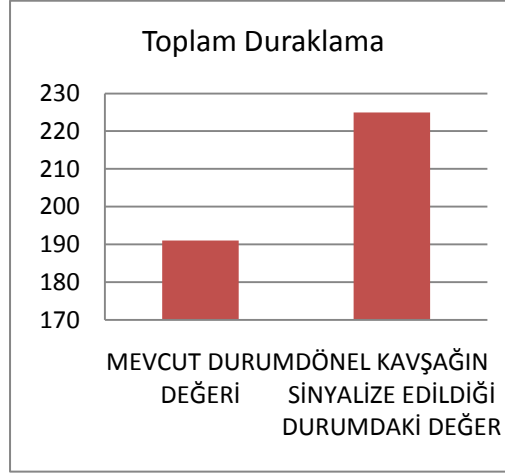
Kavşağın mevcut durumunda taşıt başına gecikme değeri 26,6 saniye iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 32,5 saniyeye yükselmiş, mevcut duruma göre taşıt başına gecikme değerinde %22,18 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda taşıt başına gecikmenin daha az olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan taşıt başına gecikme değişimi Şekil 7.107 de gösterilmiştir.



**Şekil 7.107: Tavukçuyolu Cd.-Acısu Cd.-Çetin Cd. Kavşağı taşıt başına gecikme grafiği**

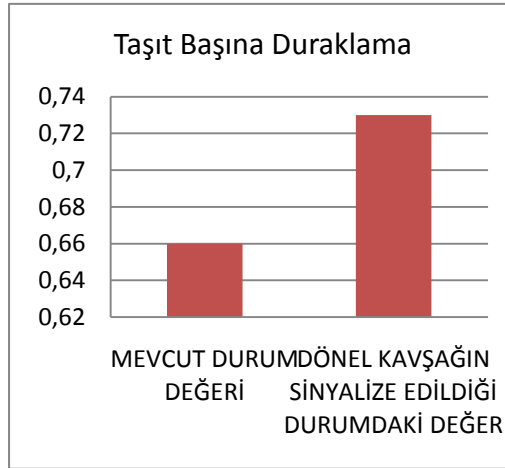
Kavşağın mevcut durumunda toplam duraklama değeri 191 iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 225'e çıkmış, mevcut

duruma göre toplam duraklama değerinde %17,80 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda toplam duraklamanın daha az olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan toplam duraklama değişimi Şekil 7.108 de gösterilmiştir.



**Şekil 7.108: Tavukçuyolu Cd.-Acısu Cd.-Çetin Cd. kavşağı toplam duraklama grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda taşıt başına duraklama değeri 0,66 iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 0,73 e çıkmış, mevcut duruma göre taşıt başına duraklama değerinde %10,60 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda taşıt başına duraklamanın daha az olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan taşıt başına duraklama değişimi Şekil 7.109 da gösterilmiştir.



**Şekil 7.109: Tavukçuyolu Cd.-Acısu Cd.-Çetin Cd. taşıt başına duraklama grf.**

Kavşağın mevcut durumunda yolculuk mesafesi değeri 73,9 km iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 79,9 km'ye çıkmış, mevcut duruma göre yolculuk mesafesi değerinde %8,11 artış olmuştur. Bu durumda

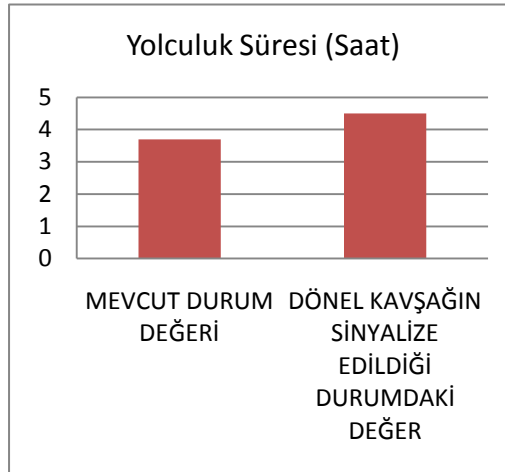


kavşağın mevcut durumunda yolculuk mesafesinin daha az olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan yolculuk mesafesi değişimi Şekil 7.110 da gösterilmiştir.



**Şekil 7.110: Tavukçuyolu Cd.-Acısu Cd.-Çetin Cd. yolculuk mesafesi grafiği**

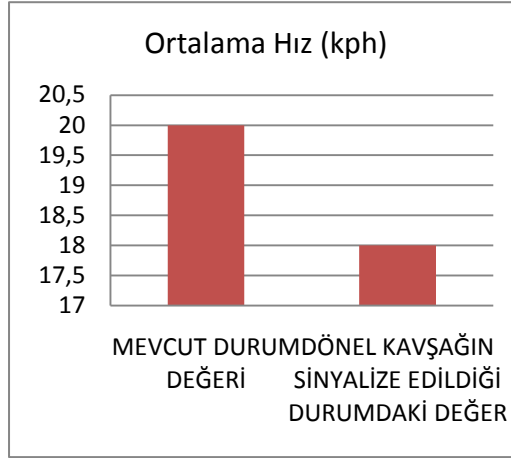
Kavşağın mevcut durumunda yolculuk süresi değeri 3,7 iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 4,5 e çıkmış, mevcut duruma göre yolculuk süresi değerinde %21,62 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda yolculuk süresinin daha az olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan yolculuk süresi değişimi Şekil 7.111 de gösterilmiştir.



**Şekil 7.111: Tavukçuyolu Cd.-Acısu Cd.-Çetin Cd. yolculuk süresi grafiği**

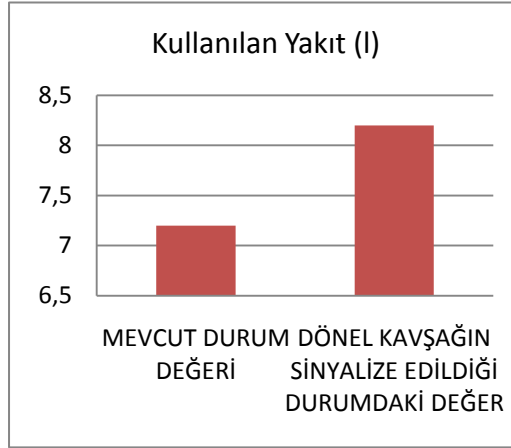
Kavşağın mevcut durumunda ortalama hız değeri 20 km/saat iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 18 km/saate düşmüş, mevcut duruma göre ortalama hız değerinde %10 düşüş olmuştur. Bu durumda kavşağın

mevcut durumunda ortalama hızın daha yüksek olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan ortalama hız değişimi Şekil 7.112 de gösterilmiştir.



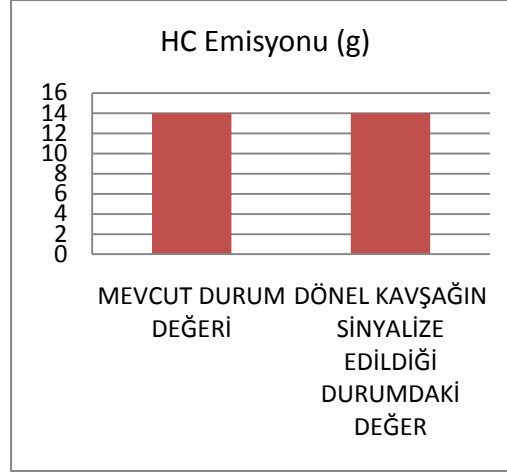
**Şekil 7.112: Tavukçuyolu Cd.-Acısu Cd.-Çetin Cd. ortalama hız grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda kullanılan yakıt 7,2 litre iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 8,2 litreye çıkmış, mevcut duruma göre kullanılan yakıt değerinde %13,89 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda kullanılan yakıt miktarının daha az olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan kullanılan yakıt değişimi Şekil 7.113 de gösterilmiştir.



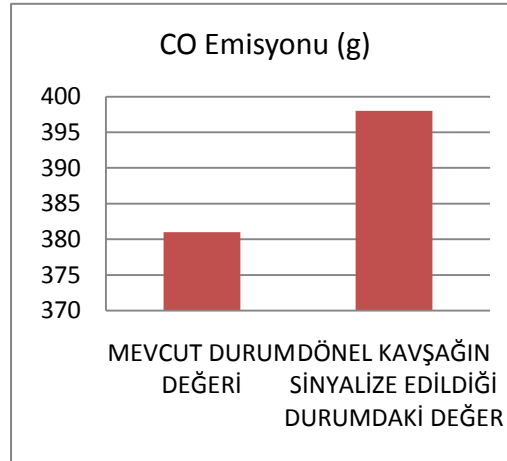
**Şekil 7.113: Tavukçuyolu Cd.-Acısu Cd.-Çetin Cd. kullanılan yakıt grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda HC emisyonu 14 gr iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 14 gr olarak sabit kalmış, mevcut duruma göre HC emisyonu miktarında bir değişme olmamıştır. Her iki durumda oluşan HC emisyonu değişimi Şekil 7.114 de gösterilmiştir.



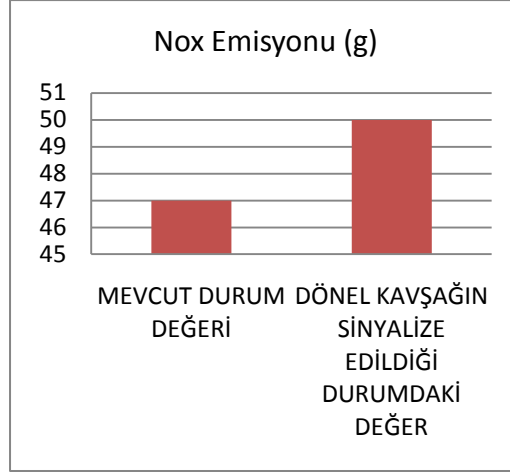
**Şekil 6.114: Tavukçuyolu Cd.-Acısu Cd.-Çetin Cd. HC emisyonu grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda kullanılan yakıt CO emisyonu 381 gr iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 398 gr'a çıkmış, mevcut duruma göre CO emisyonu değerinde %4,46 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda CO emisyon miktarının daha az olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan kullanılan CO emisyon değişimi Şekil 7.115 de gösterilmiştir.



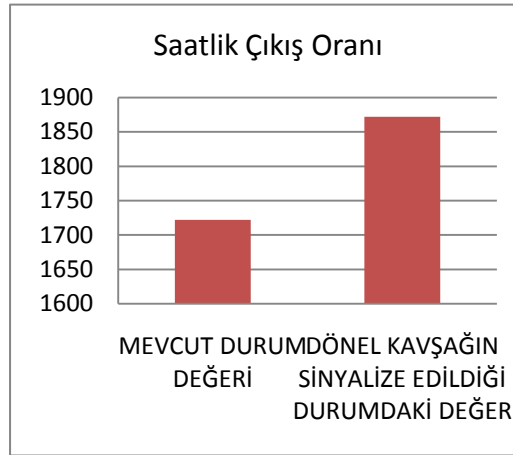
**Şekil 7.115: Tavukçuyolu Cd.-Acısu Cd.-Çetin Cd. CO emisyonu grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda kullanılan yakıt NO<sub>x</sub> emisyonu 47 gr iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 50 gr'a çıkmış, mevcut duruma göre NO<sub>x</sub> emisyonu değerinde %6,38 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda NO<sub>x</sub> emisyon miktarının daha az olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan kullanılan NO<sub>x</sub> emisyon değişimi Şekil 7.116 da gösterilmiştir.



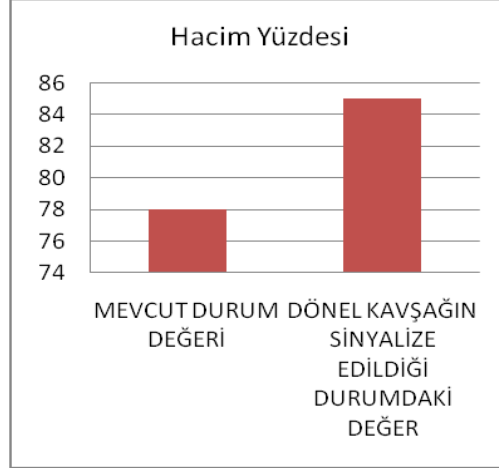
**Şekil 7.116: Tavukçuyolu Cd.-Acısu Cd.-Çetin Cd. NOX emisyonu grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda kullanılan yakıt saatlik çıkış oranı 1722 iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 1872'ye çıkmış, mevcut duruma göre saatlik çıkış oranı değerinde %8,71 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda saatlik çıkış oranı miktarının daha az olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan kullanılan saatlik çıkış oranı değişimi Şekil 7.117 de gösterilmiştir.



**Şekil 7.117: Tavukçuyolu Cd.-Acısu Cd.-Çetin Cd. saatlik çıkış oranı grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda kullanılan hacim/kapaite oranı 1722 iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 1872'ye çıkmış, mevcut duruma göre hacim/kapaite oranı değerinde %8,71 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda hacim/kapaite oranı miktarının daha az olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan kullanılan hacim/kapaite oranı değişimi 7.118 de gösterilmiştir.



Şekil 7.118: Tavukçuyolu Cd.-Acısu Cd.-Çetin Cd. hacim/kapasite grafiği

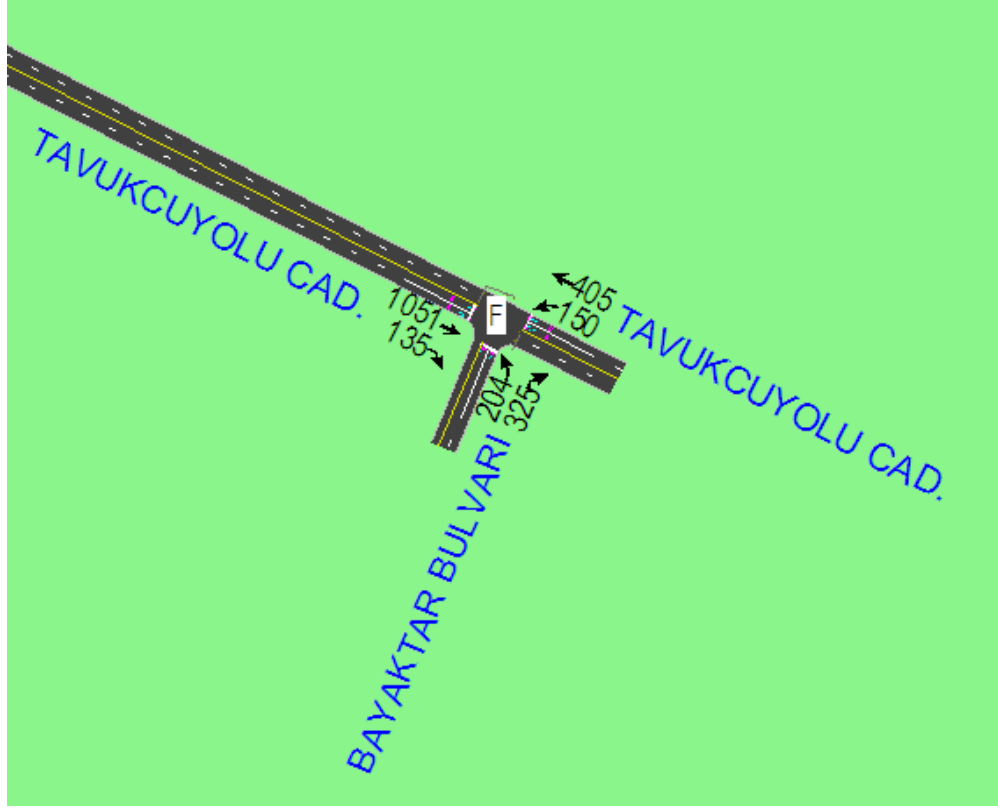
### 7.3.4. Tavukçuyolu Caddesi&Bayraktar Bulvarı Kavşağı Karşılaştırmalı Performans Analizi

Tavukçuyolu Caddesi&Bayraktar Bulvarı kavşağının benzetim programı ile mevcut durumu ve sinyalize edildiği durumu Şekil 7.119 ve Şekil 7.120’de gösterilmiştir.



Kaynak: İBB Şehir Rehberi. 2010.

Şekil 7.119. Tavukçuyolu Caddesi&Bayraktar Bulvarı kavşağı hava foto.görünüşü



**Şekil 7.120: Tavukçuyolu Caddesi&Bayraktar Bulvarı kavşağı Syncro görünüşü**  
Mevcut durum ve Aziz Bulvarı döne! kavşağı sinyalizasyonundan sonra Tavukçuyolu Caddesi&Bayraktar Bulvarı kavşağında oluşan performans durumu Tablo 7.9 da görölmektedir.

**Tablo 7.9: Tavukçuyolu Caddesi&Bayraktar Bulvarı kavşağı karşılaştırmalı performans analizi tablosu**

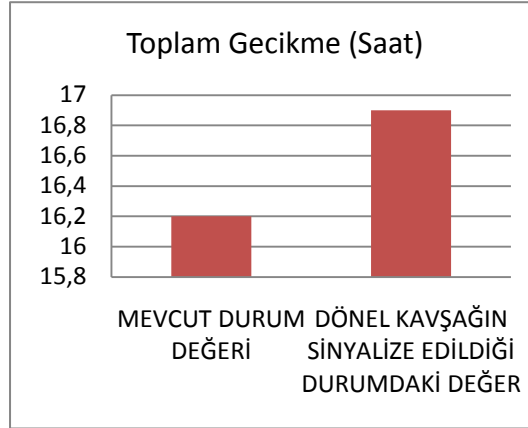
İNCELENEN DURUM	MEVCUT DURUM DEĞERİ	DÖNEL KAVŞAĞIN SİNYALİZE EDİLDİĞİ DURUMDAKİ DEĞER
Toplam Gecikme(Saat)	16.2	16.9
Gecikme/Taşıt(Saniye)	235.6	223.1
Toplam Duraklama	150	177
Taşıt Başına Duraklama	0.6	0.65
Yolculuk Mesafesi(km)	78.1	88.4
Yolculuk Süresi(Saat)	17.9	18.7
Ortalama Hız(kph)	14	14
Kullanılan Yakıt (l)	20.4	21.8
HC Emisyonu(g)	30	28
CO Emisyonu(g)	844	853
NO <sub>x</sub> Emisyonu(g)	85	84
Giren Taşıtlar	251	277
Çıkan Taşıtlar	246	267
Saatlik Çıkış Oranı	1476	1602
Girilen Hacim	2271	2271
Hacim/Kapasite Oranı (%)	65	71
Hizmet Düzeyi	F	F

Yapılan çalışma sonucunda Tavukçuyolu Caddesi&Bayraktar Bulvarı Kavşağının mevcut durumu ve Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisini gösteren performans değerleri aşağıdaki şekillerde ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

Buna göre;

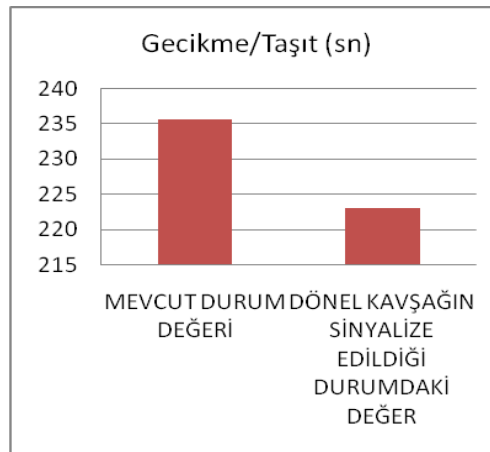
Kavşağın mevcut durumunda toplam gecikme değeri 16,2 saat iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 16,9 saate çıkmış, mevcut duruma göre toplam gecikme değerinde %4,32 artış olmuştur. Bu durumda

kavşağın mevcut durumunda toplam gecikmenin daha az olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan toplam gecikme değişimi Şekil 7.121 de gösterilmiştir.



**Şekil 7.121: Tavukçuyolu Cd.-Bayraktar Bulvarı kavşağı toplam gecikme grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda taşıt başına gecikme değeri 235,6 saniye iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 223,1 saniyeye düşmüş, mevcut duruma göre taşıt başına gecikme değerinde %5,30 azalma olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda taşıt başına gecikmenin daha fazla olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan taşıt başına gecikme değişimi Şekil 7.122 de gösterilmiştir.

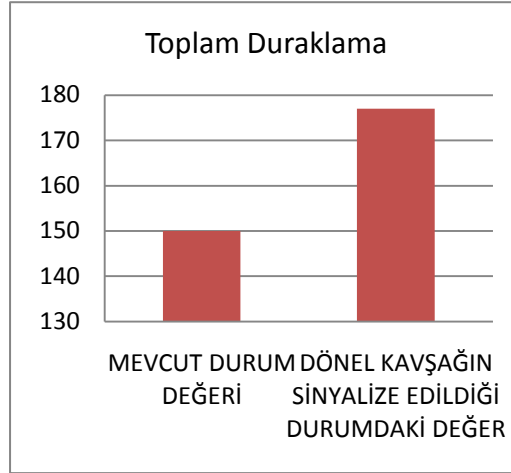


**Şekil 7.122: Tavukçuyolu -Bayraktar Bulvarı kavşağı taşıt başına gecikme grf.**

Kavşağın mevcut durumunda toplam duraklama değeri 150 iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 170'e çıkmış, mevcut duruma göre toplam duraklama değerinde %13,33 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın

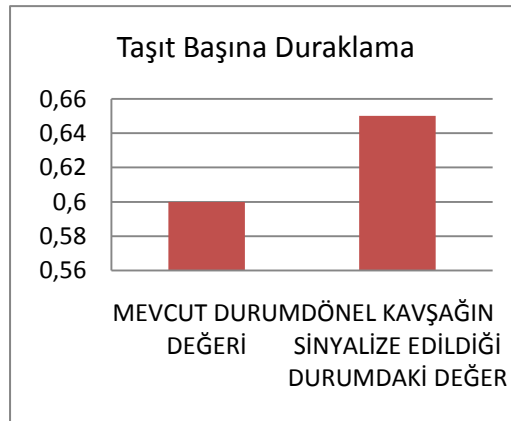


mevcut durumunda toplam duraklamanın daha az olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan toplam duraklama değişimi Şekil 7.123 de gösterilmiştir.



**Şekil 7.123: Tavukçuyolu Cd.-Bayraktar Bulvarı kavşağı toplam duraklama grf.**

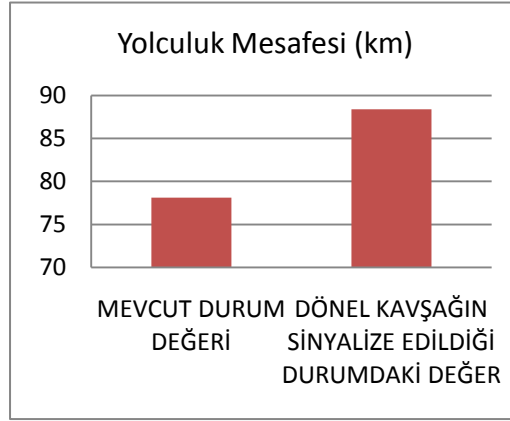
Kavşağın mevcut durumunda taşıt başına duraklama değeri 0,6 iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 0,65'e çıkmış, mevcut duruma göre taşıt başına toplam duraklama değerinde %8,33 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda taşıt başına duraklamanın daha az olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan taşıt başına duraklama değişimi Şekil 7.124 de gösterilmiştir.



**Şekil 7.124: Tavukçuyolu .-Bayraktar Bulvarı kavşağı taşıt başına duraklama grf.**

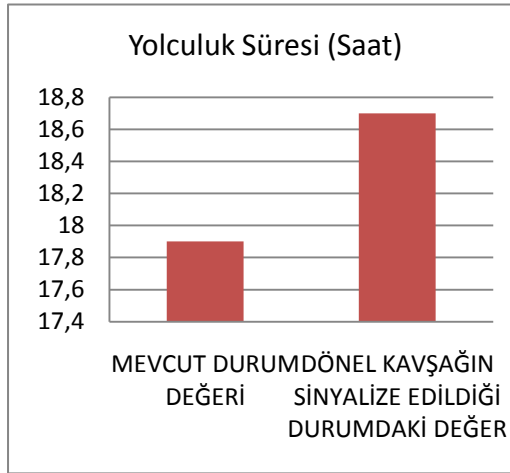
Kavşağın mevcut durumunda yolculuk mesafesi değeri 78,1 km iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 88,4 km'ye çıkmış, mevcut duruma göre yolculuk mesafesi değerinde %13,8 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda yolculuk mesafesinin daha az olduğu

görülmektedir. Her iki durumda oluşan yolculuk mesafesi değişimi Şekil 7.125 de gösterilmiştir.



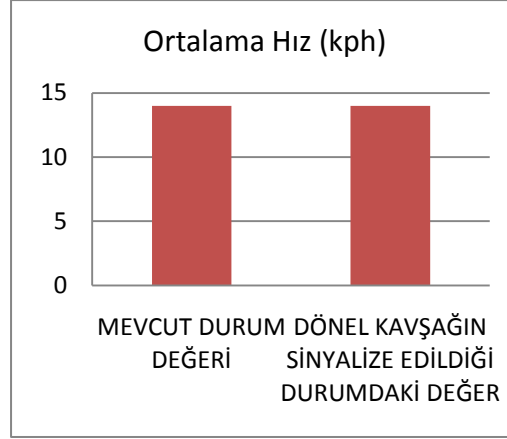
**Şekil 7.125: Tavukçuyolu Cd.-Bayraktar Bulvarı kavşağı yolculuk mesafesi grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda yolculuk süresi değeri 17,9 saat iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 18,7 km'ye çıkmış, mevcut duruma göre taşıt başına yolculuk süresi değerinde %4,46 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda yolculuk süresinin daha kısa olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan yolculuk süresi değişimi Şekil 7.126 da gösterilmiştir.



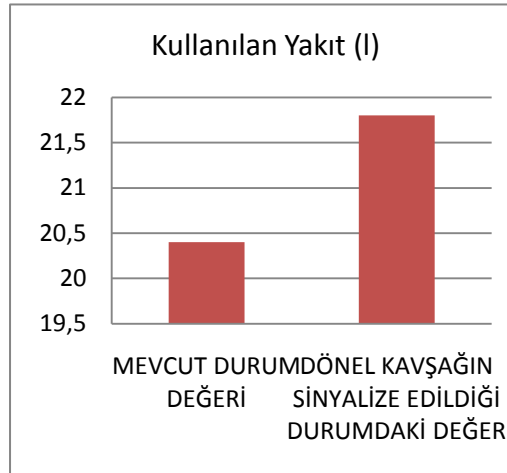
**Şekil 7.126: Tavukçuyolu Cd.-Bayraktar Bulvarı kavşağı yolculuk süresi grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda ortalama hız değeri 14 km iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 14 km olarak sabit kalmıştır.. Her iki durumda oluşan ortalama hız değişimi Şekil 7.127 de gösterilmiştir



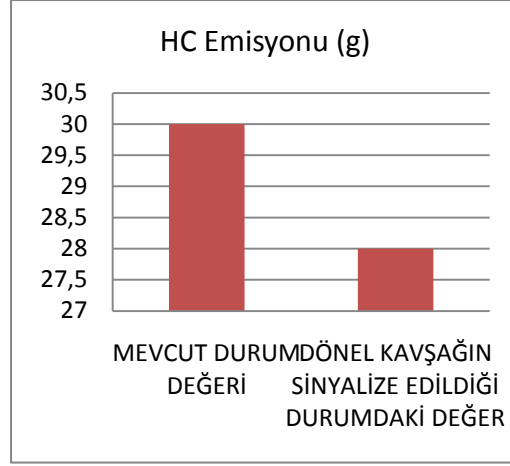
**Şekil 7.127: Tavukçuyolu Cd.-Bayraktar Bulvarı kavşağı ortalama hız grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda kullanılan yakıt 20,4 litre iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 21,8 litreye çıkmış, mevcut duruma göre kullanılan yakıt değerinde %6,86 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda kullanılan yakıtın daha az olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan kullanılan yakıt değişimi Şekil 7.128 de gösterilmiştir.



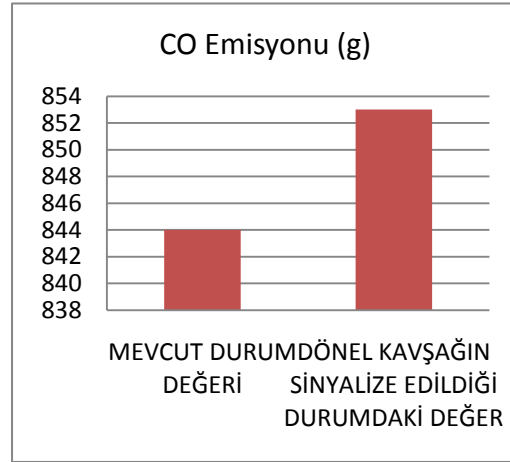
**Şekil 7.128: Tavukçuyolu Cd.-Bayraktar Bulvarı kavşağı kullanılan yakıt grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda HC emisyonu 30 gr iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 28 gr'a düşmüş, mevcut duruma göre HC emisyonu değerinde %6,66 düşüş olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda HC emisyonunun daha yüksek olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan HC emisyonu değişimi Şekil 7.129 da gösterilmiştir.



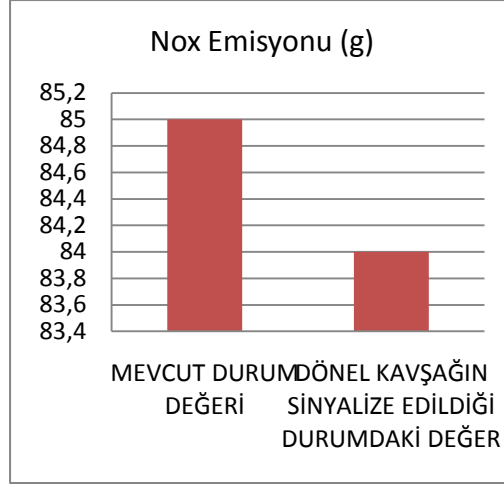
**Şekil 7.129: Tavukçuyolu Cd.-Bayraktar Bulvarı kavşağı HC emisyonu grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda CO emisyonu 844 gr iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 853 gr'a çıkmış, mevcut duruma göre CO emisyonu değerinde %1,06 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda CO emisyonunun daha düşük olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan CO emisyonu değişimi Şekil 7.130 da gösterilmiştir.



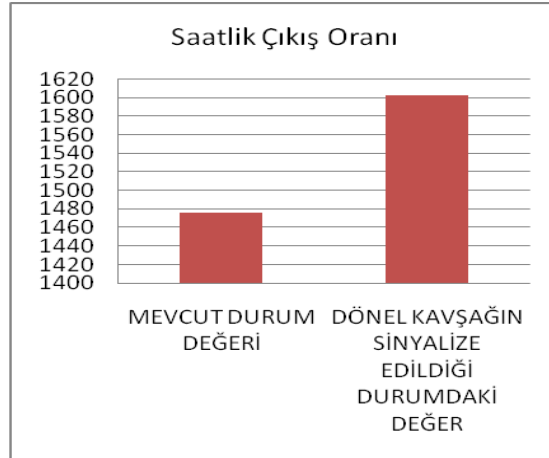
**Şekil 7.130: Tavukçuyolu Cd.-Bayraktar Bulvarı kavşağı CO emisyonu grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda NO<sub>x</sub> emisyonu 85 gr iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 84 gr'a düşmüş, mevcut duruma göre NO<sub>x</sub> emisyonu değerinde %1,18 düşüş olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda NO<sub>x</sub> emisyonunun daha yüksek olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan NO<sub>x</sub> emisyonu değişimi Şekil 7.131 de gösterilmiştir.



**Şekil 7.131: Tavukçuyolu Cd.-Bayraktar Bulvarı kavşağı NOX emisyonu grafiği**

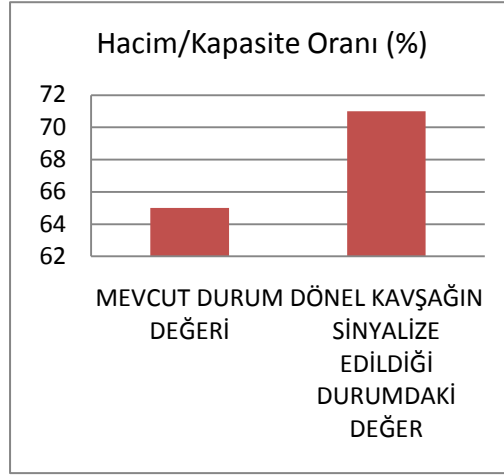
Kavşağın mevcut durumunda saatlik çıkış oranı 1476 iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer 1602'ye çıkmış, mevcut duruma göre saatlik çıkış oranı değerinde %8,53 artış olmuştur. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda saatlik çıkış oranının daha düşük olduğu görülmektedir. Her iki durumda oluşan saatlik çıkış oranı değişimi Şekil 7.132 de gösterilmiştir.



**Şekil 7.132: Tavukçuyolu Cd.-Bayraktar Bulvarı kavşağı saatlik çıkış oranı grafiği**

Kavşağın mevcut durumunda hacim/kapasite oranı %65 iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapılmasının bu kavşağa etkisi ile bu değer %71'e çıkmıştır. Bu durumda kavşağın mevcut durumunda hacim/kapasite oranının daha düşük olduğu

görülmektedir. Her iki durumda oluşan hacim/kapasite oranı değişimi Şekil 7.133 de gösterilmiştir.



**Şekil 7.133: Tavukçuyolu Cd.-Bayraktar Bulvarı kavşağı hacim/kapasite grafiği**

### **7.3.5. Y.Dudullu Mahallesi'nde İncelenen Koridor Bazında Karşılaştırmalı Performans Analizi**

Mevcut durum ve Aziz Bulvarı dönel kavşağı sinyalize edildikten sonra incelenen karayolu koridorunda oluşan performans durumu Tablo 7.10 da görülmektedir

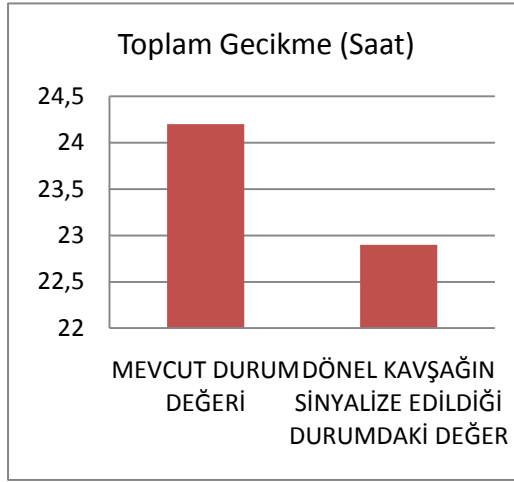
**Tablo 7.10: Y.Dudullu Mahallesi'nde incelenen karaolu koridoru karşılaştırmalı performans analizi**

İNCELENEN DURUM	MEVCUT DURUM DEĞERİ	DÖNEL KAVŞAĞIN SİNYALİZE EDİLDİĞİ DURUMDAKİ DEĞER
Y.DUDULLU MAHALLESİ İNCELENEN KORİDORA AİT TOPLAM AĞ PERFORMANSI		
Toplam Gecikme(Saat)	24.2	22.9
Gecikme/Taşıt(Saniye)	240.9	220.3
Toplam Duraklama	653	659
Taşıt Başına Duraklama	1.81	1.76
Yolculuk Mesafesi(km)	329.4	357.4
Yolculuk Süresi(Saat)	31.4	31
Ortalama Hız(kph)	18	20
Kullanılan Yakıt (l)	50	52.4
HC Emisyonu (g)	100	105
CO Emisyonu(g)	3255	3627
NO <sub>x</sub> Emisyonu(g)	328	358
Giren Taşıtlar	371	378
Çıkan Taşıtlar	351	372
Saatlik Çıkış Oranı	2106	2232
Girilen Hacim	16274	16274
Hacim/Kapasite Oranı (%)	13	14

Yapılan çalışma sonucunda mevcut durum ve Aziz Bulvarı dönel kavşağı sinyalize edildikten sonra incelenen karayolu koridorunda oluşturduğu etkiyi gösteren değerler aşağıdaki şekillerde ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

Buna göre;

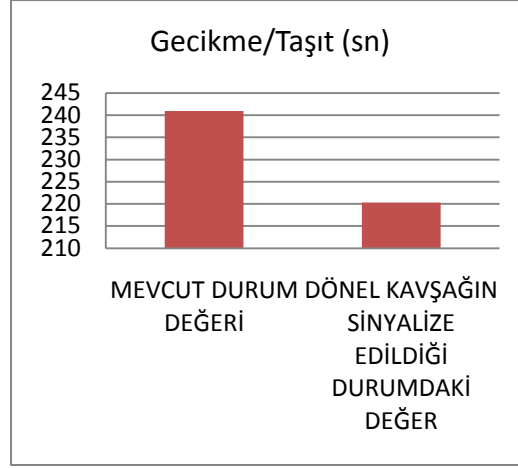
İncelenen karayolu koridorunun mevcut durumunda toplam gecikme değeri 24,2 saat iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapıldıktan sonra oluşan etkisi ile bu değer 22,9 saate düşmüş, mevcut duruma göre toplam gecikme değerinde %5,37 düşüş olmuştur. Bu durumda incelenen karayolu koridorunun mevcut durumunda toplam gecikmenin daha fazla olduğu görülmektedir. Toplam gecikmenin değişimi Şekil 7.134 de gösterilmiştir.



**Şekil 7.134: Y.Dudullu Mh. incelenen karayolu koridoru toplam gecikme grafiği**

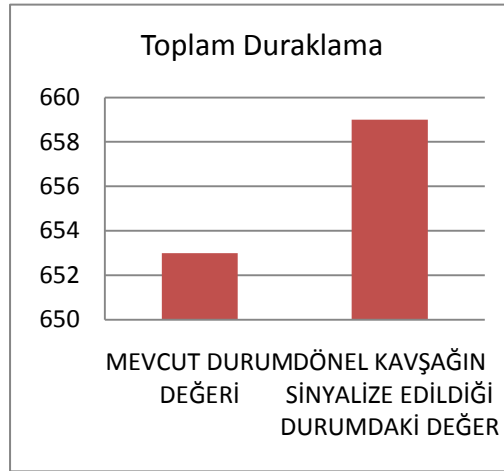
İncelenen karayolu koridorunun mevcut durumunda taşıt başına gecikme değeri 240,9 saniye iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapıldıktan sonra oluşan etkisi ile bu değer 220,3 saniyeye düşmüş, mevcut duruma göre taşıt başına gecikme değerinde %8,55 düşüş olmuştur. Bu durumda incelenen karayolu koridorunun mevcut durumunda taşıt başına gecikmenin daha fazla olduğu görülmektedir. Taşıt başına gecikmenin değişimi Şekil 7.135 de gösterilmiştir.





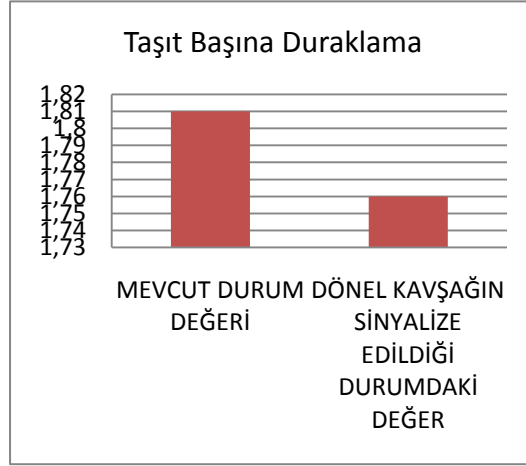
**Şekil 7.135: Y.Dudullu Mh. incelenen karayolu koridoru taşıt başına gecikme grafiği**

İncelenen karayolu koridorunun mevcut durumunda toplam duraklama değeri 653 iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapıldıktan sonra oluşan etkisi ile bu değer 659'a çıkmış, mevcut duruma göre toplam duraklama değerinde %0,92 artış olmuştur. Bu durumda incelenen karayolu koridorunda mevcut toplam duraklamanın daha düşük olduğu görülmektedir. Toplam duraklama değişimi Şekil 7.136 da gösterilmiştir



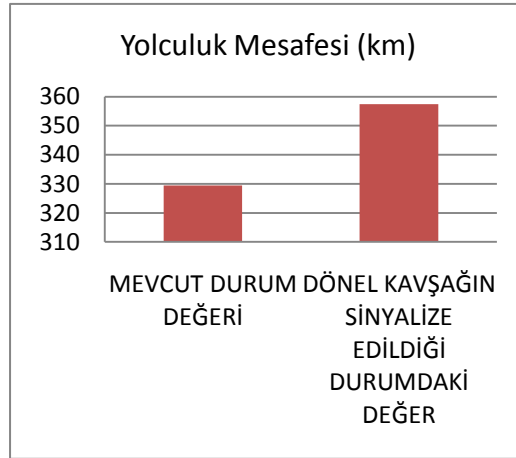
**Şekil 7.136: Y.Dudullu Mh. incelenen karayolu koridoru toplam duraklama grf.**

İncelenen karayolu koridorunun mevcut durumunda taşıt başına duraklama değeri 1,81 iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapıldıktan sonra oluşan etkisi ile bu değer 1,76'ya düşmüş, mevcut duruma göre taşıt başına duraklama değerinde %2,76 düşüş olmuştur. Bu durumda incelenen karayolu koridorunda mevcut taşıt başına duraklamamanın daha fazla olduğu görülmektedir. Taşıt başına duraklama değişimi Şekil 7.137 de gösterilmiştir.



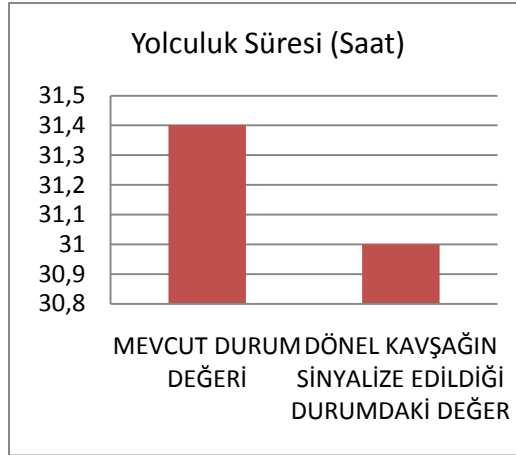
**Şekil 7.137: Y.Dudullu Mh. incelenen karayolu koridoru taşıt başına duraklama grafiği**

İncelenen karayolu koridorunun mevcut durumunda yolculuk mesafesi 329,4 km iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapıldıktan sonra oluşan etkisi ile bu değer 357,4 km ye çıkmış, mevcut duruma göre yolculuk mesafesi değerinde %8,50 artış olmuştur. Bu durumda incelenen karayolu koridorunda mevcut yolculuk mesafesinin daha düşük olduğu görülmektedir. Yolculuk mesafesi değişimi Şekil 7.138 de gösterilmiştir.



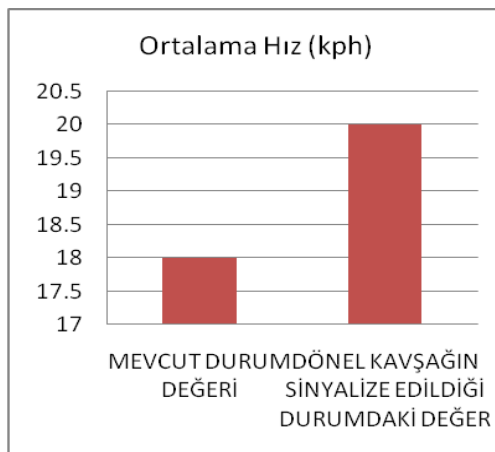
**Şekil 7.138: Y.Dudullu Mh. incelenen karayolu koridoru yolculuk mesafesi grafiği**

İncelenen karayolu koridorunun mevcut durumunda yolculuk süresi 31,4 saat iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapıldıktan sonra oluşan etkisi ile bu değer 31 saate düşmüş, mevcut duruma göre yolculuk süresi değerinde %1,27 düşüş olmuştur. Bu durumda incelenen karayolu koridorunda mevcut yolculuk süresinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Yolculuk süresi değişimi Şekil 7.139 da gösterilmiştir.



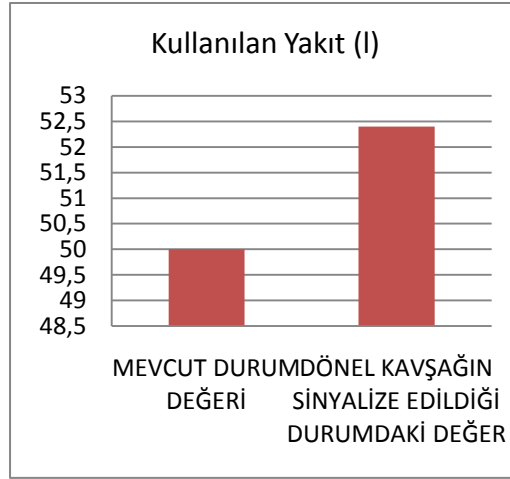
**Şekil 7.139: Y.Dudullu Mh. incelenen karayolu koridoru yolculuk süresi grafiği**

İncelenen karayolu koridorunun mevcut durumunda ortalama hız 18 km iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapıldıktan sonra oluşan etkisi ile bu değer 20 km ye çıkmış, mevcut duruma göre ortalama hız değerinde %11,11 artış olmuştur. Bu durumda incelenen karayolu koridorunda mevcut ortalama hızın daha düşük olduğu görülmektedir. Ortalama hız değişimi Şekil 7.140 da gösterilmiştir.

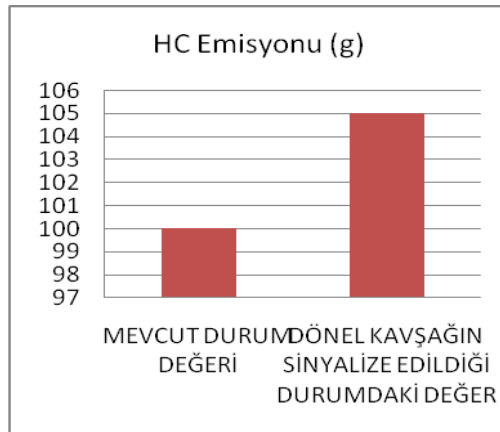


**Şekil 7.140: Y.Dudullu Mh. incelenen karayolu koridoru ortalama hız grafiği**

İncelenen karayolu koridorunun mevcut durumunda kullanılan yakıt 50 litre iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapıldıktan sonra oluşan etkisi ile bu değer 52,4 litreye çıkmış, mevcut duruma göre kullanılan yakıt değerinde %4,8 artış olmuştur. Bu durumda incelenen karayolu koridorunda mevcut kullanılan yakıt miktarının daha düşük olduğu görülmektedir. Kullanılan yakıt değişimi Şekil 7.141 de gösterilmiştir.

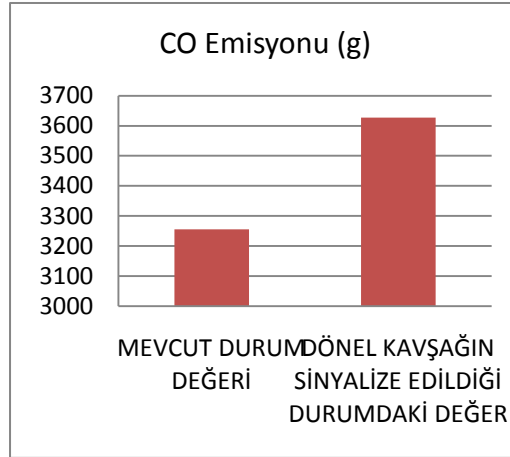


**Şekil 7.141: Y.Dudullu Mh. incelenen karayolu koridoru kullanılan yakıt grafiği**  
İncelenen karayolu koridorunun mevcut durumunda HC emisyonu 100 gr iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapıldıktan sonra oluşan etkisi ile bu değer 105 gr'a çıkmış, mevcut duruma göre HC emisyonu miktarında %5 artış olmuştur. Bu durumda incelenen karayolu koridorunda mevcut HC emisyonu miktarının daha düşük olduğu görülmektedir. HC emisyonu değişimi Şekil 7.142 de gösterilmiştir.



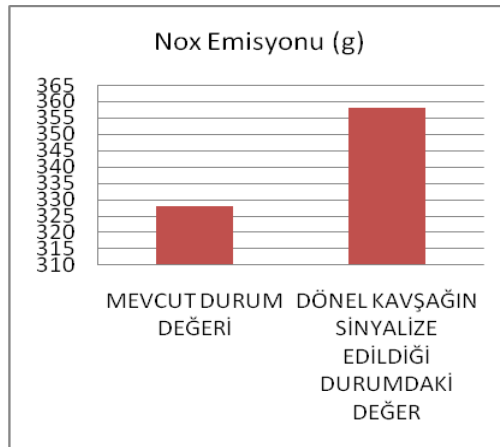
**Şekil 7.142: Y.Dudullu Mh. incelenen karayolu koridoru HC emisyonu grafiği**

İncelenen karayolu koridorunun mevcut durumunda CO emisyonu 3255 gr iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapıldıktan sonra oluşan etkisi ile bu değer 3627 gr a çıkmış, mevcut duruma göre CO emisyonu miktarında %11,43 artış olmuştur. Bu durumda incelenen karayolu koridorunda mevcut CO emisyonu miktarının daha düşük olduğu görülmektedir. CO emisyonu değişimi Şekil 7.143 de gösterilmiştir.



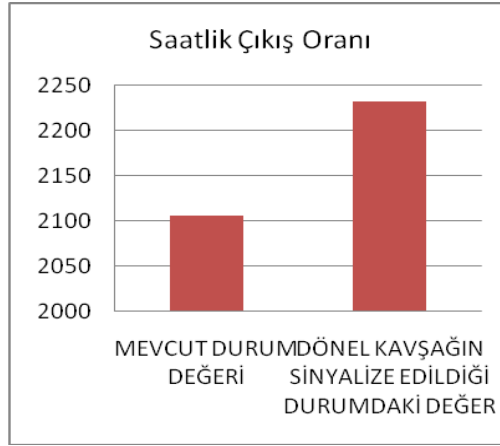
**Şekil 7.143: Y.Dudullu Mh. incelenen karayolu koridoru CO emisyonu grafiği**

İncelenen karayolu koridorunun mevcut durumunda NO<sub>x</sub> emisyonu 328 gr iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapıldıktan sonra oluşan etkisi ile bu değer 358 gr a çıkmış, mevcut duruma göre NO<sub>x</sub> emisyonu miktarında %9,15 artış olmuştur. Bu durumda incelenen karayolu koridorunda mevcut NO<sub>x</sub> emisyonu miktarının daha düşük olduğu görülmektedir. NO<sub>x</sub> emisyonu değişimi Şekil 7.144 de gösterilmiştir.



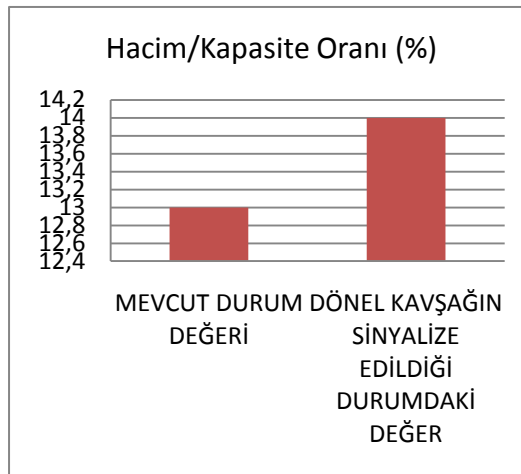
**Şekil 7.144: Y.Dudullu Mh. incelenen karayolu koridoru NOX emisyonu grafiği**

İncelenen karayolu koridorunun mevcut durumunda saatlik çıkış oranı 2106 iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapıldıktan sonra oluşan etkisi ile bu değer 2232'ye çıkmış, mevcut duruma göre saatlik çıkış oranı miktarında %5,98 artış olmuştur. Bu durumda incelenen karayolu koridorunda mevcut saatlik çıkış oranı miktarının daha düşük olduğu görülmektedir. Saatlik çıkış oranı değişimi Şekil 7.145 de gösterilmiştir.



**Şekil 7.145: Y.Dudullu Mh. incelenen karayolu koridoru saatlik çıkış oranı grafiği**

İncelenen karayolu koridorunun mevcut durumunda hacim/kapasite oranı 13 iken Aziz Bulvarı dönel kavşağının sinyalize yapıldıktan sonra oluşan etkisi ile bu değer 14'e çıkmış, mevcut duruma göre hacim/kapasite oranı miktarında %7,69 artış olmuştur. Bu durumda incelenen karayolu koridorunda mevcut hacim/kapasite oranı miktarının daha düşük olduğu görülmektedir. Hacim/kapasite oranı değişimi Şekil 7.146 da gösterilmiştir.



**Şekil 7.146: Y.Dudullu Mh. incelenen karayolu koridoru hacim/kapasite grafiği**

## 8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada Ümraniye İlçesinde iki karayolu koridoru incelenmiş ve Synrho benzetim programı ile gerçeğe uygun bir şekilde simülasyon yapılmıştır. İncelenen birinci karayolu koridoru Tepeüstü Mahallesi'nde bulunan Tepeüstü dönel kavşağı ile devamında bulunan üç sinyalize kavşağı içeren kısımdır. İncelenen ikinci karayolu koridoru ise Yukarı Dudullu Mahallesinde bulunan Tavukçuyolu & Aziz Bulvarı ile kendisinden önceki bir sinyalize kavşak ve bu dönel kavşağın devamında bulunan iki sinyalize kavşağı içeren kısımdır.

Benzetim programı ile incelenen iki karayolu koridorunun mevcut durumu ve her iki koridorda bulunan dönel kavşağın sinyalize kavşağa çevrilmesi ile bu kavşakta oluşan değişiklik ve kendisinden önceki, sonraki sinyalize kavşaklara olan etkisi incelenmiştir. Simülasyon çalışmasından elde edilen performans değerleri Tablo 8.1 ve Tablo 8.2' de gösterilmiştir.





**Tablo 8.1 de sonuçları incelenen performans kriterlerine göre;**

Tepeüstü Mahallesi'nde incelenen karayolu koridorunda bulunan dönel kavşağın sinyalize kavşak olarak düzenlenmesi

- Toplam gecikme değerine göre dönel kavşağın sinyalize olması durumunda düzenleme yapılan kavşak ve sonraki üç sinyalize kavşakta artış olduğu görülmektedir. Toplam ağ performansında ise % 2,48 artış olmuştur. Bu kriterlere göre mevcut durum olan dönel kavşak uygulaması, sinyalize kavşağa göre daha iyi sonuç vermektedir.
- Taşıt başına gecikme değerine göre dönel kavşağın sinyalize olması durumunda düzenleme yapılan kavşak ve sonraki iki sinyalize kavşakta düşüş olmuştur. Mevcut dönel kavşak durumunda toplam duraklama değerinin daha az olduğu görülmüştür. Toplam ağ performansında %13,56 azalma olmuştur. Bu kriterlere göre karayolu koridorundaki dönel kavşağın sinyalize kavşak olması daha iyi sonuç vermektedir.
- Toplam duraklama değerinde göre dönel kavşağın sinyalize olması durumunda düzenleme yapılan kavşak diğer üç sinyalize kavşakta artış olmuş, toplam ağ performansının toplam duraklama değerinde %75,65 artış meydana gelmiştir. Bu kriterlere göre mevcut durum olan dönel kavşak uygulaması, sinyalize kavşağa göre daha iyi sonuç vermektedir.
- Taşıt başına duraklama değerinde göre dönel kavşağın sinyalize olması durumunda düzenleme yapılan kavşak ve iki sinyalize kavşakta artış olmuş, buda toplam ağ performansında %47,82 artış meydana gelmiştir. Bu kriterlere göre mevcut durum olan dönel kavşak uygulaması, sinyalize kavşağa göre daha iyi sonuç vermektedir.
- Yolculuk mesafesine göre dönel kavşağın sinyalize olması durumunda düzenleme yapılan kavşak ve diğer üç sinyalize kavşakta artış olmuş, toplam ağ performansında %11,72 artış meydana gelmiştir. Bu kriterlere göre karayolu koridorundaki dönel kavşağın sinyalize kavşak olması daha iyi sonuç vermektedir.
- Yolculuk süresine göre dönel kavşağın sinyalize olması durumunda düzenleme yapılan kavşak ve iki sinyalize kavşakta artış olmuş, buda toplam ağ performansında %3,55 artış meydana gelmiştir. Bu kriterlere göre mevcut durum

olan dönel kavşak uygulaması, sinyalize kavşağa göre daha iyi sonuç vermektedir.

- Ortalama hız değerinde dönel kavşağın sinyalize olması durumunda düzenleme yapılan kavşakta ve bir sinyalize kavşakta düşüş, iki sinyalize kavşakta ise ortalama hızda artış olmuştur. Toplam ağ performansında %0,66 düşüş meydana gelmiştir. Bu kritere göre mevcut durum olan dönel kavşak uygulaması, sinyalize kavşağa göre daha iyi sonuç vermektedir.
- Kullanılan yakıt miktarında dönel kavşağın sinyalize olması durumunda düzenleme yapılan kavşakta ve iki sinyalize kavşakta artış olmuştur. Toplam ağ performansında %7,62 artış meydana gelmiştir. Bu kritere göre mevcut durum olan dönel kavşak uygulamasında, sinyalize kavşağa göre daha az yakıt tüketimi olduğu görülmektedir.
- HC emisyonu miktarında dönel kavşağın sinyalize olması durumunda düzenleme yapılan kavşak ve bir sinyalize kavşakta artış olmuştur. Toplam ağ performansında %15,55 artış meydana gelmiştir. Bu kritere göre mevcut durum olan dönel kavşak uygulaması, sinyalize kavşağa göre daha iyi sonuç vermektedir.
- CO emisyonu miktarında dönel kavşağın sinyalize olması durumunda düzenleme yapılan kavşak ve iki sinyalize kavşakta artış olmuştur. Toplam ağ performansında %11,35 artış meydana gelmiştir. Bu kritere göre mevcut durum olan dönel kavşak uygulaması, sinyalize kavşağa göre daha iyi sonuç vermektedir.
- NO<sub>x</sub> emisyonu miktarında dönel kavşağın sinyalize olması durumunda düzenleme yapılan kavşak ve bir sinyalize kavşakta artış olmuştur. Toplam ağ performansında %15,10 artış meydana gelmiştir. Bu kritere göre mevcut durum olan dönel kavşak uygulaması, sinyalize kavşağa göre daha iyi sonuç vermektedir.
- Saatlik çıkış oranı değerinde dönel kavşağın sinyalize olması durumunda düzenleme yapılan kavşak ve diğer üç sinyalize kavşakta artış olmuştur. Toplam ağ performansında %14,34 artış meydana gelmiştir. Bu kritere göre karayolu koridorundaki dönel kavşağın sinyalize kavşak olması daha iyi sonuç vermektedir.

- Hacim/Kapasite Oranı dönel kavşağın sinyalize olması durumunda düzenleme yapılan kavşak ve diğer üç sinyalize kavşakta artış olmuştur. Toplam ağ performansında %12,5 artış meydana gelmiştir. Bu kritere göre karayolu koridorundaki dönel kavşağın sinyalize kavşak olması daha iyi sonuç vermektedir.



**Tablo 8.2 de sonuçları incelenen performans kriterlerine göre;**

Yukarı Dudullu Mahallesi'nde incelenen karayolu koridorunda bulunan dönel kavşağın sinyalize kavşak olarak düzenlenmesi

- Toplam gecikme değerine göre dönel kavşağın sinyalize olması durumunda düzenleme yapılan kavşakta ve sonraki iki sinyalize kavşakta artış olduğu görülmektedir. Toplam ağ performansında ise %5,37 azalma olmuştur. Bu kritere göre karayolu koridorundaki dönel kavşağın sinyalize kavşak olması daha iyi sonuç vermektedir.
- Taşıt başına gecikme değerine göre dönel kavşağın sinyalize olması durumunda düzenleme yapılan kavşakta artış ve iki sinyalize kavşakta düşüş olmuştur. Toplam ağ performansında %8,55 azalma olmuştur. Bu kritere göre karayolu koridorundaki dönel kavşağın sinyalize kavşak olması daha iyi sonuç vermektedir.
- Toplam duraklama değerinde göre dönel kavşağın sinyalize olması durumunda düzenleme yapılan kavşak ve sonraki iki sinyalize kavşakta artış olmuştur, Toplam ağ performansının toplam duraklama değerinde %0,92 artış meydana gelmiştir. Bu kritere göre mevcut durum olan dönel kavşak uygulaması, sinyalize kavşağa göre daha iyi sonuç vermektedir.
- Taşıt başına duraklama değerinde göre dönel kavşağın sinyalize olması durumunda düzenleme yapılan kavşak ve önceki sinyalize kavşakta düşüş diğer iki sinyalize kavşakta ise artış olmuştur. Toplam ağ performansında %2,76 azalma meydana gelmiştir. Bu kritere göre karayolu koridorundaki dönel kavşağın sinyalize kavşak olması daha iyi sonuç vermektedir.
- Yolculuk mesafesine göre dönel kavşağın sinyalize olması durumunda düzenleme yapılan kavşak ve diğer üç sinyalize kavşakta artış olmuş, toplam ağ performansında %8,50 artış meydana gelmiştir. Bu kritere göre karayolu koridorundaki dönel kavşağın sinyalize kavşak olması daha iyi sonuç vermektedir.
- Yolculuk süresine göre dönel kavşağın sinyalize olması durumunda düzenleme yapılan kavşak ve sonraki iki sinyalize kavşakta artış, dönel kavşaktan önceki ssinyalize kavşakta ise azalma olmuştur. Toplam ağ performansında %1,27

azalma meydana gelmiştir. Bu kritere göre karayolu koridorundaki dönel kavşağın sinyalize kavşak olması daha iyi sonuç vermektedir.

- Ortalama hız değerinde dönel kavşağın sinyalize olması durumunda düzenleme yapılan kavşakta düşüş, önceki sinyalize kavşakta artış, sonraki bir sinyalize kavşakta düşüş olmuş ve bir sinyalize kavşakta ise ortalama hızda değişme olmamıştır. Toplam ağ performansında %11,11 artış meydana gelmiştir. Bu kritere göre karayolu koridorundaki dönel kavşağın sinyalize kavşak olması daha iyi sonuç vermektedir.
- Kullanılan yakıt miktarında dönel kavşağın sinyalize olması durumunda düzenleme yapılan kavşakta ve sonraki iki sinyalize kavşakta artış olmuştur. Toplam ağ performansında %4,8 artış meydana gelmiştir. Bu kritere göre mevcut durum olan dönel kavşak uygulamasında, sinyalize kavşağa göre daha az yakıt tüketimi olduğu görülmektedir.
- HC emisyonu miktarında dönel kavşağın sinyalize olması durumunda düzenleme yapılan kavşak ve bir sinyalize kavşakta ve önceki sinyalize artış, sonraki bir sinyalize kavşakta artış olmuş, bir sinyalize kavşakta ise HC emisyonu miktarında değişme olmamıştır. Toplam ağ performansında %5 artış meydana gelmiştir. Bu kritere göre mevcut durum olan dönel kavşak uygulaması, sinyalize kavşağa göre daha iyi sonuç vermektedir.
- CO emisyonu miktarında dönel kavşağın sinyalize olması durumunda düzenleme yapılan kavşak ve üç sinyalize kavşakta artış olmuştur. Toplam ağ performansında %11,43 artış meydana gelmiştir. Bu kritere göre mevcut durum olan dönel kavşak uygulaması, sinyalize kavşağa göre daha iyi sonuç vermektedir.
- NO<sub>x</sub> emisyonu miktarında dönel kavşağın sinyalize olması durumunda düzenleme yapılan kavşak ve iki sinyalize kavşakta artış olmuştur. Toplam ağ performansında %9,15 artış meydana gelmiştir. Bu kritere göre mevcut durum olan dönel kavşak uygulaması, sinyalize kavşağa göre daha iyi sonuç vermektedir.
- Saatlik çıkış oranı değerinde dönel kavşağın sinyalize olması durumunda düzenleme yapılan kavşak ve iki sinyalize kavşakta artış olmuştur. Toplam ağ performansında %5,98 artış meydana gelmiştir. Bu kritere göre karayolu

koridorundaki dönel kavşağın sinyalize kavşak olması daha iyi sonuç vermektedir.

- Hacim/Kapasite Oranı dönel kavşağın sinyalize olması durumunda düzenleme yapılan kavşak ve diğer üç sinyalize kavşakta artış olmuştur. Toplam ağ performansında %7,69 artış meydana gelmiştir. Bu kritere göre karayolu koridorundaki dönel kavşağın sinyalize kavşak olması daha iyi sonuç vermektedir.

**İncelenen iki karayolu koridoru birlikte değerlendirildiğinde;**

- Toplam gecikme süresi, taşıt başına duraklama ve ortalama hız değerinde pozitif ve negatif yönlü etkileşimler görülmektedir.
- Taşıt başına gecikme süresinde pozitif yönlü azalma görülmektedir.
- Toplam duraklama, yolculuk süresi değerinde, kullanılan yakıt, HC emisyonu, CO emisyonu ve NO<sub>x</sub> emisyonu miktarında negatif yönlü artış görülmektedir.
- Yolculuk mesafesi, saatlik çıkış oranı ve hacim/kapasite oranında pozitif yönlü artış görülmektedir.
- Hacim/kapasite oranı incelendiğinde her iki inceleme koridorundaki dönel kavşağın sinyalize kavşak yapılması etkileşim içinde olduğu üç sinyalize kavşağın tamamında hacim/kapasite oranının artmasına neden olmuştur. Bu durum ayrıca incelenmelidir.

Çalışmada incelendiği gibi mevcut bir dönel kavşağın sinyalize edilmesi bu kavşak noktasında ve etkileşim içinde bulunduğu sinyalize kavşaklarda bazen olumlu bazen de olumsuz sonuçlar ortaya çıkarabilmektedir. Sinyalize ve dönel kavşağın birbirinden üstünlüğü çalışma yapılacak alanın şartlarına göre değişiklik gösterebilmektedir. Kavşak kapasite analizi, belirli kabuller temelinde trafik, yol ve kontrol koşulları altındaki bir kavşağı inceler. Bu koşullar kapasiteyi doğrudan etkilediğinden hakim koşulları farklı olan kesimler farklı kapasitelere sahiptir. Kavşak tipinin tespitinde yegane unsur kapasite değildir. Trafik güvenliği, arazi topografyası, maliyet, imar planları ve kamulaştırma problemleri, yerel talepler, kavşak yapılması düşünülen yörenin tarihi, kültürel ve yerinde yapılacak incelemelerle tespit edilerek değerlendirilmesi gereken etkenlerdir

Kapasiteyi etkileyen bir çok etken bulunmaktadır. Bu nedenle kavşak seçimi yapılırken tüm koşullar değerlendirilerek istenen hizmet seviyesini sağlayan kavşak tipi tespit edilmeli, en uygun çözüm bulunmalıdır.



## KAYNAKÇA

### *Kitaplar*

Akçelik, R., 1998. *Roundabouts: Capacity and performance analysis*. Australia: ARRB Research report ARR 321, Vermont.

Ashworth, R., and Field, J.C., 1973. *The capacity of rotary intersections*. The Journal of the Institution of Highway Engineers.

Ayfer, M.Ö., 1977. *Trafik Sinyalizasyonu*. Ankara: Bayındırlık Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü Matbaası.

Blackmore, F.C., 1963. *Priority at roundabouts*. Traffic Eng. & Control. New Jersey: Institute of Transportation Engineers. Prentice Hall.

Drew, D. R., 1968. *Traffic flow theory and control*. New York: McGraw & Hill.

Huber, M.J., 1982. *Traffic Flow Theory*. Transportation and Traffic Engineering Handbook.

Karayolları Genel Müdürlüğü, 2006. *Karayolu Tasarımı El Kitabı*. Ankara.

Kutlu, K., 1964. *Trafik Tekniği*. İstanbul: İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası.

May, A. D., 1990, *Traffic flow fundamentals*. New Jersey: Printince Hall, Englewood Cliffs.

Morales J.M., & Morales J.M., & Associates., 1995. *Improving Traffic Signal Operations*. ABD: Federal Highway Administration, U.S. Department Of Transportation.

Özdirim, M., 1994. *Trafik Mühendisliği I ve II*. Ankara: Bayındırlık Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü Matbaası.

Proced., 1960. *Rproceeding, Institue of Traffic*. U.S.A.

Statens, V., 1995. *CAPCAL model description. Four parts: intersection without traffic signals, signalized intersections, roundabouts, economic costs*. Sweden: Report 1995: 007E-1995:010E, Borlänge.

Taekratok, T., 1998. *Modern Roundabouts for Oregon*. Oregon: Oregon department of Transportation Research Unit, Salem.

Tanner, J.C., 1962. *A theoretical analysis of delays at an uncontrolled intersection*. Biometrika.

Ouston, L. and Bared, J.G., 1995. *Roundabouts, Public Roads*. ABD: Turner Fairbank Highway research Center, Mclean, Virginia,

Richter, T. und Hüskend, Bernd., 1996. *Einsatzkriterien für kreisverkehrsplätze außerhalb bebauter Gebiete*. Deutschland: Forschung Strabenbau und Strabenverkehrstechnik 757, Bochum.

Wilshire, R.L., 1962. *Traffic Signals. Traffic Enginnering Handbook, Institute of Transportation Engineers*. New Jersey : Prentice Hall.

Webster, F. V. and Newby, R. F., 1964. *Research into the relative merits of roundabouts and traffic-signal-controlled intersections*, Proc. Ingt. Civil Eng.

Yayla, N., 2006. *Karayolu Mühendisliği*. İstanbul: Birsen Yayınevi.

### *Sürekli Yayınlar*

Hagring, O., 1996. Roundabout entry capacity. *Bulletin 135. Department of Traffic Planning and Engineering*. Lund.

FHWA., 2004. Signalized Intersections: Informational Guide. *Publication Number: FHWA-HRT-04-091*.

Troutbeck, R., 1998, Background of HCM section on analysis of performance of roundabouts, *Transportation Research Record*.

Akçelik, R., 1998. Roundabouts: Capacity and performance analysis. *ARRB Research report ARR 321*, Vermont, Australia.

Bissell, H.H., ve Neudorff L.G., (1980). Criteria for Removing Traffic Signals. *In 1980 Compendium of Technical Papers*. Washington, D.C.: Institute of Transportation Engineers.

Kurar, H., 2001. Kavşak Sinyalizasyonuna CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) Yaklaşımı:İstanbul Örneği. *Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri*.Fatih Üniversitesi.

Gedizlioğlu, E., 2004. Kentlerimizde Trafik Yönetimi. *Türkiye Mühendislik Haberleri*.

Elçi, A. ve Rahnama, B., 2008 Akıllı Kavşak: Trafik Yönetimiyle Kişilerin Yaşam Kalitesini Geliştirmek (Online). <http://www.tmbd.org.tr/userfiles/bildiri5.doc> (ziyaret tarihi: 07.04.2008).

### ***Diğer Yayınlar***

AASHTO., 1965-1994-2001. A policy on Geometric Design of Highways and Streets.

Akad, M., 1994. Eşdüzey kavşakların kapasite analiz yöntemleri. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.

Akbaş, A., 2001. Kent İçi Trafik Sinyal Sisteminin Optimal Kontrolü (Trafik Optimizasyonu). *Doktora Tezi*. İstanbul: Marmara Üniversitesi F.B.E.

Akçelik, R., and Chung, E., 1994. *Calibration of the bunched exponential distribution of arrival headways*. Road & Transport Research.

Akçelik, R., 1993. *Research Report ARR 123*. Australia: Australian Road Research Board LTD, Victoria.

Alphand, F., Noelle, U., and Guichet, B., 1991. *Roundabouts and road safety, Intersections Without Traffic Signals II*, Bochum, Germany.

Çalışkanelli, P., 2006. Yakın Mesafeli Sinyalize Kavşaklarla Kontrolsüz Kavşak Etkileşimleri. *Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Eraslan, O., 2008. Işıklı Kavşaklarda Kapasite Analiz Yöntemleri: Amerikan ve Avustralya Yöntemleri ve Örnek Bir Kavşağın Sınama Benzetiminin Yapılması. *Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Fricker, J., Gutierrez, M. and Moffet, D., 1991. Gap acceptance, wait time and risk aversion at unsignalized intersections. *Intersections Without Traffic Signals II*, Bochum, Germany.

Gedizlioğlu, E., 2002. *Trafik Yönetimi. Ders Notları*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Mühendislik Fakültesi

Gedizlioğlu, E., 1979. Denetimsiz kavşaklarda yanyol sürücülerinin davranışlarına göre pratik kapasite saptanması için bir yöntem. *Doktora Tezi*. İstanbul: İ.T.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi.

Hagring, O., 1996. Roundabout entry capacity, Bulletin 135. Department of Traffic Planning and Engineering, Lund

Janssens, R., 1994. *Evaluating the performance of a roundabout, CEEC's Training Seminar on Road Development and Safety for Managerial Staff from Central and Eastern European Countries*, Brussels, Belgium, October

Karaşahin M., 2004. *Kapasite Analizi, Yayınlanmamış Ders Notları*. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü.

Koç, H., 2010. Eşdüzey Kavşaklardan Katlı Kavşaklara Geçiş Örnekleri ve Uygunluklarının Değerlendirilmesi. *Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi*.- İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Lassaree, S., and Lejeune, P., 1991. Gap acceptance and risk analysis at unsignalized intersections, *Intersections Without Traffic Signals II, Bochum*. Germany.

Mass Highway., 2005 *Eddition, Intersection Design*, Chapter 6.

Seim, K., 1991. Use, design and safety of small roundabouts in Norway. *Intersections Without Traffic Signals II, Bochum, Germany*.

Simon, M., 1991. Roundabouts in Switzerland-recent experiences, capacity, Swiss roundabout guide. *Intersections Without Traffic Signals II*. Bochum, Germany.

Sönmez. C., 2005. Sinyalize Kavşaklarda Trafik Akımının Modellenmesi. *Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Stuwe, B., 1991. Capacity and safety of roundabouts in Germany. *Intersections Without Traffic Signals II, Bochum, Germany*.

Sweroad, 2000. *Karayolu Tasarımı Raporu Ek 2: Modern Dönel Kavşaklar İçin Önerilen Tasarım Esasları*. Ankara

Sweroad, 2000. *Karayolu Tasarımı Raporu Ek 1: Kavşak Tipi Seçimi İle İlgili Olarak Önerilen Esaslar*. Ankara

Tanyel, S., 2001. Türkiye'deki Dönel Kavşaklar İçin Kapasite Hesap Yöntemi. *Yayınlanmış Doktora Tezi*.- İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Troutbeck, R., and Brilon, W., 1995. *Unsignalized intersection theory, in Traffic*  
Troutbeck, R., 1991. Unsignalized intersections and roundabouts in Australia: Recent developments, *Intersections Without Traffic Signals II*, Bochum, Germany.

Tuncuk, M. & Karaşahin, M., 2005. Şehir İçi Eşdüzey Kavşak Geometrilerinin ve Kazalara Etkilerinin İncelenmesi. *Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi, Antalya, 470-483*

Varlıorpak, Ç., 2003. *Trafik I. Ders Notları*. İzmir.

## ÖZGEÇMİŞ

- Adı Soyadı** : Necla ALÇELİK
- Sürekli Adresi** : Yamanevler Mah. Alemdağ Cad. Tolay Sk. No:5 D:5  
Ümraniye /İstanbul
- Doğum Yeri/Yılı** : Çatalzeytin / 1978
- Yabancı Dili** : İngilizce
- İlk Öğretim** : Gültepe İlkokulu (1984-1989)  
Üsküdar İmam Hatip Lisesi (1989-1992)
- Orta Öğretim** : Üsküdar İmam Hatip Lisesi (1992-1995)
- Lisans** : Ege Üniversitesi – Ziraat Fakültesi – Peyzaj Mimarlığı Bölümü  
(1996-2000)
- Yüksek Lisans** : Bahçeşehir Üniversitesi (2008-...)
- Enstitü Adı** : Fen Bilimleri Enstitüsü
- Program Adı** : Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi
- Çalışma Hayatı** : Ümraniye Belediyesi – Park ve Bahçeler Müdürlüğü (2004-...)