

**DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İZMİR KENT MERKEZİNDEKİ TRAFİK
YÖNETİMİ UYGULAMALARININ
BAŞARIMLARININ İRDELENMESİ**



Alpaslan BOZKURT

Mart, 2021

İZMİR

İZMİR KENT MERKEZİNDEKİ TRAFİK YÖNETİMİ UYGULAMALARININ BAŞARIMLARININ İRDELENMESİ

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Ulaştırma Programı

Alpaslan BOZKURT

Mart, 2021

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

ALPASLAN BOZKURT, tarafından **DOÇ.DR. S.PELİN ÇALIŞKANELLİ** yönetiminde hazırlanan “**İZMİR KENT MERKEZİNDEKİ TRAFİK YÖNETİMİ UYGULAMALARININ BAŞARIMLARININ İRDELENMESİ**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç.Dr. S.Pelin ÇALIŞKANELLİ

Yönetici

Prof. Dr. Serhan TANYEL

Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Jülide ÖNER

Jüri Üyesi

Prof.Dr. Özgür ÖZÇELİK

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince bilgi ve tecrübesiyle beni destekleyen tez danışmanım Sayın Doç.Dr. S. Pelin ÇALIŞKANELLİ'ye, sabır göstererek bilgi ve güler yüzünü benden esirgemeyen hocam Sayın Prof.Dr. Serhan TANYEL'e teşekkürü borç bilirim.

Tüm yaşamım boyunca manen sürekli yanımda olan, en büyük motivasyon kaynağım olan biricik kızım Asya'nın annesi, eşim P. Özge BOZKURT'a, dualarını benden esirgemeyen annem Asya BOZKURT'a, SGK İnşaat Emlak Birimi İdarecileri Muzaffer GÜRCAN ve Musa ZENGİN'e, iş arkadaşlarım H. Deniz DEMİR, Fehmi KAYMAKOĞLU ve Çağın ÜNLÜTÜRK'e, Dokuz Eylül Üniversitesi doktora öğrencisi Ali ALMUSAVİ'ye sonsuz teşekkürler.

Alpaslan BOZKURT

İZMİR KENT MERKEZİNDEKİ TRAFİK YÖNETİMİ UYGULAMALARININ BAŞARIMLARININ İRDELENMESİ

ÖZ

Nüfus artışından kaynaklı toplu taşıma ve araç sahipliğinde meydana gelen artış, kentiçi yolları kapasitesinin üstünde hizmet vermeye zorlayarak trafik sorunlarına yol açmaktadır. Trafik sorunlarını gidermek için çeşitli düzenlemelere gidilmektedir. Bu düzenlemelerin başlıcaları; kavşak yönetim sisteminin değiştirilmesi, hız yönetimi, akıllı ulaşım sistemi uygulamaları ve çift yön-tek yön dönüşümleridir.

Özellikle kent içi yollarda farklı yönlerden gelen akımlar en çok kavşaklarda kesintiye uğramakta, kavşakları kapasitesinin üstünde hizmet vermeye zorlamakta ve böylece tıkanmalara neden olmaktadır. Kavşaklardaki tıkanmalar da gecikme, zaman kaybı ve yakıt tüketim artışı gibi olumsuzluklara sebep olmaktadır. Trafikte yaşanan bu problemlerin psikolojik, ekonomik ve çevresel zararlarının giderilmesi için çeşitli çözüm yöntemleri geliştirilmiştir. Geometrik değişiklikler için yeterli alan bulunmayan kavşaklarda en etkin ve ekonomik çözüm kavşak sinyalizasyonudur. Bazı yolların tek yön ya da çift yön olarak yönetilmesi de başka bir çözüm yöntemidir.

Bu çalışmada; İzmir İli kent merkezinde bulunan, 2017 yılında çift yönden tek yön sisteme dönüştürülen Fevzi Paşa ve Gazi Bulvarları incelenmiştir. Dönüşümden önceki trafik verileri İzmir Ulaşım Ana Planı Çalışmalarından faydalanılarak, sonraki veriler ise yerinde yapılan gözlemlerle elde edilmiştir. Gözlem yapılan bulvarlar üzerinde bulunan sinyalize kavşakların, performansları bulvarların tek yön ve çift yön olarak işletildiği süreç ayrı ayrı göz önüne alınarak Sidra Intersection Programı ile incelenmiştir. İncelemelerde tek yön ve çift yön işletme koşulları için kavşaklarda oluşan gecikme, kuyruk uzunluğu, devre süreleri, yakıt tüketimi ve salım değerleri karşılaştırılmıştır. Kavşaklarda performans başarımlarının sağlanması için öneriler sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Tek yön sistemler, çift yön sistemler, eşdüzey kavşak sinyalizasyonu, gecikme, hizmet seviyesi



INVESTIGATING THE PERFORMANCE OF TRAFFIC MANAGEMENT APPLICATIONS IN İZMİR CITY CENTER

ABSTRACT

The population growth caused an increase in public transport and vehicle ownership. This leads urban roads to provide services that exceed their capacity and causes traffic problems. Various regulations are made to address traffic problems. The prior regulations are; altering the intersection management system, rearrangement of speed management, intelligent transportation system applications, two-way and one-way street conversions.

Especially on urban roads, traffic flows from different directions are most often interrupted at intersections. This forces intersections to serve beyond their capacity and causes congestions. Congestion causes delays, time losses, and problems such as an increase in fuel consumption. Various solutions have been developed to eliminate the psychological, economic, and environmental issues caused by these problems in traffic. Intersection signaling is the most effective and economical solution for the intersections where there is not enough area to remodel geometry. Managing some streets as two-way or one-way street is another solution as well.

In this study, Fevzi Paşa and Gazi Boulevards were observed, which is located in the city center of Izmir and converted to one-way from two-way system in 2017. The traffic data before the conversion were received from the Izmir Transportation Planning Studies and the data after the conversion was obtained through on-site observations. Performance of signalized intersections located in observed boulevards analyzed separately as two-way and one-way streets using the Sidra Intersection Program. Observations of two-way and one-way streets were compared according to delay, queue length, circuit times, fuel consumption, and emission values. Suggestions have been provided to ensure performance achievements at intersections.

Keywords: One-way systems, two-way systems, at grade intersection signalization, delay, service level



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ.....	iv
ABSTRACT.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
TABLolar LİSTESİ.....	xiii
BÖLÜM BİR - GİRİŞ.....	1
1.1 Tezin Amacı.....	2
1.2 Kapsam ve Hedef.....	2
BÖLÜM İKİ - KAVŞAKLAR.....	4
2.1 Kavşak Tipleri.....	5
2.1.1 Eşdüzey (Hemzemin) Kavşaklar.....	6
2.1.1.1 Eşdüzey (Hemzemin) Kavşaklarda Yaya ve Taşıt Çakışmaları.....	7
2.1.2 Farklı Düzeyli Kavşaklar (Köprülü Kavşaklar)	9
BÖLÜM ÜÇ - KAVŞAKLARDA SİNYALİZASYON VE SİNYALİZASYON SİSTEMLERİ.....	10
3.1 Sinyalizasyon Gerekliliği.....	10
3.2 Sinyalizasyon Sistemleri.....	11
3.2.1 İzole Sinyalizasyon Sistemleri.....	11
3.2.1.1 Sabit Zamanlı Sinyalizasyon Sistemi.....	11
3.2.1.2 Trafik Uyarmalı Sinyalizasyon Sistemi.....	12
3.2.1.2.1 Yarı Trafik Uyarmalı Sistem	12

3.2.1.2.2 Tam Trafik Uyarmalı Sistem.....	12
3.2.1.3 Yaya Uyarmalı Sinyalizasyon Sistemi.....	13
3.2.1.4 El İle Kumandalı Sinyalizasyon Sistemi.....	13
3.2.2 Koordine Sinyalizasyon Sistemler.....	13
3.2.2.1 Senkronize Sistem.....	15
3.2.2.2 Progresif (Kesintisiz) Sistem.....	15
3.2.2.3 Alternatif Sistem.....	17
3.2.2.4 Arazi Trafik Kontrol Sistemi.....	17
BÖLÜM DÖRT - SİNYALİZE KAVŞAKLARIN KAPASİTESİ.....	19
4.1 Hacim/Kapasite Oranı.....	20
4.2 Doygun Akım ve Doyma Derecesi.....	20
4.3 Sinyalize Kavşaklarda Hizmet Düzeyi.....	22
BÖLÜM BEŞ - SİNYALİZASYON HESAP YÖNTEMLERİ.....	24
5.1 Avustralya Yöntemi İle Sinyalizasyon Hesapları.....	24
5.1.1 Kullanılan Temel Terim ve Tanımlar.....	24
5.1.2 Akım ve Fazlar.....	25
5.1.3 Sinyal Devresi.....	26
5.1.4 Akım Karakteristikleri.....	26
5.1.5 Kritik Akımlar.....	27
5.1.6 Kapasite ve Doygunluk Derecesi.....	28
5.1.7 Avustralya Yöntemiyle Sinyalizasyon Hesabı.....	30
5.1.7.1 Devre Hesabı.....	30
5.1.7.2 Doygun Akım ve Kayıp Zaman Hesabı.....	32
5.1.7.3 Performans Ölçümleri.....	35
5.2 İngiliz (Webster) Yöntemi İle Sinyalizasyon Hesapları.....	36
5.2.1 Kapasite ve Doygun Akım Hesabı.....	37
5.2.2 Kayıp Zaman.....	41
5.2.3 Gecikme.....	42

5.2.4 Devre Süresi.....	42
5.2.5 Yeşil Süresi.....	43
BÖLÜM ALTI - TEK YÖN VE ÇİFT YÖN SİSTEMLERLE İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	44
BÖLÜM YEDİ - ARAZİ ÇALIŞMALARI.....	50
7.1. Çalışma Bölgesinin Tanıtımı.....	50
7.2. Kavşakların Tanıtımı.....	52
7.3. Gözlemlerden Elde Edilen Veriler.....	57
7.4 Sidra Intersection Analiz Programı.....	60
7.5 Gözlem Yapılan Kavşaklara Ait Sidra Modelleri.....	61
7.6 Model Geçerliliğinin İncelendiği Kavşak.....	70
BÖLÜM SEKİZ - VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	74
8.1 Devre Süreleri.....	74
8.2 Gecikme.....	76
8.3 Kuyruk Uzunluğu.....	78
8.4 Yakıt Tüketimi.....	79
8.5 Hidrokarbon (HC) Salımı.....	81
8.6 Karbonmonoksit (CO) Salımı.....	84
8.7 Nitrikoksit (NOX) Salımı.....	86
8.8 Karbondioksit (CO ₂) Salımı.....	88
BÖLÜM DOKUZ - SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	90

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Eşdüzey kavşak çeşitleri.....	7
Şekil 2.2 Sinyalize olmayan kavşaklarda çakışmalar.....	8
Şekil 2.3 Eşdüzey sinyalize kavşaklarda çakışmalar.....	8
Şekil 2.4 Kavşak noktalarında taşıt ve yaya çakışma noktaları.....	9
Şekil 3.1 Senkronize sistem.....	15
Şekil 3.2 Progresif sistem.....	16
Şekil 3.3 Alternatif sistem.....	17
Şekil 5.1 Örnek faz diyagramı.....	25
Şekil 5.2 Temel model ve akımlar.....	26
Şekil 5.3 Doygun akım grafiği (İngiliz Yöntemi)	37
Şekil 6.1 Tek-çift yön sistemlerin kapasite ve ortalama seyahat uzunluğa etkisi.....	45
Şekil 7.1 Çalışma bölgesi (Google Earth görüntüsü)	52
Şekil 7.2 Vakıflar Kavşağı (tek yön sistem)	52
Şekil 7.3 Halit Ziya 1 Kavşağı (tek yön sistem).....	53
Şekil 7.4 Çankaya Kavşağı (tek yön sistem).....	53
Şekil 7.5 Basmane Kavşağı (tek yön sistem).....	54
Şekil 7.6 Gazi Kavşağı (tek yön sistem).....	55
Şekil 7.7 Halit Ziya 2 Kavşağı (tek yön sistem).....	56
Şekil 7.8 Şehit Fethibey Kavşağı (tek yön sistem).....	56
Şekil 7.9 Borsa Kavşağı (tek yön sistem).....	57
Şekil 7.10 Sidra Intersection Programı ekran görüntüsü.....	60
Şekil 7.11 Vakıflar Kavşağı çift yön sistem ve faz planı.....	61
Şekil 7.12 Vakıflar Kavşağı tek yön sistem ve faz planı.....	62
Şekil 7.13 Halit Ziya 1 Kavşağı çift yön sistem ve faz planı.....	62
Şekil 7.14 Halit Ziya 1 Kavşağı tek yön sistem ve faz planı.....	63
Şekil 7.15 Çankaya Kavşağı çift yön sistem ve faz planı.....	63
Şekil 7.16 Çankaya Kavşağı tek yön sistem ve faz planı.....	64
Şekil 7.17 Basmane Kavşağı çift yön sistem ve faz planı.....	64
Şekil 7.18 Basmane Kavşağı tek yön sistem ve faz planı.....	65

Şekil 7.19 Gazi Kavşağı çift yön sistem ve faz planı.....	65
Şekil 7.20 Gazi Kavşağı tek yön sistem ve faz planı.....	66
Şekil 7.21 Halit Ziya 2 Kavşağı çift yön sistem ve faz planı.....	66
Şekil 7.22 Halit Ziya 2 Kavşağı tek yön sistem ve faz planı.....	67
Şekil 7.23 Şehit Fethibey Kavşağı çift yön sistem ve faz planı.....	67
Şekil 7.24 Şehit Fethibey Kavşağı tek yön sistem ve faz planı.....	68
Şekil 7.25 Borsa Kavşağı çift yön sistem ve faz planı.....	68
Şekil 7.26 Borsa Kavşağı tek yön sistem ve faz planı.....	69
Şekil 7.27 Çalışma bölgesi çift yön sistem.....	69
Şekil 7.28 Çalışma bölgesi tek yön sistem.....	70
Şekil 7.29 Kalibrasyon sonucu gözlem ve modellenen kuyruk uzunluk grafiği.....	71
Şekil 8.1 İzole ve Koordine koşul, gecikme grafiği.....	76
Şekil 8.2 İzole ve Koordine koşul, kuyruk uzunluğu grafiği.....	78
Şekil 8.3 İzole ve Koordine koşul, yakıt tüketim grafiği.....	80
Şekil 8.4 İzole ve Koordine koşul, Hidrokarbon (HC) salım grafiği.....	82
Şekil 8.5 İzole ve Koordine koşul, Karbonmonoksit (CO) salım grafiği.....	84
Şekil 8.6 İzole ve Koordine koşul, Nitrikoksit (NOX) salım grafiği.....	86
Şekil 8.7 İzole ve Koordine koşul, Karbondioksit (CO ₂) salım grafiği.....	88

TABLÖLAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 5.1 Faz-Akım matrisi.....	25
Tablo 5.2 Kritik akım araştırma çizelgesi.....	30
Tablo 5.3 Temel doymuş akım (sb) tablosu.....	33
Tablo 5.4 Şerit genişliği düzeltme katsayısı tablosu.....	33
Tablo 5.5 Trafik kompozisyonu katsayısı tablosu.....	34
Tablo 5.6 Kavşak kolu genişliğine göre doymuş akım değeri	38
Tablo 5.7 Farklı türdeki taşıtların otomobil birim eşdeğeri.....	39
Tablo 5.8 Doymuş akıma bölge etkisi.....	41
Tablo 6.1. Tek yön/çift yön sistem trafik hacimleri.	46
Tablo 6.2 Tek yön/çift yön sistem ortalama trafik hız değerleri	49
Tablo 7.1 Tek yön sistem trafik verileri	58
Tablo 7.2 Çift yön sistem trafik verileri.....	58
Tablo 7.3 Gözlem ve modellenen kuyruk uzunlukları.....	71
Tablo 7.4 Çankaya Kavşağı trafik ve geometrik veri tablosu	72
Tablo 7.5 Regresyon analiz tablosu	73
Tablo 8.1 İzole koşul devre süreleri tablosu.....	75
Tablo 8.2 Koordine koşul devre süreleri tablosu.....	75
Tablo 8.3 İzole koşul, gecikme tablosu.....	77
Tablo 8.4 Koordine koşul, gecikme tablosu.....	77
Tablo 8.5 İzole koşul, kuyruk uzunluğu tablosu.....	79
Tablo 8.6 Koordine koşul, kuyruk uzunluğu tablosu.....	79
Tablo 8.7 İzole koşul, yakıt tüketimi tablosu.....	80
Tablo 8.8 Koordine koşul, yakıt tüketimi tablosu.....	81
Tablo 8.9 İzole koşul, Hidrokarbon (HC) salım tablosu.....	83
Tablo 8.10 Koordine koşul, Hidrokarbon (HC) salım tablosu.....	83
Tablo 8.11 İzole koşul, Karbonmonoksit (CO) salım tablosu.....	85
Tablo 8.12 Koordine koşul, Karbonmonoksit (CO) salım tablosu.....	85
Tablo 8.13 İzole koşul, Nitrikoksit (NOX) salım tablosu.....	87
Tablo 8.14 Koordine koşul, Nitrikoksit (NOX) salım tablosu.....	87

Tablo 8.15 İzole koşul, Karbondioksit (CO ₂) salım tablosu.....	89
Tablo 8.16 Koordine koşul, Karbondioksit (CO ₂) salım tablosu.....	89



BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Ulaşım, insanların, malların ve hizmetlerin bir amacı yerine getirmek üzere bir yerden başka bir yere taşınmasıdır. Ulaştırma amaç; ulaşımın kaynaktan hedefe rahat, ekonomik, güvenli ve hızlı şekilde yapılmasıdır.

Ulaşım, geçmişten günümüze insanların en önemli faaliyetlerinden olmuştur. Sosyal, kültürel, ekonomik ve teknik gelişmeler ulaşımın gelişmesi ile beraber artış göstermiştir. Ulaşım alt yapısının gelişmesi, kalkınma ve sanayileşme açısından en önemli gerekliliktir. Ayrıca ülkelerin gelişmişliği ulaşım ağlarının çeşitliliği ve kalitesi ile doğrudan ilişkilidir.

Karayolu ulaşımı tekerleğin icadıyla beraber başlamış günümüzde büyük gelişmeler göstererek mesafe kavramını sorun olmaktan çıkarmıştır. Karayolu taşımacılığı 18. Yüzyılın sonlarına doğru hayata geçmiştir. Ülkemizde de karayolu ulaşımı ile ilgili çalışmalar 1940'lı yıllardan sonra hız kazanmış, 1950 yılında Karayolları Genel Müdürlüğü kurulmuştur. Ülkemizde; Karayolları Genel Müdürlüğü şehirlerarası yolların, İl veya Büyükşehir Belediyeleri ise kent içi yolların yapım ve bakım onarımını yapmaktadırlar.

Yolculuk talebinin karşılanması için oluşturulan ulaşım sistemleri, bölgenin gelişmesine de katkı sağlar. Gelişmeler sonuça, trafik hacminin artışına bu da daha da gelişmiş ulaşım sistemine ihtiyaca neden olur. Mevcut durumda yeterli olan bir bölgedeki ulaşım sisteminin gelecekte yetersiz olabileceği göz önünde tutulmalı ve problemler büyümeden gerekli önlemler alınmalıdır.

Ulaşım sorunlarının kalıcı çözümü için öncelikle sebeplerinin detaylı bir şekilde tespit edilmesi gerekmektedir. Bunun için sorunun olduğu bölgede detaylı trafik gözlemleri yapılmalı ve sorunlara yönelik çözümler geliştirilmelidir. Öneriler kalıcı ve geleceğe yönelik olmalıdır. Geçici çözümler probleme çare olmamakla beraber sorunların ileride daha da büyümesine yol açabilmektedir.

Sinyalize kavşaklar olumlu etkilerinin yanında taşıtları durmaya zorlayarak gecikmelere neden olmaktadır. Kesişen trafik akımlarının güvenliği ve kavşaklarda duruşların neden olduğu performans kayıplarının azaltılması için faz planı ve devre süresi hesabı doğru yapılmalı, kavşağa gelen akım hareketleri düzenlenmelidir.

Ülkemizde detaylı çalışmalar yapılmadan yanlış ve yetersiz verilerle hazırlanan projeler kısa vadede çözüm olmuş gibi görünse de uzun vadede sorunun daha da büyüyerek ortaya çıkmasına yol açmış, ihtiyaçlara cevap verecek nitelikte olamamıştır.

Tez kapsamında, İzmir kent merkezi çalışma alanı olarak seçilmiştir. İzmir, Ege Bölgesinin batısında yer alan Türkiye'nin 3. Büyük şehridir. Ayrıca Ege bölgesinin en önemli sanayi, ticaret, turizm, eğitim ve ulaşım merkezidir. İzmir ve Aliğa Limanı, nüfus, sanayi ve coğrafi konumu ile bölgenin lojistik ve ulaşım merkezidir. Şehir sürekli göç almakta, özellikle yaz turizminden dolayı şehre gelen insanlardan kaynaklı taşıt sayısındaki artışlar trafik sorunlarının daha da artmasına sebep olmaktadır.

1.1 Tezin Amacı

Bu çalışmada trafik yoğunluğu yüksek olan, İzmir İli kent merkezinde bulunan, 2017 yılında çift yönden tek yön sisteme dönüştürülen Fevzi Paşa ve Gazi Bulvarları incelenmiştir. Dönüşümden önceki ve sonraki performans başarımlarını parametrelerinden olan; gecikme, kuyruk uzunluğu, yakıt tüketimi, salım miktarları ve sinyal süreleri Sidra Intersection Analiz Programı kullanılarak karşılaştırılmıştır. Kentiçi arter performans başarımlarını etkileyen faktörler incelenmiştir.

1.2 Kapsam ve Hedef

Çalışmada; öncelikle kavşaklar, kavşak çeşitleri ve uygulamaları ile ilgili bilgi verilmiştir. Üçüncü bölümde, sinyalizasyon ve sinyalizasyon hesap yöntemleri anlatılmıştır. Dördüncü bölümde, sinyalize kavşakların kapasitesi ile ilgili bilgi verilmiştir. Beşinci bölümde, sinyalizasyon hesap yöntemleri açıklanmıştır. Altıncı

bölümde, tek yön ve çift yön uygulamaları ile ilgili detaylı literatür çalışması yapılmış, gecikme, kapasite, trafik hacmi, kaza oranları, seyahat süresi ve hız kriterlerine göre iki sistem arasındaki farklılıklar değerlendirilmiştir. Yedinci bölümde, Fevzi Paşa ve Gazi Bulvarında bulunan kavşaklar tanıtılmış ve toplanan veriler açıklanmıştır. Kavşağın çift yön ve tek yön olarak işletildiği dönemlere ait geometrik düzenlemeler anlatılmış ve elde edilmiş olan trafik verileri Sidra Intersection Analiz Programı kullanılarak modellenmiştir. Sekizinci bölümde, her iki işletme durumuna ait; gecikme, kuyruk uzunlukları, yakıt tüketimi, salım miktarları ve sinyal devreleri karşılaştırılmıştır. Dokuzuncu bölümde, sonuçlar tartışılmış ve sorunların çözümüne ilişkin öneriler sunulmuştur.



BÖLÜM İKİ

KAVŞAKLAR

Türkiye İstatistik Kurumu Karayolu Trafik Kaza İstatistiklerine göre; ülkemizde meydana gelen ölümlü trafik kazaları, doğal afetlerle karşılaştırıldığında daha fazla sosyal ve ekonomik felaketlere sebep olduğu tespit edilmiştir.

Sürekli artan nüfus ve buna bağlı olarak artan araç sayıları mevcut alt yapıyı zorlamakta trafik sorunlarının daha da artmasına yol açmaktadır. Bu sorunları gidermek için trafik mühendisleri daha güvenli yol ve kavşak projeleri geliştirmek için çaba göstermektedirler.

Kavşaklar, iki veya daha fazla yönden gelen trafik akımlarının kesiştiği yol kesimleridir. Kavşaklarda araç-arac ve araç-yaya kesişim noktaları sayısı fazla olduğu için meydan gelen kaza oranı, tıkanma, yakıt kullanımlarına bağlı olarak çevre ve gürültü kirliliğinin de en yüksek olduğu yol kesimleridir. Bundan dolayı kavşak noktalarının doğru ve etkili yönetimi yol ağı açısından kritik rol oynamaktadır.

Hangi tip olarak tasarlanmasına bakılmaksızın kavşak planlamasında dikkat edilecek hususlar aşağıda sıralanmıştır.

- 1) Ekonomiklik,
- 2) Yeterli kapasite,
- 3) Çevreye uygunluk,
- 4) Kazalara karşı güvenlik,

Kavşaklar, yeterli kapasitede hizmet verebilmeli, kaza oranlarını azaltmayı sağlamalı, yapım ve bakım masrafları ekonomik olmalıdır. Belirtilen esaslar göz önünde tutularak kavşak planlamasında dikkat edilmesi gerekli hususlar aşağıda sıralanmıştır.

- a) Kavşağın yol ağındaki önemi, kavşak bulunduğu yol sınıfına göre tasarlanmalı ve bulunduğu yol ağında hiçbir olumsuzluğa sebep olmamalıdır.
- b) Kavşak planlamasında; kavşağa gelen trafik miktarı ve gün-ay-yıl içindeki değişim şekli, anayol proje hızı, kavşak yakınında bulunan terminal-otopark-garaj vb. yerler, yaya hareketleri gibi bilgiler göz önünde tutulmalıdır.
- c) Kavşakla birleşen yol sayıları, kavşak ayakları arası açılar, görüş uzunluğu, öncesinde ve sonrasında bulunan kavşaklar ile arasındaki mesafeler gibi hususlar kavşağın geometri tasarımında dikkate alınmalıdır.
- d) Aynı yol boyunca bulunan kavşaklarda aynı denetim koşulları olmalı ki sürücüde kafa karışıklığı, buna bağlı olarak kaza oranı ve gecikmeler azalmalıdır.
- e) Yolu kullanan sürücü ve yayaların davranışına ve kurallara uyma kapasitelerine göre kavşaklarda gerekli düzenlemeler yapılmalıdır.
- f) Kavşağın yapılacağı bölgedeki topoğrafik durum; görüş mesafesini, yol eğimini ve yapım maliyetini etkilemektedir.

Ayrıca maliyet durumu göz önünde tutularak gelecek planlaması yapıp kavşağın gelecekte de etkili hizmet verebilmesi için farklı düzeyli tasarlanarak ilerde oluşacak sorunlara da önceden çözüm bulunulabilir (Yayla, 2004).

2.1 Kavşak Tipleri

Kavşaklar, geometrik özelliklerine göre ikiye ayrılır.

- 1) Eşdüzey (Hemzemin) kavşaklar
- 2) Farklı düzey (Köprülü) kavşaklar

Eşdüzey kavşaklar; kaza oranları, taşıt gecikmeleri yüksek olmasına rağmen yapım ve bakım maliyetleri düşük, inşa süreleri kısadır. Farklı düzey kavşaklar; kaza oranları, taşıt gecikmeleri düşük olmasına rağmen, yapım ve bakım maliyeti yüksek, inşa süreleri uzun zaman aldığından şehiriçinde daha az tercih edilmektedir.

2.1.1 Eşdüzey (Hemzemin) Kavşaklar

Farklı yönlerden gelen iki veya daha fazla trafik akımlarının aynı düzlemde kesişmesi ile oluşmaktadır. Kent içi ve kırsal yollarda meydana gelen kazaların %50'si ve taşıt gecikmelerinin de %70'inden daha fazlası eşdüzey kavşaklarda meydana gelmektedir. Trafik mühendisliğinde bu hususlar göz önünde tutularak eşdüzey kavşaklar tasarlanmalıdır.

Eşdüzey kavşaklar;

Geometrilere göre kavşaklar:

- a. Üç kollu (T ve Y tipi kavşaklar),
- b. Dört kollu,
- c. Çok kollu,

Kavşak ayaklarının sayısına göre kavşaklar:

- a. Üç ayaklı,
- b. Dört ayaklı,
- c. Çok ayaklı,

Trafik Denetime Sistemlerine göre kavşaklar:

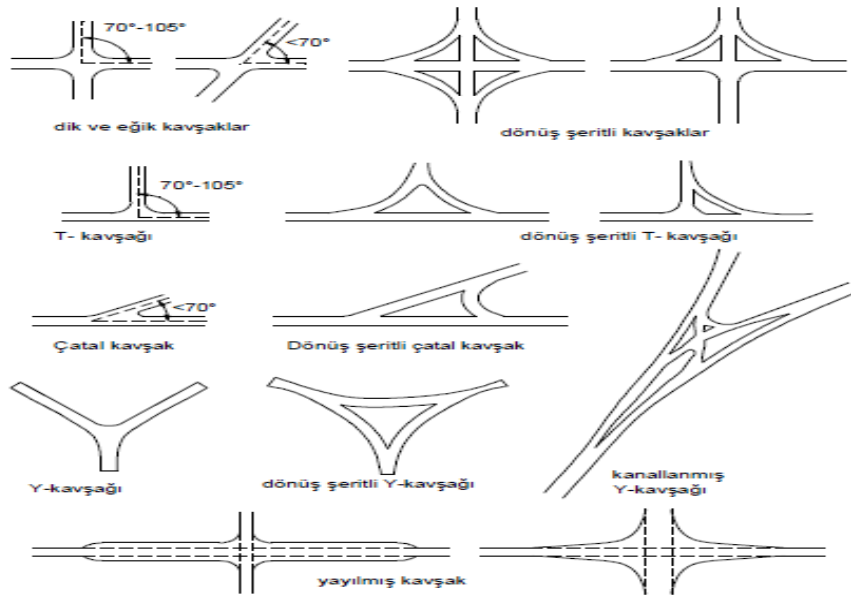
- a. Denetimli kavşaklar,
- b. Denetimsiz kavşaklar,
- c. Dönel kavşaklar,

Denetimsiz kavşaklarda, araç hareketleri ışıksız trafik işaretlerine göre düzenlenmektedir. Denetimli kavşaklar üç şekilde oluşturulur; el ile kumanda (trafik polisi veya bir yetkili tarafından denetlenir), otomatik ışıkla kumanda (kavşağa belli bir mesafede yerleştirilen detektörler aracılığıyla kumanda sağlanır), zamana bağlı ışıkla kumanda (kavşaktaki trafik hacimlerine göre kırmızı, sarı ve yeşil süreler ayarlanmaktadır). Orta adası bulunan dönel kavşakta saat yönünün tersine doğru sürekli bir hareketlilik vardır. Bu tip kavşaklarda kavşak içindeki araçların geçiş üstünlüğü bulunmakta olup, kavşağa girecek olan araçlar kontrollü bir hızla trafiğe dahil olmaktadır. İyi işaretleme ve sürücü dikkati olmadığı zaman ciddi tıkanmalar olmakta bu sorunların önüne geçmek için gerektiğinde dönel kavşağa da işaret

konabilir. Yapılan araştırmalar dönel kavşakların sinyalize kavşaklardan daha güvenli olduğunu göstermektedir ancak planlama ve ekonomik koşullar bazen sinyalize kavşak yapmayı zorunlu kılmaktadır (Yayla, 2004).

Denetimsiz kavşaklar geometrik şekillerine göre, aşağıdaki şekilde gruplandırılabilir.

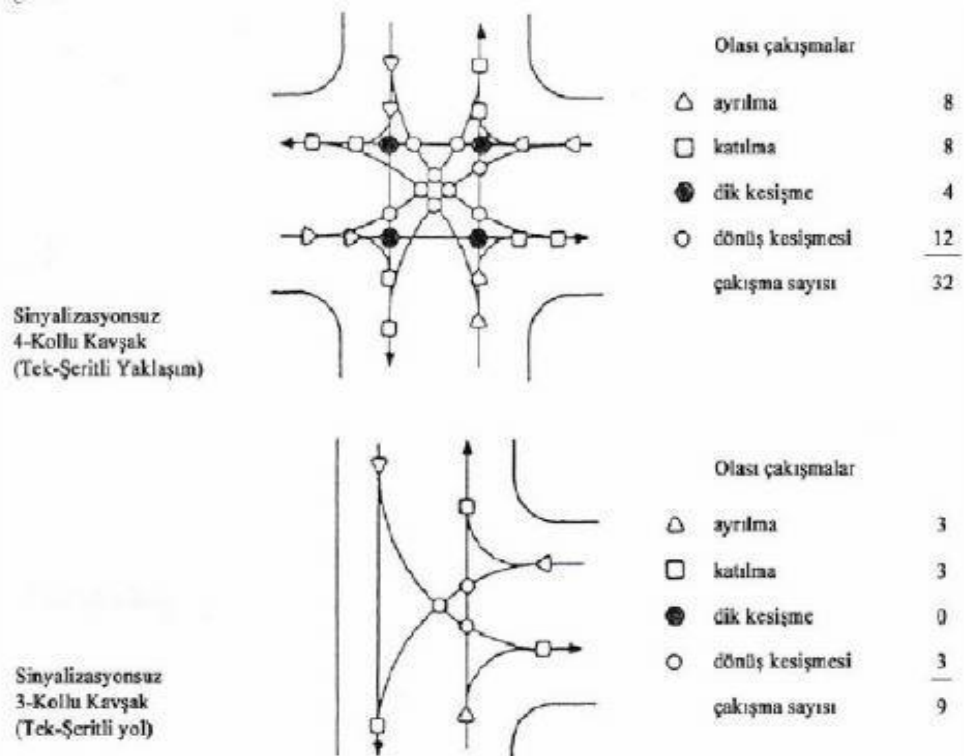
- a. Kanalize edilmiş kavşaklar,
- b. Kanalize edilmemiş kavşaklar,



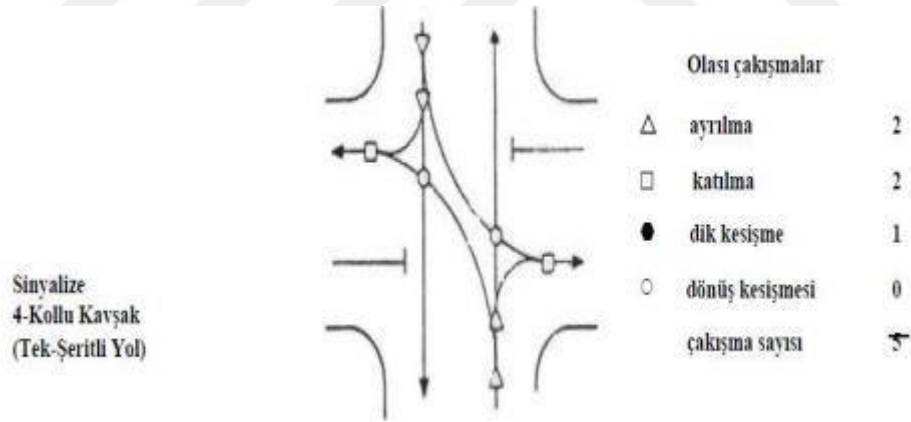
Şekil 2.1 Eşdüzey kavşak çeşitleri (Umar ve Yayla, 1992)

2.1.1.1 Eşdüzey (Hemzemin) Kavşaklarda Yaya ve Taşıt Çakışmaları

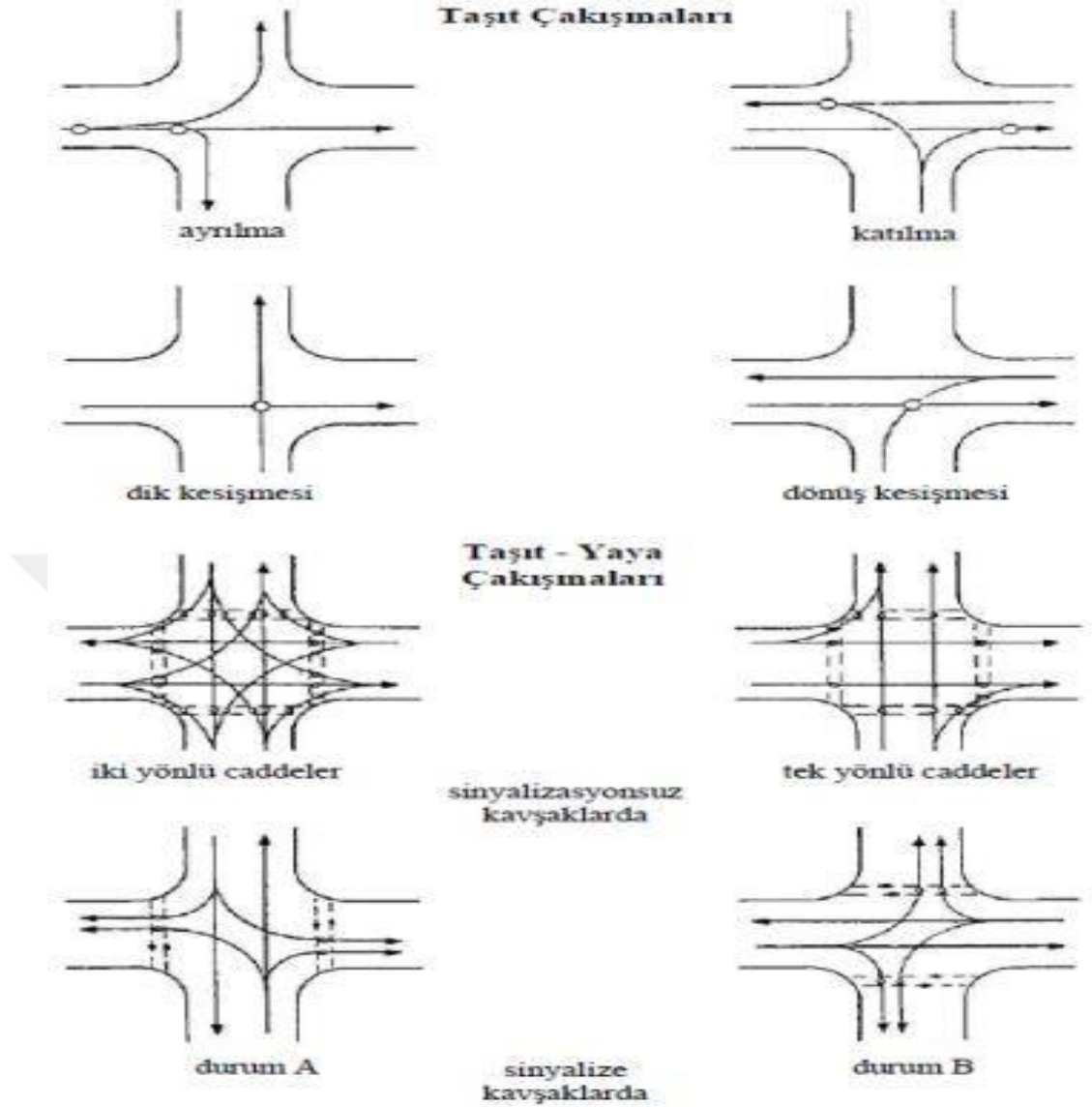
Eşdüzey kavşaklarda taşıt hareketlerinden dolayı çakışma noktaları meydana gelmektedir. Çakışma noktaları sinyalize olan ve sinyalize olmayan kavşaklarda farklı noktalarda meydana gelmektedir.



Şekil 2.2 Sinyalize olmayan kavşaklarda çakışmalar (Alemdar, 2019)



Şekil 2.3 Eşdüzey sinyalize kavşaklarda çakışmalar (Alemdar, 2019)



Şekil 2.4 Kavşak noktalarında taşıt ve yaya çakışma noktaları (Alemdar, 2019)

2.1.2 Farklı Düzeyli Kavşaklar (Köprülülük Kavşaklar)

Kavşaklarda meydana gelen kesişme, katılma ve ayrılma hareketlerinin farklı düzeylerde olduğu kavşaklardır. Kaza ve gecikmelerin en az olduğu kavşak tipidir. Ancak yapım, bakım maliyetinin yüksek olması ve kavşak için kullanılacak alanın geniş olmasından dolayı en son çare olarak yapılmaktadır. Farklı düzeyli kavşakların çok çeşidi vardır. Hangisinin yapılacağı; topoğrafik yapıya, yatırım maliyeti, trafik miktarı, kavşakla birleşen yol sayısı ve birleşme sayısı gibi faktörlere bağlıdır (Yayla, 2004).

BÖLÜM ÜÇ

KAVŞAKLARDA SİNYALİZASYON VE SİNYALİZE SİSTEMLER

3.1 Sinyalizasyon ve Gerekliliği

Sinyal; trafik akım kontrolünün sağlanması, yaya ve sürücü hareketlerinin düzenlenmesini sağlayan trafik ışıklarıdır (Kutlu, 1993). Trafik sinyalleri, ilk olarak Londra’da gece görünümünü sağlamak için gaz lambasıyla ışıklandırılmıştır. ABD’de kırmızı ve yeşil ışığın bulunduğu ilk sinyalizasyon 1914’de kurulmuş buna on yıl sonra sarı ışık da ilave edilmiştir. Trafik sinyalleri, Avrupa’da da 1950’den sonra kullanılmaya başlanmıştır (Akmaz, 2012).

- Yan yollardan ana yola geçmek isteyen araçların zorlanması,
- Yaya hareketleri güvenli olmaması,
- Kavşakların kapasitesinin altında hizmet vermesi,
- Kavşak tıkanmalarından dolayı enerji ve zaman kaybının olması,
- Kavşakta benzer karakterde kazaların sıklıkla yaşanması durumlarında kavşakta sinyalizasyon yapılması gerekmektedir (Murat, 1999).

- Işıklı sinyal düzenlemeleri yapılırken aşağıdaki özelliklere dikkat edilmelidir.
- Yaya ve sürücülerin dikkatini çekebilecek boyut ve konumda,
- Basit ve kesin anlamlı,
- Sürücü ve yayaların uymasını sağlayacak özellikte,
- Sürücülere reaksiyon için yeterli zaman verebilecek nitelikte olmalıdır (Akmaz, 2012).

Sinyalizasyon sisteminin kurulmasının dezavantajları aşağıda sıralanmıştır:

- Toplam trafik yükü belirli bir seviyeye ulaşmadığında sinyalizasyon tesisi gecikmelere yol açabilir,
- Sinyalizasyon; arkadaki aracın öndeki araca çarpmasıyla sonuçlanan kazalarda artışa sebep olabilir,

-Sinyal sistemi doğru ayarlanmamasından kaynaklı gecikmeler, sürücü ve yayalarda sabırsızlığa dolayısıyla kural ihlallerin artmasına sebep olabilir (Varlıoprak, 2005).

3.2 Sinyalizasyon Sistemleri

Sinyalizasyon sistemleri koordine ve izole olmak üzere ikiye ayrılırlar.

3.2.1 İzole Sinyalizasyon Sistemleri

Yakınında bulunan, kavşaklardaki sinyalizasyon sistemlerinden etkilenmeyen ve bu kavşaklarla bağıntısı olmayan sistemler izole sinyalizasyon sistemleridir. Bu sistemler;

- 1.Sabit zamanlı sinyalize sistem,
 - 2.Trafik uyarmalı sinyalize sistem,
 - 3.Yaya uyarmalı sinyalize sistem,
 - 4.El ile kumandalı sinyalize sistem,
- Olmak üzere dörde ayrılırlar.

3.2.1.1 Sabit Zamanlı Sinyalizasyon Sistemi

Faz planı önceden belirlenen program ile uygun sırada geçiş hakkı verilerek düzenlenmiştir. Yeşil süreler trafik hacmine göre belirlendiğinden sistem verimliliği için, yerinde uzun süreli ve gerçekçi trafik verisi alınmalıdır.

Kavşaklarda, trafik akımı saatlik ve günlük olarak değişebilmektedir. Sabit zamanlı sinyalizasyon sistemi, değişiklik durumlarına uygun olarak otomatik değişerek akımlara uyumlu olarak çalışmalıdır.

Sistemin faydaları;

- Trafik hacimleri sık ve düzensiz farklılıklar göstermemekte,
- Tali yol trafiğinden dolayı, anayol trafiği kesintisiz bir akıma kavuşturulduğundan daha verimli olmaktadır (Varlıoprak, 1982).

Bu sistemin en önemli dezavantajı; trafik akımının, proje ortalama değerine uymayıp gereksiz beklemelemlere yol açmasıdır. Bu sorunu gidermek için sistem sürekli gözlem altında tutulmalı, günlere ve saatlere bağlı değişen trafik akımlarına göre sürekli zaman programlarının güncellenmesi gerekmektedir (Webster ve Cobbe, 1996).

3.2.1.2 Trafik Uyarmalı Sinyalizasyon Sistemi

Kavşaktaki taşıtların kullanabilecekleri sinyal süre ve sıraların detektörlerce düzenlendiği sistemlerdir. Sabit zamanlı sistemlerden daha dinamik kontrol sağlarlar. Detektörler sürekli trafik verisi alır, aldığı verilere göre optimum devre ve yeşil süreleri belirler. Sistemin başarılı bir şekilde uygulanması için, fazla miktarda ve dikkatli trafik sayımı yapılmalıdır. İki türlü uygulanırlar (Yayla, 1993).

3.2.1.2.1 Yarı Trafik Uyarmalı Sistem. Detektörlerin tali yolda kullanıldığı sistemdir. Tali yolda, araç olmadığı zaman sürekli kırmızı ışık sinyali verilir. Ana yoldaki trafiğe ise, sürekli yeşil ışık sinyali verilerek en az gecikme amaçlanmaktadır. Tali yoldan kavşağa giren taşıtlar, ana yol trafiği için belirsizlik oluşturduğundan, kaza ihtimali de artmaktadır.

3.2.1.2.2 Tam Trafik Uyarmalı Sistem. Kavşaktaki tüm yollardan uyarı alınarak; geçiş hakkı, faz ve devre süreleri yoğunluğa göre otomatik düzenlenir. Trafik verilerini gerçeğe yakın aldığından dolayı, gecikmeler minimum seviyededir. Kurulum maliyeti fazla ancak verimliliği yüksektir.

3.2.1.3 Yaya Uyarmalı Sinyalizasyon Sistemi.

Kavşak olmayan yaya geçitlerinde ve bazı bağlantı yollarının giriş çıkışlarında uygulanan sinyalizasyon sistemidir. Yaya akımı olmadığında taşıtlara sürekli yanan yeşil ışık, yayaların GEÇ butona basması ile kesilir. Bu sistemler kavşaklarda da kullanılabilir.

3.2.1.4 El İle Kumandalı Sinyalizasyon Sistemi

Kavşakta bulunan yaklaşımların tamamına kumanda bağlanarak ışıklı sinyaller dışardan yönetilir. Sistem sabit zamanlı olarak tesis edilmiştir. Bazı durumlarda, trafik akımlarında büyük sapma ve dalgalanmaların olduğu kavşaklarda kullanılmaktadır. Kumanda ile dışardan müdahale edilerek hızlı yönetim sağlanır. “Manuel İşletme” denilen sistem, trafik ve yaya uyarmalı sistemle benzerlik göstermekte ancak talepler dışardan gözlenmektedir (Murat, 1996).

3.2.2 Koordine Sinyalizasyon Sistemleri

Ana yolun yakın mesafede bulunan komşu kavşaklarında gecikmeleri minimuma indirmek için, kavşakların kendi aralarında koordinasyonunu sağlayarak uygulanırlar. Anayoldaki kavşaklardan tali yol trafiğine yeterli geçiş sağlayarak, taşıtların durmadan geçirilmesini düzenler. Sinyalize kavşakların peş peşe olduğu yol ağının tüm akımları için bilgisayar ile kontrol edilerek düzenlenebilir (Murat, 1999).

Böylece;

- 1) Ulaşım güvenliği artışı,
- 2) Kapasite kullanımı,
- 3) Ekonomiklik,

4) Bekleme süresinin azalmasıyla birlikte seyahat süresi azalması sonucunda; yakıt tasarrufu sağlanması, araç yakıtından kaynaklı karbondioksit salınımının azalması, gürültü ve çevre kirliliğinin azalması gibi olumlu sonuçları olmaktadır.

Sinyalize edilecek iki kavşak arası mesafe 750 metreden az ise, dalga hareketlerinde bozulma olmayacağından aralarına koordinasyon kurulması gerekebilir. 750 metreden daha uzak mesafelere de koordine sinyalizasyon sistemleri kurulabilmekte ancak sistemin başarılı çalışması taşıt hızlarının istenilen seviyelerde tutularak dalga hareketinin bozulmamasını sağlamaya bağlıdır (Ayfer, 1977).

Koordinasyon faydalarını azaltan durumlar;

- a) Yetersiz yol kapasitesi,
- b) Sağ şeridin yavaş hareketine sebep olan engellemeler,
- c) Yol kenarı parklanmalar,
- d) Kavşak kollarındaki trafik akımının çok düzensiz olması,
- e) Sinyal kavşakları arasındaki mesafelerin çok kısa olması,
- f) Trafik hızındaki çok fazla değişiklikler, şeklindedir (Güldamlası, 2007).

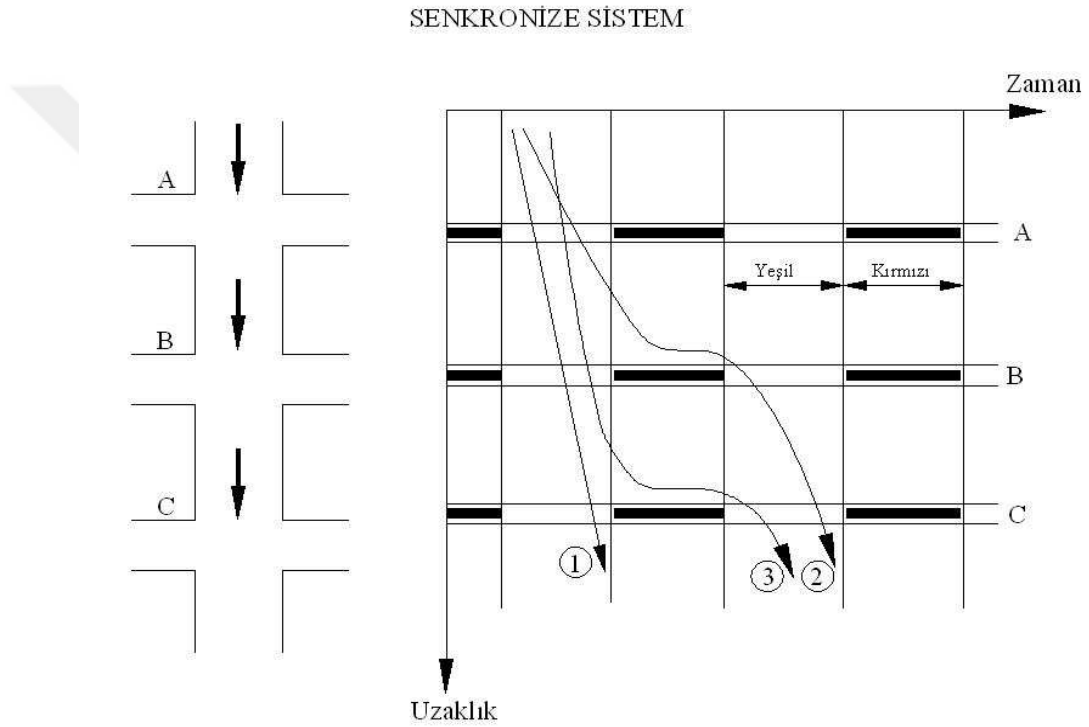
Kavşaklar arasında koordinasyon sağlanabilmesi için, kavşak devre sürelerinin eşit ya da birbirinin katı olması gerekmektedir. Böylece kavşaklar kendi aralarında uyumlu olurlar. Koordine kavşaklar arasındaki trafik hacimleri çok yüksek ya da düşük olduğunda, aralarındaki koordine devre süresi iki veya yarı katı sürede çalıştırılır (Roess ve Prassas, 2004).

Koordine Sinyalizasyon Sistemi;

- Senkronize (Eş Zamanlı) Sistem
- Progresif (Kesintisiz) Sistem,
- Alternatif Sistem,
- Bölge Trafik Kontrol Sistemi olmak üzere dörde ayrılır.

3.2.2.1 Senkronize Sistem

Koordine edilen tüm kavşaklarda ana yoldaki taşıt cepheleri aynı anda aynı sinyalleri verirler. Trafiğe uymasının güçlüğü, devamlı akıma engel olması, taşıt hızlarının artması sonucu güvenliği azaltması, karışıklık oluşturması, tali yol girişlerinde zorluk olması dezavantajlarıdır. Kavşakların tamamının sinyalli ve aralarındaki mesafenin kısa olması, ana yola yeşil ışığın daha fazla bırakılmasının gerektiği durumlarda senkronize sistem kullanılması uygundur (Kutlu, 1993).



Şekil 3.1 Senkronize sistem (Murat, 1996)

3.2.2.2 Progresif (Kesintisiz) Sistem

Progresif sistemde, ışıklı sinyallerin devre süreleri ana yoldaki kavşakların tamamı için aynıdır. Yeşil süre, proje hızına uygun hızla seyreden bir taşıtın kavşakların tamamını kırmızıya yakalanmadan geçebileceği şekilde ayarlanmıştır. Bu sistemde belirli hız limitinde seyreden taşıtların tüm kavşaklarda durmadan geçebilmesi için Zaman-Uzaklık diyagramında bulundukları alana Yeşil Dalga denir. Yani Zaman-

Uzaklık diyagramında Yeşil Dalgada seyreden taşıt kavşakların tamamında yeşil ışıklı sinyale denk gelecektir (Ayfer, 1977).

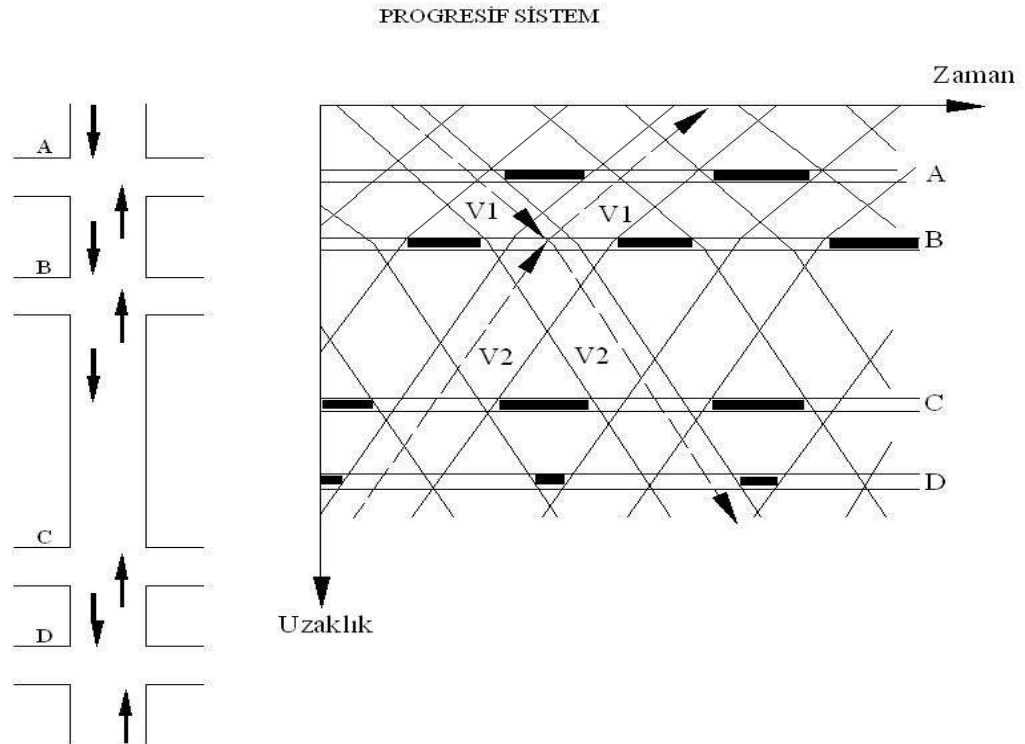
Progresif (kesintisiz) sistemler;

a) Basit Progresif (Kesintisiz) Sistem,

b) Fleksibl Progresif (Kesintisiz) Sistem olmak üzere ikiye ayrılır.

“Basit” ve “fleksibl” progresif sistemler olarak ikiye ayrılırlar. Basit progresif sistem, her iki yön trafikleri için uygundur. Ancak bu sistemde gün içinde trafik koşullarına göre süre ayarları değiştirilemez. Işık süreleri her kavşakta farklı olmakla birlikte aynı kavşak için gün boyunca aynıdır. Bundan dolayı, trafik akımlarının düzenli olduğu bazı saatlerde ve şartlarda uygun şekilde kullanılabilir.

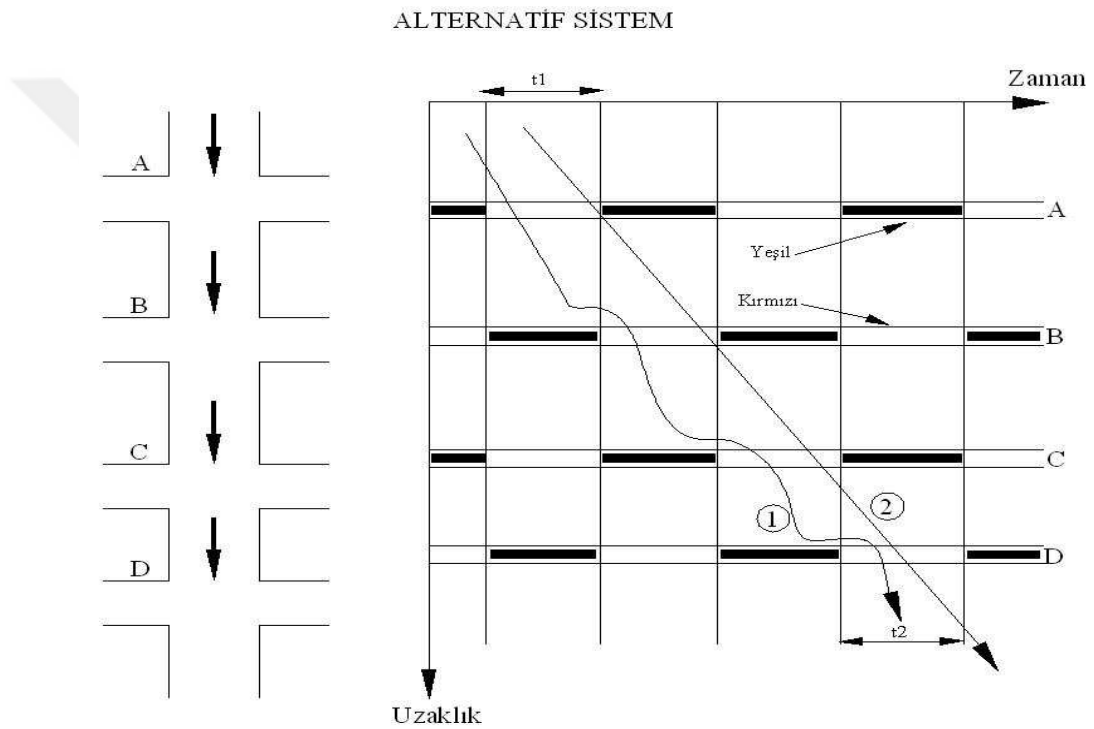
Fleksibl progresif sistemde, devre ve ışık süreleri her kavşakta ve gün içinde otomatik olarak farklı olur. Devre ve ışık süreleri trafik şartlarına göre en yüksek faydayı verebilecek şekilde değişebilir (Kutlu, 1993).



Şekil 3.2 Progresif sistem (Murat, 1996)

3.2.2.3 Alternatif Sistem

Ana yolda ardışık kavşaklarda sırayla zıt ışıklı sinyaller verilir. Taşıtların iki kavşak arasındaki mesafeyi sinyallerin bir devre süresinin yarısında almaları sağlanır. Taşıtların ana yolda belli hızda seyretmeleri sağlanır. Sistem başarımı için kavşak aralarının belli mesafede olması ve art arda olan kavşak arası mesafelerin çok farklı olmaması gerekir. Kavşaklar arası mesafe limitleri yeşil ve kırmızı sürelerle tahmin edilen ortalama seyir hızına bağlı olmalıdır (Akmaz, 2012).



Şekil 3.3 Alternatif sistem (Murat, 1996)

3.2.2.4 Arazi Trafik Kontrol Sistem

Koordine sistem, aynı doğrultudaki kavşaklarda işletme verimliliğini arttırmak, gecikmeleri azaltmak üzere yeşil dalga tesisi için kullanılır. Ancak farklı doğrultuda trafik akımlarının koordinasyonu zor olmaktadır. Tüm sinyalizasyon tesislerinde gecikmelerin minimize edilmesini sağlamak için en uygun sinyallerin verilmesini belirleyen ve bilgisayarlar yardımıyla sürdürülen sistemlerdir. Daha çok büyük

kentlerin ana arterlerinden oluşan yol kısımlarında kullanılmakta ve üç basamakta gerçekleşir.

1.Sistemin kurulduğu bölgede trafik bilgilerinin sürekli olarak uyarıcılarla alınması, merkez kontrol ünitesine iletilmesi,

2.Eldeki verilere göre, önceden en uygun sinyal programının bilgisayar tarafından seçilmesi,

3.Seçilen programların kavşak ve geçitlerin tamamında kurulu sinyalizasyon tesislerine iletilmesi; kontrol cihazının otomatik şekilde istenen programı uygulaması.

Uygulandığı bölgelerde; trafik akımları sürekli gözlenmesi, olağanüstü durumlarda tedbirlerin alınması için kapalı devre televizyon sistemi tesis edilir (Uysal, 2001).

BÖLÜM DÖRT

SİNYALİZE KAVŞAKLARIN KAPASİTESİ

Sinyalize kavşakta, herhangi bir yönden gelip kavşaktan geçebilecek taşıt sayısı o yöndeki yeşil sürenin kavşağın toplam devre süresine oranına bağlı olarak değişir. Kavşaktaki trafik akımının sinyalizasyon projesinde kullanılan değerleri gerçekleştirmesi durumunda, bütün etkili akım yönlerindeki trafik, kapasite değerine ulaşır. Etkili akım içinde olmayan trafik akımları ise kapasitelerin altında kalır.

Kavşak kapasitesi, etkili akım yönlerinden kavşağa girip geçirilebilecek otomobil birim sayısının toplamına eşittir. Kavşakların geometri ve faz düzeni belli olduğunda sinyal devresinin kayıp zamanı değişmez. Kayıp zaman dışındaki süre faydalı zamandır. Faydalı zaman, tüm fazlar arasında paylaşılır. Sinyalize kavşak kapasitesi, etkili akım yeşil süresinin toplamının devre süresine oranıyla doğru orantılıdır.

$$G = \sum_{i=1}^n G_i = C - t_s \quad (4.1)$$

$$\text{Kavşak Kapasitesi} = S \times G / C \quad (4.2)$$

- C = Devre Süresi
- t_s = Kayıp zaman
- G_i = i fazının yeşil süresi
- n = Faz sayısı
- G = Yeşil süreler toplamı
- G/C = Yeşil/Devre süresi oranı
- S = Ortalama Doygun Akım

Denklem 4.1. deki G denklemi 4.2. deki yerine konacak olursa:

$$\text{Kapasite} = S \times \frac{C - t_s}{C} = S \times (1 - \frac{t_s}{C}) \quad (4.3)$$

Sonuçta devre süresi arttıkça; kayıp zaman süresi sabit olduğundan faydalı zaman da devre süresi ile doğru orantılı olarak arttığı için kapasite artar. Denklemlerden görüleceği üzere kavşak kapasitesi Doygun Akıma bağlıdır. Denklemlerde belirtilen “S” değeri, Ortalama Doygun Akımdır. Fakat tüm yaklaşım kollarının doygun akım değerleri farklıdır. Bundan dolayı her yaklaşım kolu için kapasite değerinin ayrı ayrı hesap edilmesi daha gerçekçi olacaktır (Ayfer, 1977).

4.1 Hacim/Kapasite Oranı

$$x = \frac{v}{s \cdot x_g / C} \quad (4.4)$$

X =Hacim/Kapasite Oranı

V =Düzeltilmiş Şerit Grup Hacmi

s =Doygun Akım Oranı

g =Etkin Yeşil Süre

C =Devre Süresi

4.2 Doygun Akım ve Doyma Derecesi

Sinyalize kavşakta kırmızı ışıktaki bekleyen taşıtlar, yeşil ışık yandığı zaman kavşağı boşaltma hızına ulaşıncaya kadar bir miktar zaman kaybederler. Ancak, birkaç taşıttan sonra (genelde altı taşıt) taşıtlar sabit hızla kavşağı boşaltırlar. Sinyalize bir kavşakta yeşil ışık yandıktan sonra boşaltılabilecek maksimum araç sayısı, doygun akımı vermektedir. Yani, kavşak ayağında devamlı kuyruk olması ve ışığın bir saat boyunca yeşil olması koşulunda bir şeritten geçirilebilecek maksimum taşıt sayısı olarak ifade edilmektedir. Taşıtlar arasında sabit olduğu kabul edilen ve kavşaktan bir saatte geçebilecek maksimum taşıt sayısını belirlemekte kullanılan sabit değere doygun takip aralığı denir (Çalışkanelli ve Tanyel, 2018).

$$S = 3600 / h_n \quad (4.5)$$

S = Doygun Akım (araç/saat/şerit)

h_n =Ortalama Doygun Takip Aralığı (saniye)

Kavşaktaki yaklaşım yönünün kapasitesi:

$$K_i = (S_i \times G_i) / C \quad (4.6)$$

K_i =i fazında etkili akım içindeki yönün kapasitesi,

S_i =i fazında etkili akım içindeki yönün doygun akımı,

G_i =i fazında etkili akım içindeki yönün yeşil süresi,

C = Devre süresi.

Kavşağın toplam kapasitesi (K) ise bütün fazların kapasitelerinin toplamıdır.

$$K = \sum_{i=1}^n K_i = \frac{1}{C} \times \sum_{i=1}^n (S_i \times G_i) \quad (4.7)$$

Kavşaktaki herhangi bir yaklaşım kolunun otomobil birim yoğunluğunun o yönün kapasitesine oranına Doyma Derecesi denir. Sinyalizasyonda yaklaşım yönündeki tüm şeritlerin aynı oranda olduğu kabul edildiği için, yaklaşım yönü ile şeritlerin doyma dereceleri eşit olur.

$$k_i = \frac{Q_i}{K_i} = \frac{Q_i}{G_i / C \times K_i} \quad (4.8)$$

Denklem 4.8 in değeri denklemde yerine konulursa doyma derecesi;

$$k_i = \frac{Q_i \cdot C}{G_i \cdot S_i} \quad (4.9)$$

k_i =i yaklaşım yönünün doyma derecesi

S_i =i yaklaşım yönünün doygun akım değeri

G_i =i yaklaşım yönünün yeşil süresi

Q_i =i yaklaşım yönünün toplam o.b. hacmi

C =Devre süresi

4.3 Sinyalize Kavşaklarda Hizmet Düzeyi

Sinyalize kavşaklarda hizmet düzeyi gecikme ile tanımlanmaktadır. Kavşakta araç başı ortalama kontrol gecikmesi, o kavşağın hizmet düzeyini verir. Gecikme ise; sürücünün rahatsızlık hali, gerilim durumu, tüketilen yakıt miktarı ve kayıp zaman ile ifade edilmektedir. Hizmet düzeyi 15'er dakikalık analiz periyodundaki ortalama duruş gecikme ölçümüyle ifade edilir. Gecikmeler yerinde ölçüm veya verilen formül ile tahmin edilebilir. Gecikmeler çeşitli değişkenlere bağlıdır (Güldamlaşı,2007).

Bu değişkenlerin bazıları:

- 1) İlerleme hareketinin kalitesi,
- 2) Devre uzunluğu,
- 3) Yeşil oran,
- 4) Yaklaşım kolunun v/c oranına.

Sinyalize kavşaklarda A dan F ye altı adet hizmet düzeyi tanımlanmaktadır. Bu hizmet düzeyleri;

A Hizmet Düzeyi: Hareketin çok az gecikme olduğu durumudur. Araç başına on saniyeden daha az gecikmeler söz konusudur. Araçların çoğu, yeşil zamanda geçer ve hiç durmayarak seyahatlerine devam etmektedir. İlerleme hareketleri oldukça iyi bir şekilde gerçekleşmektedir. Devre uzunluklarının kısa olması, gecikmeleri düşürücü katkı sağlar.

B Hizmet Düzeyi: Araç başına gecikme süreleri 10,1-20 sn. arasında gerçekleşmektedir. İlerleme hareketleri iyi ve devre uzunlukları kısa olabilir. A hizmet düzeyindeki araçlardan fazla araç durması söz konusudur.

C Hizmet Düzeyi: Araç başına gecikme süreleri 20,1-35 sn. arasında gerçekleşmektedir. Gecikmelerin sebebi, uzun devre süresi ve kötü ilerleme olabilir. Bu hizmet düzeyinde özel devre bozuklukları gözlenebilir. Kavşakta duran taşıt sayıları artmaktadır ancak taşıtlardan çoğu kavşakta durmadan geçmektedirler.

D Hizmet Düzeyi: Her bir araç için gecikme süreleri 35,1-55 sn. arasında gerçekleşmektedir. Tıkanmaların etkisi belirgin bir şekildedir. Gecikmelerin bu kadar artmasının sebebi; kötü ilerleme hareketi, yüksek v/C oranı ve uzun devre süreleridir. Duran araç sayıları artmaktadır. Devre uzunlukları ise artık fark edilebilir düzeydedir.

E Hizmet Düzeyi: Araç başına gecikme süreleri 55,1-80 sn. arasında gerçekleşmektedir. Bu gecikme düzeyi kabul edilebilir gecikmelerin sınırındadır. Kötü ilerleme, yüksek v/C oranı ve uzun devre süreleri gecikmelerdeki artışa sebep olur. Bu hizmet düzeyinde devre bozuklukları daha sıktır.

F Hizmet Düzeyi: Her bir araç için gecikme süreleri 80,1 sn.yi aşmaktadır. Bu durum en istenmeyen durumdur. Doygunluğun aşılması yüksek gecikme değerlerinin ana sebebi olabilir. 1,00'den küçük olan aynı zamanda yüksek v/C oranından dolayı devre bozuklukları gözlemlenebilmektedir. Kötü ilerleme hareketi ve uzun devre süreleri gözlemlenmekte ve gecikmeler üzerinde etkili olmaktadır. Taşıt ilerlemeleri çok kötü durumdadır (Akçelik, 1998).

BÖLÜM BEŞ

SİNYALİZASYON HESAP YÖNTEMLERİ

Sinyalizasyon hesap yöntemlerinden en çok kullanılanlar:

Avustralya Yöntemi

İngiliz Yöntemi

HCM Yöntemi

5.1 Avustralya Yöntemi İle Sinyalizasyon Hesapları

Bu yöntem Rahmi Akçelik tarafından geliştirilmiş, ilk olarak Avustralya Yol Araştırma Kurumu tarafından 1981’de yayınlanmıştır.

Avustralya yöntemiyle, sinyalize kavşaktaki trafik kapasite ve zaman ihtiyaçları analiz edilebilmektedir. Bu yöntemde bilinen yöntemlerde kullanılan fazlar yerine akımlar dikkate alınır. Faz kayıp zamanı yerine, akım kayıp zamanı kullanılmıştır.

Bu yöntemde akım ve faz içeriği anlatılarak; doyun akım, kayıp süre, etkin yeşil süre, doyunluk derecesi ve akım oranı tanımlanmıştır. Doyun akım tahmininde kullanılan çevre sınıfı, dönüş ve şerit türü gibi faktörler değerlendirilmiştir. Performans ölçümleri, istenilen işletme şartları için devre süresi ve yeşil süre hesaplanmıştır (Murat, 1996).

5.1.1 Kullanılan Temel Terim ve Tanımlar

Faz: Bir veya daha çok akımın geçiş hakkının olduğu sinyal devresi parçasıdır.

Akım: Yönü, şerit işgali ve faz durumu ile ifade edilen kavşağı geçen her bir ayrı kuyruk.

Tekrarlı Akım: İki veya daha fazla sıralı faz ile geçiş hakkı alan akımdır.

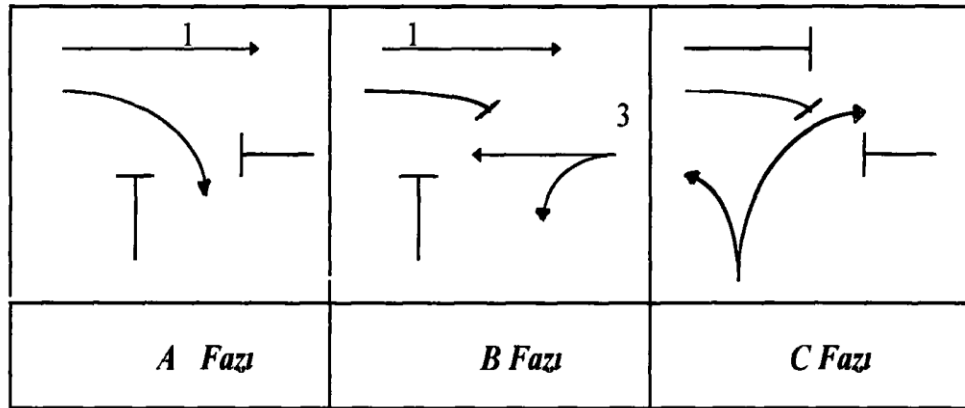
Kritik Akım: Kavşak için kapasite ve zaman gereklerini belirleyen akımlardır.

Karşı Akım: Yeşil periyod esnasında karşı akım daha öncelikli akıma geçiş hakkı vermelidir. Genelde, karşı araç ya da yaya akımına geçiş hakkı sağlayan sola veya sağa dönen akım olabilir.

5.1.2 Akım ve Fazlar

Kavşağın etkin işletim ve güvenliğinin belirlendiği temel kontrol mekanizmasına, Sinyal Fazı denir.

Yaklaşım kolunda bulunan trafik akım yönleri, şerit işgalı ve faz durumları ile belirtilirler. Faz sistemi, taşıt ve yaya akımlarına geçiş sırasının nasıl verileceğini belirler. Faz sistemi, kavşak geometrisine ve trafik akımına göre belirlenir. Sinyal faz sistemi ile akım karşılaşmasını azaltarak olası kaza ihtimalini düşürür ve kavşağın performansını artırır. Tekrarlı akım, birden daha çok fazda geçiş hakkı alan akımdır.



Şekil 5.1 Örnek faz diyagramı (Murat, 2012)

Tablo 5.1 Faz-Akım Matrisi

Akım	Başlangıç Fazı	Bitiş Fazı
1	A	C
2	A	B
3	B	C
4	C	A

Şekildeki faz diyagramına göre faz-akım matrisi çizelgedeki gibi olur.

5.1.3 Sinyal Devresi

Sinyal devresi, sinyalizasyon kavşağına tüm fazların birer kez tekrar süresidir. Bir fazdaki yeşil süre bitimi ile devamındaki fazın yeşil süre başlangıcı arası süre (I) yeşiller arası süredir. Yeşiller arası süre hepsi kırmızı süre ve sarı sürelerin toplamıdır. Faz başlangıcı yeşiller arası süre başlama zamanı, bitiş ise yeşil süre sonudur. Devre süresi, tüm fazların yeşiller arası süre ile yeşil sürenin toplamından oluşmaktadır (Akçelik, 1993).

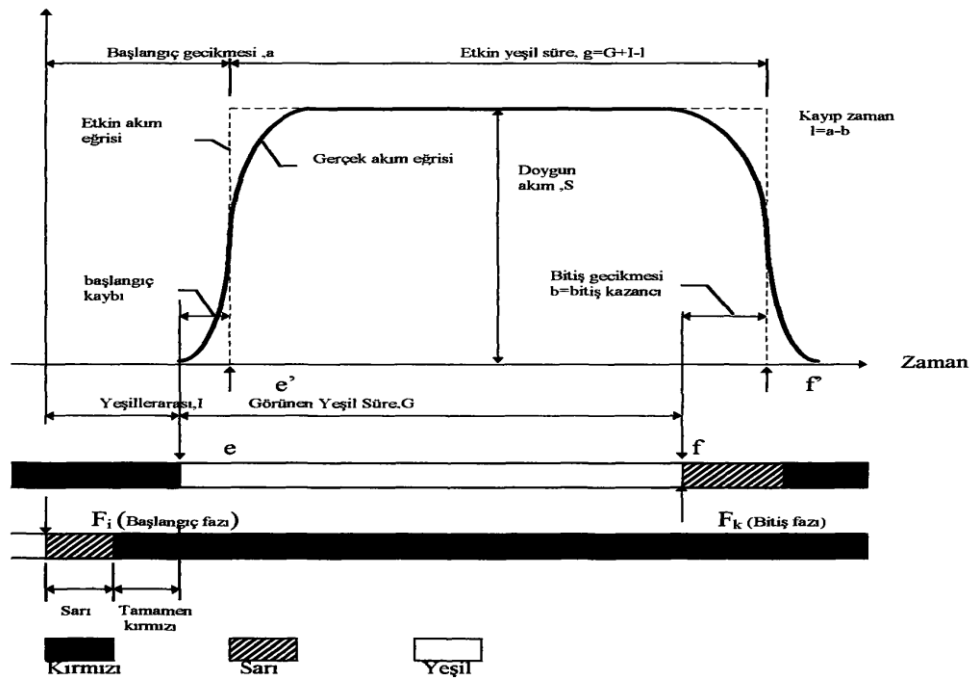
$$C = \sum(I + G) \quad (5.1)$$

I = yeşiller arası süre

G = yeşil süre

5.1.4 Akım Karakteristikleri

Temel akım karakteristikleri; doymuş akım, etkin yeşil süre ve kayıp zamandır.



Şekil 5.2 Temel model ve akımlar (Akçelik, 1993)

Temel modele göre, yeşil ışık yandığında yaklaşım kolundaki araçlar hızla ve sabit oranda kavşağa girer. Bu sabit oran doymun akım (s)'dir. Şekilde kesikli çizgili yükseklik doymun akımı, genişlik de etkin yeşil süreyi belirtir. Görülen yeşil süre başlangıcından etkin yeşil süre başlangıcı çıkarıldığında, başlangıç kaybı (ee') elde edilir. Bu süre başlangıçta hareket eden araçların hareketlerinin yavaş olmasından kaynaklıdır. Ayrıca, doyma akımından sonra yeşil ışığın sönmesi ve sarı ışığın yanması durumunda hareket halindeki taşıtların bulundukları akım kolunun yeşil süreye kattıkları süre ise bitiş kazancıdır (f'f). Şekilde görüldüğü üzere, yeşiller arası süreyle başlangıç gecikmesinin toplamlarından bitiş kazancının çıkarılması ile akım kayıp zamanı elde edilir (Akçelik, 1993).

$$I=I+ee'-ff' \quad (5.2)$$

I=Akım kayıp zamanı,

I= Yeşiller arası süre,

ee'=Başlangıç kaybı,

ff'=Bitiş kazancı.

Akım için etkin yeşil süre, bitiş kazancı ile görünen yeşil sürenin toplamından başlangıç kaybının çıkarılmasıdır.

$$g=G-ee'+ff' \quad (5.3)$$

g= Etkin yeşil süre

G=Görünen yeşil süre

5.1.5 Kritik Akımlar

Kavşak kapasite ve yeşil süre ayarlanmasında etkili akımdır. Fazda en uzun zaman gerektiren akımdır. Maksimum doymunluk derecesine sahip olduğu için sinyalizasyonun bu akıma göre projelendirilmesi uygundur. Kritik akıma bağlı devre süresi,

$$c=\sum(G+ I) \quad (5.4)$$

Veya

$$c=\sum(g+ l) \quad (5.5)$$

Kritik akımı belirlemede faza dayalı kritik akım arama diyagramına bakılır, faz değişim ve süreler yazılarak maksimum süre gerektiren akım kritik akım olarak bulunur.

Kritik akım kayıp sürelerinin toplamı kavşak kayıp zamanı vermektedir (Akçelik, 1993).

5.1.6 Kapasite ve Doygunluk Derecesi

Akım kapasitesi; doygun akım, etkin yeşil süre ve devre ile ilişkisine bağlı olmaktadır.

$$Q=s(g/c) \quad (5.6)$$

Q=kapasite, s= doygun akım, g=etkin yeşil süre, c= devre süresi

Etkin yeşil sürenin devre süresine oranına yeşil zaman oranı (u) denir.

$$u=g/c \quad (5.7)$$

Akım oranı (y); varış hacminin (q) doygun akıma (s) oranıdır.

$$y=q/s \quad (5.8)$$

Akımın doygunluk derecesi (X); hacmin (q), kapasiteye (Q) oranıdır.

$$X=q/Q \quad =qc/sg=y/u \quad (5.9)$$

Yeterli akım kapasitesini elde etmek için,

$$q < Q \text{ veya } X < 1 \text{ yani } q < sg \text{ veya } y < u \text{ olmalıdır.} \quad (5.10)$$

Akım kapasitesi, yeşil süre oranı arttıkça artar.

Y, U ve L kritik akım parametreleri olmak üzere ve toplamaları kritik akımlarda, kavşak yeşil zaman oranı (U), toplam uygun yeşil zamanın (C-L) devre zamanına (C) oranıdır.

$$U = \sum u = (C-L)/C \quad (5.11)$$

Kavşak akım oranı ise;

$$Y = \sum y \quad (5.12)$$

Kavşak doygunluk derecesi (X), yaklaşım kollarındaki akımların maksimum doygunluk derecesi olarak değerlendirilmelidir.

$$X = YC / (C-L) \quad (5.13)$$

Maksimum doygunluk derecesi X, 1,00'den küçük olmalı 0,8-0,9 idealdir.

Herhangi bir akıma tanınan süre(t), etkin yeşil süre (g) ile kayıp süre (I) toplamıdır.

$$t = g + I \quad (5.14)$$

Gerekli akım süreleri

$$t = uc + I \quad (5.15)$$

İlk tahmini devre süresi (u), 100 olarak alınır.

Gerekli yeşil zaman oranı, en büyük kabul edilebilir (pratik) doygunluk derecesi (X_p) hesaplamak için kullanılır. X_p , değeri 0,9 olarak kullanılır (Akçelik, 1993).

$$u = y / X_p \quad (5.16)$$

5.1.7 Avustralya Yöntemiyle Sinyalizasyon Hesabı

5.1.7.1 Devre Hesabı

Sinyalizasyon hesaplarında; kritik akım tanımlaması, kapasite ve zaman hesapları bulunmaktadır. Sırayla aşağıdaki işlemler yapılır (Akçelik, 1993);

1) Akım araştırma çizelgesine sırasıyla; akım numaraları, akımların başlangıç ve bitiş fazları, yeşiller arası süre, minimum yeşil süre, akım hacimleri, doymun akım değerleri, kayıp süreler, minimum gösterilen etkin yeşil süre ve pratik doymunluk derece değerleri girilir.

Tablo 5.2 Kritik akım araştırma tablosu (Akçelik, 1993)

Akım	Başlangıç Fazı	Bitiş Fazı	Yeşillerarası süre	Minimum Gösterilen Yeşil Süre	Hacim	Doymun Akım	Kayıp Süre	Minimum Etkin Yeşil	Pratik Doymunluk Derecesi

Daha sonra, her akım için $y=q/s$, $u=y/X_p$, $(100u+1)$ ve (g_m+I) değerleri hesaplanır. Gerekli hareket süresi t için, $(100u+1)$ ya da (g_m+I) değerleri karşılaştırılarak maksimum olanı seçilir.

Yaya akımları için (y) ve (u) değerleri sıfır alınır ve $t=g_m+I$ değeri kullanılır.

2) Kritik akım diyagramı çizilir.

3) Her fazda tekrarsız akımların (t) değerlerinden maksimumu seçilir. Aynı akımda geçiş hakkı olan tekrarlı akımların (t) değeri karşılaştırılır, en yüksek (t) değerli akım alınır ve kritik akım diyagramındaki en uzun yol elde edilir.

4) Kayıp süre (L), akım oranı (Y) ve yeşil süre oranı (U) değerleri hesaplanır.

5)Pratik ve optimum devre süreleri hesaplanır;

$$C_o = \frac{(1,4+k)L+6}{1-Y} \quad (5.17)$$

Do: Optimum devre süresi (sn.)

L: Kavşak kayıp süresi, (Σ Yeşiller arası süre+ Σ başlangıç kaybı– Σ son kazancı), (sn.)

Y: Kavşak akım oranı (Σy_i)

K: Park cezası katsayısı (en düşük yakıt tüketimi için $k=0,4$; gecikme zamanı değerinin dahil olduğu en düşük maliyet için $k=0,2$; en düşük gecikme değeri için $k=0$ kullanılabilir.)

En yüksek kabul edilebilir doygunluk derecesinden düşük doygunluk derecesine sahip akımlarda en düşük devre süresini pratik devre süresi verir.

$$C_p = \frac{L}{1-U} \quad (5.18)$$

6)Pratikte C_o ve C_p arasında uygun devre süresi seçilir ve seçilen devre süresinin (120-150 sn) arasında olması istenir.

7)Kritik akıların devre süresine bağlı olduğu durumlar için önce ($uc+I$) değeri bulunur ve (g_m+I) ile karşılaştırılır. Yüksek değer, gereken (t) değeridir. Kritik akım arama işlemi yapılarak değişikliklere bakılır.

8) Faz yeşil zamanları bulunur;

$$g = \left(\frac{c-L}{U} \right) u \quad (5.19)$$

Denklemleri ile kritik akımın etkin yeşil ile kritik olmayan akımların ise (g) değerleri bulunur.

Fazda, iki tekrarsız akım varsa kritik olmayan akımın g değeri;

$$g=(g_c+I_c)-I \text{ denklemiyle bulunur.} \quad (5.20)$$

Kritik akım iki faz süren tekrarlı akımsa bu akım bir alt devre (c') olarak alınır.

$$c^*=g_c + I_c \quad (5.21)$$

Böylece eldeki toplam yeşil süre (c*-L*) dir.

L'=Tekrarsız akımların kayıp süresi, şöyle dağıtılır.

$$g = \left(\frac{c^*-L^*}{U^*} \right) u \quad (5.22)$$

U*=Tekrarsız akımların yeşil zaman oranı toplamıdır

İki faz boyunca devam eden akım kritik akım değilse, tekrarsız akım kritik akımsa tekrarlı akım (g) değeri;

$$g=(\sum g_c + \sum I_c) - I \text{ olur.} \quad (5.23)$$

$\sum g_c$ ve $\sum I_c$ tekrarsız akımlarının (g) ve (I) değerleri toplamı, (I) ise tekrarlı akım kayıp süresidir.

Yeşil süre;

$$G=(g+I) - I \text{ olur.} \quad (5.24)$$

9) Akımların doygunluk dereceleri;

$$X = (g/c)y \quad (5.25)$$

Denklemleri yardımıyla bulunur ve $X \leq X_p$ koşulunun sağlanıp sağlanmadığına bakılır.

5.1.7.2 Doygun Akım ve Kayıp Zaman Hesabı

Doygun akım değerleri arazide gözlem veya çizelgelerden faydalanılarak hesap edilir.

$$s = (f_w * f_g / f_c) * s_b \quad (5.26)$$

s = düzeltilmiş doygun akım (taşıt/sa)

s_b = temel doygun akım (birim otomobil / saat)

f_w = şerit genişlik katsayısı

f_g = eğim katsayısı

f_c = trafik kompozisyon katsayısı

Tablo 5.3 Temel doygun akım (s_b) tablosu (Akçelik, 1993)

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

Sınıf A: Serbest taşıt hareketi, görüş iyi, kavşakta indirme bindirme yok ve yaya sayısı çok az,

Sınıf B: Yeterli kavsak geometrisi, fazla olmayan yaya sayısı, indir-bindir bulunmakta, yerleşim bölgelerine giren ve çıkan taşıtlar,

Sınıf C: Yaya sayısı çok fazla, kötü görüş, bekleyen taşıtların etkisi, yüksek oranda park yapma,

Şerit Tipleri:

Tür 1: Doğru şerit, sadece doğru giden trafiğe hizmet eden şerit,

Tür 2: Her türden dönüş trafiğine hizmet eden şerit,

Tür 3: Kısıtlı dönüş şeridi, 2 no'lu şerit gibi ancak dönüş yarıçapı küçük ve yaya geçişleri bulunmaktadır.

Tablo 5.4 şerit genişliği düzeltme katsayısı tablosu (Akçelik, 1993)

Fw	W
1,0	3,00-3,70 m
$0,55+0,14*w$	$<3,00$ m
$0,83+0,05*w$	$>3,70$ m

w = şerit genişliği (m.)

$$\text{Eğim düzeltme katsayısı: } fg = 1 \pm 0,5 * (Gr / 100) \quad (5.27)$$

Gr = yüzde olarak eğim

Trafik kompozisyonu

fc: Trafik kompozisyonu düzeltme faktörü

$$fc = (\Sigma (ei * qi)) / q \quad (5.28)$$

qi = dönüştürülecek taşıt türü için trafik hacmi

q = toplam hacim

ei = i tipi için doğru giden taşıt eşdeğeri

Tablo 5.5 Trafik kompozisyonu katsayısı tablosu (Akçelik, 1993)

		Çatışmadan Dönen	Çatışan Dönen
	Doğru	Normal-Kısıtlı	
Otomobil	1	1-1,25	e ₀
Ağır Taşıt	2	2-2,25	e ₀ +2

Normal = Dönüş yarıçapları yeterince büyük ve yaya geçişleri bulunmayan dönüşler,

Kısıtlı = Dönüş yarıçapları daha düşük ve yaya geçişleri bulunan geçişler,

Çatışan Dönüşler = Sinyal zamanlamasına ve çatışan akım karakteristiğine bağlı değişmektedir.

Çatışan Dönüşler

Aşağıda tanımlanmıştır.

- Filtre sola dönüşler (karşıdan gelen araçlarla çatışan),
- Yayalara yol vererek tek yönlü bir yoldan sağa veya sola dönüşler,
- Filtre sağa dönüşler,
- Kırmızıda sağa dönüş kuralı,
- Çatışan dönüş durumları,

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

$$e_0 = \frac{0,5 \cdot g}{s_u \cdot g_u \cdot n_f} \quad (5.29)$$

g = çatışan akım için yeşil süre,

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

g_u = karşılaşılan akımda doymuş olmadan geçen yeşil süre,

n_f = paylaşılan şeritten yeşilden sonra geçen araç sayısı

5.1.7.3 Performans Ölçümleri

Sinyalize kavşaklarda performans ölçümleri; gecikme, duran araç sayısı, yakıt tüketimi gibi faktörlerdir.

Gecikme, kavşağa yaklaşan taşıtın bekleyerek yaptığı seyir süresinden beklemeden yaptığı seyir süresinin çıkarılmasıdır. Bu da taşıtların yavaşlaması ve hızlanması sırasındaki gecikmesi ile kuyruktaki gecikmesini içerir.

Akımda ortalama gecikmeyi bulmak için öncelikle akımın oluşturduğu kuyruk uzunluğu hesaplanmalıdır.

$$N_0 = \frac{Q \cdot T_f}{4} \left(z + \sqrt{z^2 + \frac{12(x-x_0)}{Q \cdot T_f}} \right) \quad (5.30)$$

Eğer $X_0 > X$ ise N_0 değeri 0 olur.

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

Q = devre kapasitesi (taşıt / saat)

T_f = ortalama akımın 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.

$$X_0 = 0,67 + sg/600 \quad (5.31)$$

s =araç/saniye cinsinden doygun akım

g =etkin yeşil

Sabit zamanlı ve izole bir kavşakta gecikme;

$$D = \frac{q * C * (1-u)^2}{2 * (1-y)} + x * N_0 \quad (5.32)$$

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_0 = ortalama aşırı kuyruk (taşıt olarak)

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

Araç başına ortalama gecikme;

$$D = D/q \quad (5.33)$$

D = Toplam gecikme,

q =Araç/saniye cinsinden akım.

Kavşaktan geçiş yapan akım kapasitesi, söz konusu akıma ait etkin yeşil sürenin devre süresine oranı ile doymun akımın çarpımına eşittir. Akıma ait etkin yeşil süre ise, toplam yeşil süreden kayıp sürelerin çıkarılmasına eşittir (Webster, 1996).

$$Q=(g/c)S \quad (5.34)$$

$$g=G-l \quad (5.35)$$

G = Yeşil ve sarı periyod (sn)

g = Etkin yeşil süre (sn)

C =Devre süresi (sn)

l = Kayıp süre (sn)

S = Doymun Akım (araç/saat)

Doymun Akım Değeri: Doymun akım değeri hesaplamada çeşitli geometrik ve çevresel etkiler olmaktadır. Temel doymun akım, kavşağın kol genişliğine bağlı bulunur eğim, trafik kompozisyonu, sağa ve sola dönen trafik, park şerit etkisi ve yaya etkisi faktörlere göre düzeltilir.

Yaklaşım Kolu Etkisi: Doymun akım değeri, kavşak yaklaşım kolu genişliği ile doğru orantılıdır. Genişlik arttıkça doymun akım değeri artar.

$$s=160*w_a \quad (5.36)$$

s = Doymun akım (bo/sa)

w_a =Kavşak yaklaşım kolu genişliği (ft)

Tablo 5.6 Kavşak kolu genişliğine göre doymun akım değeri (Webster ve Cobbe, 1966)

w_a (ft)	10	11	12	13	14	15	16	17
s (bo/sa)	1850	1875	1900	1950	2075	2250	2475	2700

Eğim Etkisi: Doygun akım değeri, %1’lik çıkış eğiminde %3 oranında azaldığı, %1’lik her eğimindeyse %3 oranında arttığı gözlemlenmiştir. Ölçüm olarak, eğim duruş hattı ile önceki 200 ft’lik mesafe arası alınır.

Trafik Kompozisyon Etkisi: Doygun akıma farklı araç çeşitlerinin etkileri farklı olduğundan bütün araç çeşitleri otomobil birim eşdeğerine göre değerlendirilir.

Tablo 5.7 Farklı türdeki taşıtların otomobil birim eşdeğeri (Webster ve Cobbe, 1996)

1 ağır yük taşıyan araç	1,75 bo (birim otomobil)
1 otobüs	2,25 bo
1 tramvay	2,50 bo
1 hafif taşıt	1,00 bo
1 motosiklet	0,33 bo
1 bisiklet	0,20 bo

Sola Dönen Trafik Etkisi: Zıt yönde sola dönen trafik, kavşakta trafik kitlenmesine yol açıyorsa kavşak kapasitesini olumsuz etkiler. Zıt yönde sola dönüş ile ilgili dört durum söz konusudur.

a) Eğer, zıt yönde akım ve özel sola dönüş şeridi yoksa dönüş akımı değerlendirmeye alınmadan doygun akım tahmini yapılır.

b) Eğer, zıt yön akımı yok ve özel sola dönüş şeridi var ise, sola dönen akımın doygun akım hesabı ayrı yapılır ve dik açıda dönen bir akım doygun akım dönüş yarıçapına bağlı olup, dönüş yarıçapı (R) şöyle hesaplanır;

$$\text{Sola dönüş şeridi tek şerit, } S = \frac{1800}{1 + \frac{5}{R}} \text{ bo/sa} \quad (5.37)$$

$$\text{Sola dönüş şeridi çift şerit, } S = \frac{3000}{1 + \frac{5}{R}} \text{ bo/sa} \quad (5.38)$$

c) Zıt yönde akım bulunmakta ve tekil sola dönüş şeridi yok ise, sola dönen trafik için üç durum gözlemlenmektedir. İlk durum, zıt trafikten dolayı taşıtlar kendilerinin ve diğer taşıtların gecikmesine sebep olurlar. İkinci durum, sola dönen taşıtlar direkt geçen taşıtların gecikmesine yol açarlar. Üçüncü durum, yeşil periyod sonunda kavşakta halen sola dönüş yapan taşıtlar olduğundan tahliye için süre işgal ederek geçiş fazının geç başlamasına yol açar.

d) Zıt yönde akım ve özel sola dönüş şeridi bulunmaktaysa, aynı yaklaşım kolunu kullanan düz geçen trafikte gecikmeler olmamalıdır. Ancak sola dönen trafikte geçiş fazında etki olabilir ve (c) deki şekilde hesaplanır.

Sağa Dönen Trafik Etkisi: Sağa dönüş yapan taşıtların doygun akıma etkileri; dönüş keskinliği, yaya akımı ve dönüş sayısına bağlı olmaktadır. Eğer sağa dönen taşıtlar akım toplamımın %10'undan daha azsa düzeltme işlemi yapılmaz, ancak sağa dönen taşıtlar akımın %10'undan fazlaysa sağa dönen 1 araç, düz geçen 1,25 araca eşit olarak değerlendirilecektir.

Yaya Etkisi: Eğer kavşaktan geçen yaya sayısı çok fazlaysa farklı bir faz düzenlenmeli ve sola dönen trafiğe etkisine bakılmalıdır.

Park Şeridi Etkisi: Eğer, kavşak dur çizgisinde park eden araç bulunuyorsa, yolun genişliği park genişliği kadar azaltılmalıdır.

$$W_{\text{kayıp}} = 5,5 - \frac{0,9(z-25)}{g} \quad (5.39)$$

$W_{\text{kayıp}}$ = Kayıp yol genişliği

Bölge Etkisi: Yöre etkisi; kötü, orta ve iyi olmaktadır.

Tablo 5.8 Doygun akıma bölge etkisi (Murat, 1996).

Bölge	Tanım	Doygun Akıma Etkisi (%)
İyi	Yayalar, park etmiş taşıtlar, sola dönen trafikle önemsiz girişim. İyi görüş ve yeterli dönüş yarıçapı	120
Orta	Ortalama görünüm. İyi ve kötü durumların bazı karakteristikleri	10
Kötü	Ortalama hızda düşme. Duran taşıtlar, yayalar ve sola dönen taşıtlarla girişim. Kötü görünüm.	85

5.2.2 Kayıp Zaman

Bu yöntemde devre süresi uzunluğu hesabında, kavşakta taşıt başına ortalama gecikmeyi minimum yapan devre süresi uzunluğu, kayıp zaman ve fazların kullanılma miktarına bağlıdır. Londra’da kayıp zamanın tespiti için yapılan çalışmalarda ortalama bir sinyal devresinde başlangıç gecikmesi ve yavaşlayan akımın sebep olacağı kayıp zamanların her bir faz için yaklaşık olarak 2 saniye olduğu fakat değişkenler fazla olduğundan 0-7 sn olabileceği görülmüştür (Murat, 1996).

Kavşakta i. koldan geçen taşıt miktarı Q_i (taşıt/saat) ise ve kavşakta i. koldan geçebilecek taşıt miktarı, mevcut yol koşullarına göre S_i ise doyumluk derecesi veya oranı;

$$y = \frac{q}{\lambda * s} \quad (5.40)$$

λ =Etkin yeşil sürenin devre süresine oranı (g/c)

5.2.3 Gecikme

Sinyalizasyon sisteminde tekil yaklaşım kolundaki gecikme hesaplarında; çeşitli akımlar, doygun akım ve sinyal düzenlemesi değerlendirilerek formülize edilmiştir

$$d = \frac{c(1-\lambda)^2}{2(1-\lambda x)} + \frac{x^2}{2q(1-x)} - 0,65 \left(\frac{c}{q^2} \right)^{\frac{1}{3}} x^{(2-5\lambda)} \quad (5.41)$$

d= Her koldaki her bir taşıt için ortalama gecikme

λ =Etkin yeşil sürenin devre süresine oranı (g/c)

x = Doygunluk derecesini verir. Doygunluk derecesi, akımın maksimum mümkün akıma oranı olup, $x=q/\lambda S$ ile ifade edilir.

Denklemin son kısmı gecikmenin %5-15'i arasındaki değeri ifade eder. Gecikme denklemini;

$$d = \frac{9}{10} \left(\frac{c(1-\lambda)^2}{2(1-\lambda x)} + \frac{x^2}{2q(1-x)} \right) \quad (5.42)$$

Şeklinde olacaktır. Ayrıca denklem daha da basitleştirilerek;

$$d = cA + \frac{B}{q} - C \quad (5.43)$$

Şeklinde gösterilir.

Burada; $A = \frac{(1-\lambda)^2}{2(1-\lambda x)}$, $B = \frac{x^2}{2(1-x)}$ ve C üçüncü terimdir. A, B ve C değerleri çizelgelerle hesaplanır.

5.2.4 Devre Süresi

Genelde y , varış akımın doygun akıma oranı olarak en düşük devre süresi;

$$C_{\min} = \frac{L}{1-Y} \quad (5.44)$$

Şeklinde hesap edilir. Burada Y ve L değerleri yaklaşım kolu için değerlerin toplamıdır.

Optimum devre süresi hesabında, önce kayıp zamanı en düşük olan kollar seçilir,

$$C_{opt} = \frac{\emptyset L + 5}{1 - Y} \quad (5.45)$$

ile tanımlanır. Formülde $\emptyset = 1,5$ alınır.

5.2.5 Yeşil Süresi

İngiliz (Webster) yönteminde yeşil süre hesabı için etkin yeşil sürelerin birbirine oranı ile y değerlerinin oranı eşitlenir.

$$g_i = \frac{y_i}{y} (c - L) \quad (5.46)$$

Formülü ile yeşil süre hesap edilir.

BÖLÜM ALTI

TEK YÖN VE ÇİFT YÖN SİSTEMLERLE İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALAR

Tek yön ve çift yön sistemlerinin kapasite, hacim, gecikme, kaza oranı, seyahat süresi ve hız değişimine bağlı olarak karşılaştırıldığı çalışmalar incelendiğinde:

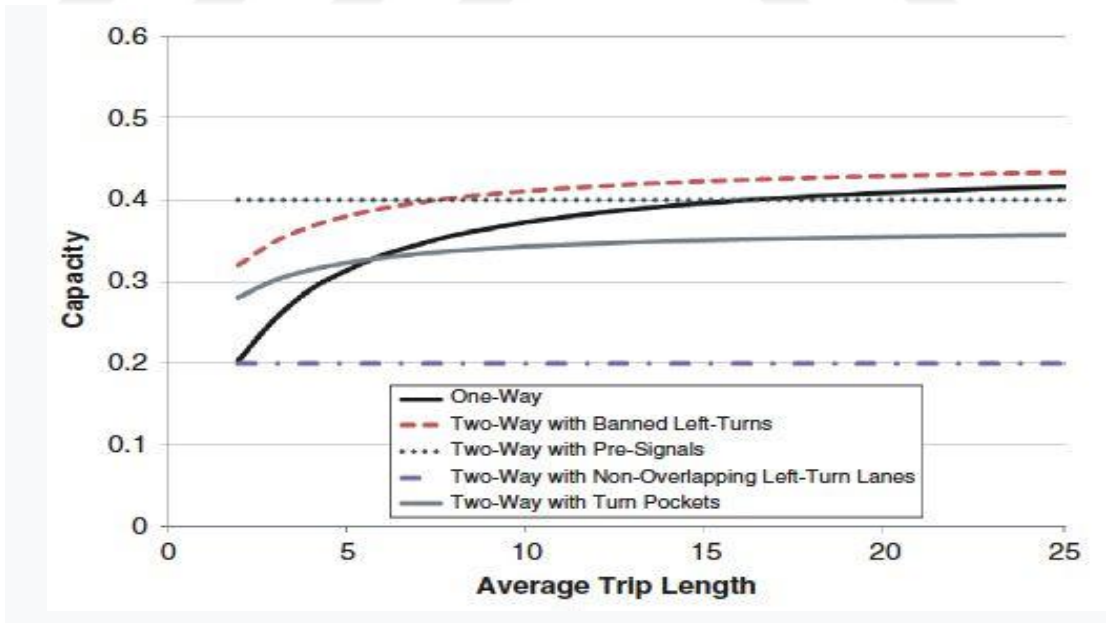
Tek yön, çift yön sistemlerin dönüşüm öncesi ve sonrasına ait farklı zamanlarda yapılan çalışmalarda taşıt gecikmelerinde bazı bölgelerde tek yön sistemlerin bazısında ise çift yön sistemlerin avantaj sağladığı tespit edilmiştir.

Karagheuzoff (1972), tek yön sistemlerin arterlerde %66 ve kavşaklarda %50 oranında gecikmeleri, %22 ila %33 oranında ise toplam seyahat süresini azalttığını tespit etti. Levin (2002), tek yön sistemden çift yöne dönüştürülen dokuz arter üzerinde yaptığı çalışmada dönüşüm sonrasında gecikmelerin %23 arttığını tespit etti. Güldamlası (2007), tek yönden çift yöne dönüştürülen sistem üzerinde yaptığı çalışmada, dönüşüm sonrasında gecikme değerlerinin düştüğünü ve daha kısa kuyruklanmalar oluştuğunu saptadı. Gayah ve Daganzo (2012), tek yön sistemlerin sürücülerde kafa karışıklığına sebep olarak seyahat mesafesini uzattığını tespit etmişlerdir.

Tek yön, çift yön sistemlerin kapasite değerlerinin karşılaştırıldığı çalışmalarda; kapasite değerinde genelde tek yön sistemlerin olumlu sonuçlar verdiği, ancak kısa mesafeli seyahatlerde çift yön sistemlerin daha avantajlı olduğu görülmüştür.

Chiu, Zhou ve Hernandez (2007), benzetim programı kullanarak tek yön ve çift yön sistemler üzerinde yaptıkları çalışmada, çift yön sistemlerin kapasitelerinin daha düşük olduğunu tespit ettiler. U.S.A. Devlet Otoyolları Trafik Mühendisliği Bölümü verilerinde (1952), çift yön sistemden tek yöne dönüşümden sonra yol kapasitesinin %30 oranında arttığı belirtilmiştir. Gayah ve Daganzo (2012), tek yön ve çift yön sistemlerde yaptıkları incelemelerde çift yön sistemlerin özellikle kısa seyahat mesafelerinde daha yüksek kapasitede hizmet verdiğini ayrıca sola dönüş yasaklı çift

yön sistemlerin uzun seyahat mesafelerinde bile tek yön sistemlerden daha yüksek kapasitede hizmet verdiği sonucuna vardılar. Hocherman, Hakkert ve Ziv (1990), tek yön sistemlerin şehir merkezinde trafik yoğunluğunun yüksek olduğu yollarda kapasiteyi arttırdığını saptadılar. Walker, Kulash ve Hugh (1983), tek yön sistemden çift yöne dönüştürülen arter üzerinde yaptıkları çalışmada kapasitenin %10 ila %20 oranında azaldığını görmüşlerdir. Minneapolis Kamu Hizmetleri Birimi (2010), çift yön sistemden tek yöne dönüştürülen arterler üzerinde yaptığı çalışmada dönüşüm sonrasında kapasitenin arttığını tespit etmiştir. Howe (2016), bölgeye aşinalığın tek-çift yön sistem üzerine etkilerini incelemek üzere yaptığı çalışma sonucunda; bölgeye aşina olmayan sürücüler için tek yön sistemin daha verimli olacağı sonucun elde etmiştir. Chiu, Zhou ve Hernandez (2007), simülasyon programı kullanarak tek yön ve çift yön sistemler üzerinde yaptıkları çalışmada çift yön sistemlerin daha yüksek performans değerleri gösterdiğini saptadılar. Howe (2016); bölgeye aşinalığı olmayan sürücülerin tek ve çift yön yollarda davranışlarını incelemek üzere simülasyon programında gerçekleştirdiği çalışmada, tek yön yolların daha yüksek performans değeri gösterdiği sonucuna ulaşmıştır.



Şekil 6.1 Tek yön, çift yön sistemlerin kapasite ve ortalama seyahat uzunluğuna etkisi (Gahay, 2013)

Şekil 6.1'de, kapasite ve ortalama seyahat uzunluğu arasındaki ilişkisinin yol üzerinde uygulanan yönetim çeşidine (tek yön yol, sola dönüş yasaklı çift yön, dönüş

cepli çift yön, sol dönüş şeritleri örtüşmeyen çift yön ve sinyal öncesi çift yön yol) göre değişimi gösterilmektedir. Grafikte kısa seyahat mesafelerinde çift yön yolların tek yön yollardan daha yüksek kapasite değeri gösterdiği görülmektedir. Seyahat mesafesi arttıkça tek yön yolların çift yön yollardan daha yüksek kapasite değerine ulaştığı ancak hiçbir zaman çift yön sola dönüş yasaklı yol kadar yüksek kapasite değeri göstermediği görülmektedir.

Tek yön, çift yön sistemlerin trafik hacimlerinin karşılaştırılması üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde; bazı bölgelerde tek yön sistemlerin, bazılarında ise çift yön sistemlerin yüksek trafik hacmi gösterdiği görülmüştür.

Hocherman, Hakkert ve Ziv (1990); tek yön, çift yön sistemlerin birbirine yakın taşıt ve yaya hacimleri verdiğini belirlediler. Hart (1998), tek yönden çift yöne dönüştürülen arter üzerinde yaptığı çalışmada toplam araç hacminde herhangi bir değişiklik olmadığını saptamıştır. Ranger ve Gilderbloom (2015); tek yön sistemden çift yöne dönüştürülen arter üzerinde yaptığı çalışmada trafik hacminde %40 artış olduğu sonucuna varmışlardır. Dorroh ve Kochever (1996); tek yönden çift yöne dönüştürülen arter üzerinde yaptığı çalışmada, dönüşüm öncesi, 6.000 ta/gün olan trafik hacminin dönüşümden sonra 11.600 ta/gün olduğunu saptadılar. Launceston şehir merkezinde (2014); simülasyon programı kullanılarak yapılan çalışma sonucunda, tek yön sistemden çift yöne dönüşüm sonrasında bazı kavşaklarda trafik hacimlerinin arttığı bazısında ise azaldığı sonucuna varılmıştır. Gheorghe (2014), tek yönden çift yöne dönüştürülen arter üzerinde yaptığı çalışmada; trafik hacminin arttığı sonucunu elde etmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 6.1 üzerinde gösterilmektedir.

Tablo 6.1 Tek yön/çift yön sistem trafik hacimleri. (Gheorghe, 2014)

<u>Bölüm Adı</u>	<u>Uzunluk</u>	<u>Tek Yön Sistem</u> <u>Hacim</u>	<u>Çift Yön Sistem</u> <u>Hacim</u>
Toamnei Sokak	0,35 km	495 ta/sa	421 ta/sa
Kogalniceanu Bulvarı	0,75 km	935 ta/sa	795 ta/sa
15 Noiembrie Bulvarı	0,55 km	769 ta/sa	653 ta/sa

Tek yön yollar üzerinde oluşturulan sinyalizasyon kavşakların, daha az sayıda kesişim noktası bulundurması nedeniyle kaza olma olasılığını azaltmaktadır. Ancak tek yönlü arterlerde taşıt hızlarının daha yüksek olması, meydana gelebilecek yaralanmalı kaza şiddetini arttırmaktadır.

Riggs ve Gilderbloom (2017), tek yön sistemlerde meydana gelen yaralanmalı kaza oranlarının çift yön sistemlerden %100 daha fazla olduğunu belirlediler. Porter M. ve Porter S. (2018), tek yön sistemlerde kaza oranlarının %100 arttığını saptadılar. Riggs ve Gilderbloom (2015), tek yön sistemden çift yön sisteme dönüşüm sonrasında kaza oranlarında azalmalar olduğunu belirlediler. Hocherman, Hakkert ve Ziv (1990), şehir merkezinde trafik yoğunluğunun fazla olduğu bölgelerde tek yön sistemlerinde taşıt ve yaya kaza oranlarının düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Minneapolis Kamu Hizmetleri Birimi (2010); tek yön sistemden çift yöne dönüştürülen arter üzerinde yaptığı çalışmada, bisiklet kazalarında önemli miktarda, toplam kaza sayısında ise % 9 oranında azalma olduğunu saptadı. Wiley (1959), çift yön sistemden tek yöne dönüştürülen kavşak üzerinde yaptığı çalışmada kavşaklarda yaya kazalarında %25 azalma olduğu sonucunu elde etmiştir. Karagheuzoff (1972), çift yön sistemden tek yöne dönüştürülen kavşak üzerinde yaptığı çalışmada, kavşaklarda kaza oranlarında %22 azalma olduğunu belirtmiştir. Hart (1998), tek yön sistemden çift yöne dönüştürülen arter üzerinde yaptığı çalışmada kaza oranlarında değişiklik olmadığını saptadı. Faustman (1950), çift yön sistemden tek yön sisteme dönüştürülen arterde kaza oranının %14 azaldığı sonucunu elde etmiştir. Fowler (1953); çift yönden tek yöne dönüştürülen sistem üzerinde yaptığı çalışmada kavşaklarda %51, arterlerde ise %37 oranında daha az kaza olduğunu saptamıştır. Pflum ve Klausmeier (1999), Tek yön sistemden çift yöne dönüştürülen arter üzerinde yaptığı çalışmada dönüşümden 3 yıl sonra kaza oranlarında % 33 artış olduğunu tespit ettiler. Ranger ve Gilderbloom (2015), tek yön sistemden çift yöne dönüştürülen arter üzerinde yaptığı çalışmada kaza oranlarında azalma olduğu sonucunu elde etmişlerdir. Bacon (2009), tek yön sistemden çift yöne dönüşümün yaya kazalarında azalmaları sağlayarak yaya güvenliğini arttırdığını belirledi. Wazana ve diğer. (2000), çocuk yaya kazaları bakımından karşılaştırdıkları tek yön ve çift yön sistemlerde, tek yön sistemlerde

yaralanmalı çocuk kazalarının çift yön sistemlerden %150-200 daha fazla olduğunu tespit ettiler.

Tek yön sistemler trafik yönlerini ayırdığı, daha geniş şeritlere sahip olduğu ve karşı yönden gelen araç trafiği olmadığı için sürücülere daha hızlı araç kullanma imkanı sağlamaktadır.

Hocherman, Hakkert ve Ziv (1990), kent merkezinde tek yön sistemde taşıt hızlarının daha yüksek olduğunu belirlediler. Güldamlaşı (2007), tek yönden çift yöne dönüştürülen sistem üzerinde yaptığı çalışmada, dönüşüm sonrasında araç hızlarında artış olduğunu tespit etti. Walker (2000), tek yön yol ağının, yaklaşık olarak çift yön yol ağına oranla % 120 ila %160 dönüş hareketi sağladığından, seyahat mesafesinde yaklaşık olarak % 20 ila %60 oranında artış gösterdiği sonucuna vardı. Meng ve Thu (2004), tek yön sistemlerde toplam seyahat mesafesi çift yön sistemlerden %20 daha fazla olmasına rağmen, tek yön sistemlerde ortalama hızın daha yüksek ve gecikmelerin daha düşük olduğunu saptadılar. Homburger (1982), çift yön sistemden tek yöne dönüştürülen arter üzerinde yaptığı çalışmada %30 oranında hız artışı olduğunu belirledi. Sisiopiku ve Chemmannur (2005), tek yön sistemden çift yöne dönüştürülen arter üzerinde yaptığı çalışmada taşıt hızlarının artış gösterdiğini tespit ettiler. Chiu, Zhou ve Hernandez (2007), benzetim programı kullanarak tek yön ve çift yön sistemler üzerinde yaptıkları çalışmada çift yön sistemlerin taşıt hızlarının ortalama %17 düşmesine yol açtığı sonucuna vardılar. Meng ve Thu (2004); simülasyon programı kullanarak tek-çift yön sistemler üzerinde yaptıkları çalışmada, tek yön sistemlerin daha yüksek ortalama hız ve düşük gecikme değerleri gösterdiklerini ancak yaya güvenliği açısından çift yön sistemlerin daha avantajlı olduğunu belirlediler. Case (2017); tek yön ve çift yön sistemler üzerinde yaptığı çalışmada, çift yön sistemlerde ortalama seyahat süresinin daha az olduğunu belirledi. Baco (2009), tek ve çift yön sistemler üzerinde yaptığı çalışmada tek yön sistemlerde ortalama seyahat hızının daha yüksek olduğu sonucuna vardı. Gheorghe (2014); tek yön sistemden çift yöne dönüştürülen arterler üzerinde yaptığı çalışmada, ortalama seyahat hızının düştüğü sonucunu elde etmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 6.2 üzerinde gösterilmektedir.

Tablo 6.2 Tek yön/çift yön sistem ortalama trafik hız değerleri (Gheorghe, 2014)

<u>Bölüm Adı</u>	<u>Tek Yön (Ort. Hız)</u>	<u>Çift Yön (Ort. Hız)</u>
Toamnei Sokak	44 km/sa	32 km/sa
Kogalniceanu Bulv.	50 km/sa	40 km/sa
15 Noiembrie Bulv.	50 km/sa	42 km/sa

BÖLÜM YEDİ

ARAZİ ÇALIŞMALARI

7.1 Çalışma Bölgesinin Tanıtımı

Çalışma Bölgesi; İzmir İli, Konak İlçesi sınırları içerisinde bulunmaktadır. Gün içinde taşıt ve yaya trafiğinin yoğun olduğu bir bölgedir. Bölgede taşıt ve yaya trafik yoğunluğuna sebep olan başlıca tarihi, turistik ve ticari bölgeler:

1)Kemeraltı Senti: Dünyanın en eski ve en büyük açık hava çarşısı olma özelliğine sahip; batısı Konak Pier Köprüsü, doğusu Çankaya Kavşağı, güneyi İkiçeşmelik Öğretmen Evi ile sınırlı, Varyant ile Konak Meydanı'nı bağlar. İzmir ticaret hayatının merkezi olan çarşıda bulunan dükkânlar daha çok yerli halkın gereksinimini karşıladığından dolayı gün içinde yoğun yaya trafiği görülmektedir. Çarşıya 15 Temmuz 2018 'den itibaren taşıt giriş çıkışı sınırlandırılarak, daha çok yaya trafiğinin kullanımına açılmıştır.

2)Basmane Garı: Osmanlı Devleti zamanında Anadolu'ya açılış yapılan ilk demiryolu hattının başlangıç noktası olan Basmane Garı'nın girişi, Fevzi Paşa Bulvarı'nın batısıdır. Basmane Garı, şehir dışı tren seferleri ve şehir içi metro hattı hattını bulundurduğundan yoğun yaya trafiği görülmektedir.

3)İzmir Enternasyonal Fuarı: Gazi Paşa Bulvarının batısında bulunmaktadır. Fuarda, her yıl Ağustos ve Eylül aylarını içine alacak şekilde etkinlikler düzenlenmektedir. Belli sektörle kısıtlı kalmamakta, ithalat ve ihracat potansiyeli olan ürünler fuar etkinliği içinde ağırlıklı yer edinmektedir. Etkinlik tarihleri dışında da yürüyüş alanları, park gibi sosyal yaşam alanları bulunduğundan dolayı sürekli ziyaretçi yoğunluğu görülmektedir.

4)Atatürk Meydanı (Konak Meydanı): İzmir İlinin üç önemli meydanlarından birisi ve en eski meydanıdır. Tarihi iki yüzyıl önceye kadar dayanmaktadır. Konak Yalı Camii, İzmir Saat Kulesi, İzmir Valiliği, İzmir Büyükşehir Belediyesi ve ayrıca

birçok Kamu-Özel Kurumların bulunduğu Konak Meydanı şehrin gün içinde yaya yoğunluğunun en fazla olduğu bölgesidir.

Çalışma bölgesi olan Fevzi Paşa Bulvarının; doğusunda Basmane Garı, batısında Atatürk Meydanı, güneyinde Kemeraltı Çarşısı bulunmaktadır. Gazi Bulvarının; batısında İzmir Enternasyonal Fuarı, güneyinde ise Fevzi Paşa Bulvarı bulunmaktadır.

2003 yılında tek yönden çift yön işletmeye dönüştürülen Fevzi Paşa ve Gazi Bulvarları; Fahrettin Altay-Halkapınar Tramvay hat döşeme çalışmaları kapsamında, İzmir Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Koordinasyon Merkezi (UKOME) kararı ile 19 Ekim 2017 tarihinde Fevzi Paşa Bulvarı ve 27 Aralık 2017 tarihinden itibaren ise Gazi Bulvarı yeniden tek yön işletmeye dönüştürülmüştür.

Yaklaşık 1,00 km uzunluğunda olan Fevzi Paşa Bulvarında trafik akımı doğu-batı yönünde iken, yaklaşık 0,90 km uzunluğunda olan Gazi Bulvarında ise akım batı-doğu yönündedir. Fevzi Paşa Bulvarı'nda; yol genişlikleri değişmemiş, iki akım yönü arasındaki fiziksel engeller kaldırılarak yol alanına katılmıştır. Gazi Bulvarında da yol genişlikleri değişmemiş sadece iki akım arasındaki yol alanına tramvay hattı yapılmıştır.

Fevzi Paşa Bulvarında dört, Gazi Bulvarında ise dört olmak üzere toplamda sekiz kavşakta gözlem ve kamera ile trafik verisi alınmıştır. Basmane ve Borsa Kavşakları üçayaklı diğerleri ise dört ayaklı sinyalizasyon eşdüzey kavşaklardır. Yaya geçişleri sinyalizasyon yardımıyla yaya geçidinden, yaya butonu kullanılarak yapılmaktadır.

Çalışma bölgesindeki kavşakların tamamı izole sistem ve değişken zamanlı devre süresi ile hizmet vermektedir. Devre süreleri, kavşaklarda bulunan efektli kamera ve loop detektör ile elde edilen trafik verilerine göre ayarlanmaktadır.



Şekil 7.1 Çalışma bölgesi (Google Earth görüntüsü)

7.2 Kavşakların Tanıtımı

Vakıflar Kavşağı:



Şekil 7.2 Vakıflar Kavşağı, tek yön sistem (Kişisel arşiv, 2020)

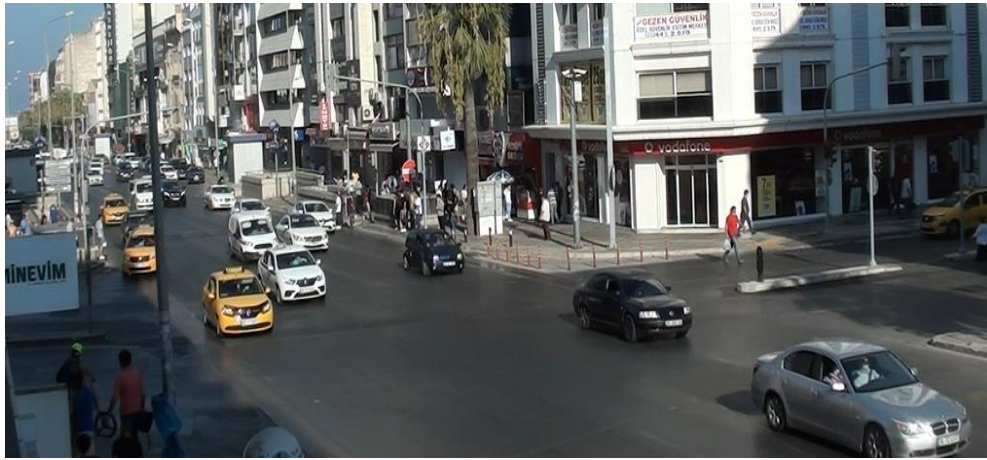
Konak tüneline ve şehrin güneydoğu bölgesinden gelip, şehir merkezine devam eden trafiğin kesişim noktasında bulunmaktadır. Konak Meydanı'na ve Kemeraltı Sırtı'na yakın olduğundan da yoğun yaya trafiği görülmektedir. Kavşak çift yön sistemde, doğu ve batı ayağından yaklaşım ve ayrılma, kuzey ayağından sadece

yaklaşım ve güney ayağından ise sadece ayrılan akımlara hizmet vermektedir. Tek yön sistemde; doğudan ve kuzeyden yaklaşım, batıdan ve güneyden ise sadece ayrılan akıma hizmet vermektedir.

Halit Ziya 1 Kavşağı: Şehrin güneydoğu bölgesinden gelip, şehir merkezine ve Alsancak’a devam eden trafiğin kesişim noktasında bulunmaktadır. Konak Meydanı ve Kemeraltı Senti’nden dolayı da yoğun yaya trafiği görülmektedir. Kavşak çift yön sistemde, doğu ve batı ayağından yaklaşım ve ayrılma, güney ayağından sadece yaklaşım ve kuzey ayağından ise sadece ayrılan akımlara hizmet vermektedir. Tek yön sistemde; doğu ve güneyden yaklaşım, batıdan ve kuzeyden ise sadece ayrılan akıma hizmet vermektedir.



Şekil 7.3 Halit Ziya 1 Kavşağı, tek yön sistem (Kişisel arşiv, 2020)



Şekil 7.4 Çankaya Kavşağı tek yön sistem (Kişisel arşiv, 2020)

Çankaya Kavşağı: Kavşağın güneyinde bulunan Katlı Otopark, Kemeraltı Senti ve ticari işletmelerin fazlalığından dolayı şehrin en yoğun kavşaklarından biridir. Ayrıca kavşakta Çankaya Metrosu giriş-çıkışının olması da yaya trafiğinin yoğun olmasına yol açmaktadır. Kavşağın doğu ayağındaki yaya geçişleri kısmen Çankaya Metrosu alt geçidinden olmaktadır. Çift yön sistemde, kavşak ayaklarının tamamı yaklaşım ve ayrılan akımlara hizmet vermektedir. Tek yön sistemde; doğu ayağı yaklaşım, batı ayağı ayrılan, kuzey ve güney ayağı ise yaklaşım ve ayrılan akımlara hizmet vermektedir.

Basmane Kavşağı: Çankaya Kavşağından devam edip çevre yoluna çıkan ve çevre yolundan gelip şehir merkezine devam eden araçlardan dolayı yoğun taşıt; kavşağın batısında bulunan Basmane Garı'ndan dolayı ise yoğun yaya trafiği görülmektedir. Çift yön sistemde, kavşak kollarının tamamı yaklaşım ve ayrılma akımlarına hizmet vermektedir. Tek yön sistemde; doğu ayağı yaklaşım, kuzey ve güney ayağı yaklaşım ve ayrılma akımlarına hizmet vermektedir.



Şekil 7.5 Basmane Kavşağı, tek yön sistem (Kişisel arşiv, 2020)

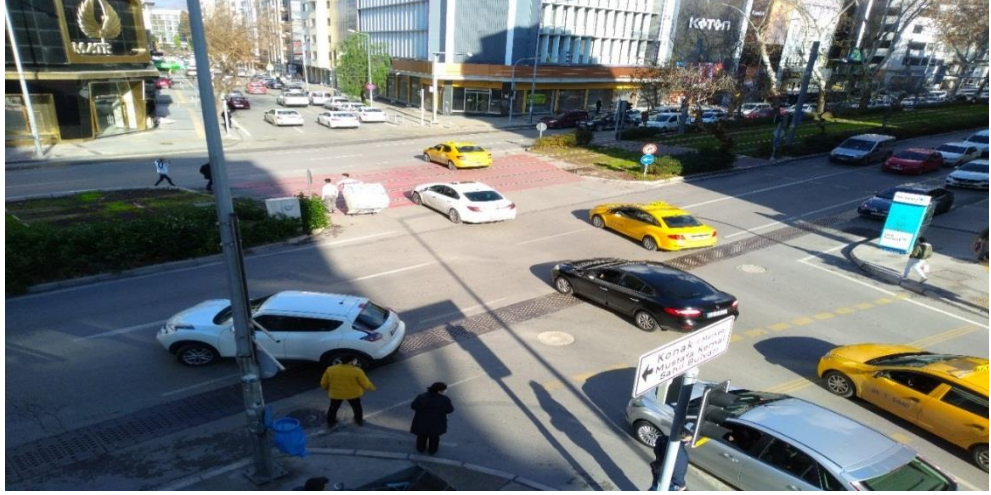
Gazi Kavşağı:



Şekil 7.6 Gazi Kavşağı, tek yön sistem (Kişisel arşiv, 2020)

Çevre yolundan gelip şehir merkezine devam eden taşıtlar tarafından kullanıldığından yoğun taşıt; ticari işletme fazlalığından dolayı ise yoğun yaya trafiği görülmektedir. Çift yön sistemde, kavşak kollarının tamamı yaklaşım ve ayrılma akımlarına hizmet vermektedir. Tek yön sistemde; doğu yönünde yaklaşım, batı yönünde ayrılma, kuzey ve güney yönünde ise ayrılma ve yaklaşım akımlarına hizmet vermektedir.

Halit Ziya 2 Kavşağı: Fevzi Paşa Bulvarından gelip Alsancak yönüne ve İkiçeşmelik yönünden gelip Konak yönüne giden taşıtlar tarafından kullanıldığından yoğun taşıt trafiği gözlemlenmektedir. Çift yön sistemde; doğu ve batı ayağı yaklaşım ve ayrılma akımlarına, kuzey ayağı ayrılma, güney ayağı yaklaşım akımlarına hizmet vermektedir. Tek yön sistemde; doğu ve güney ayağı yaklaşım, batı ve kuzey ayağı ayrılma akımlarına hizmet vermektedir.



Şekil 7.7 Halit Ziya 2 Kavşağı, tek yön sistem (Kişisel arşiv, 2020)

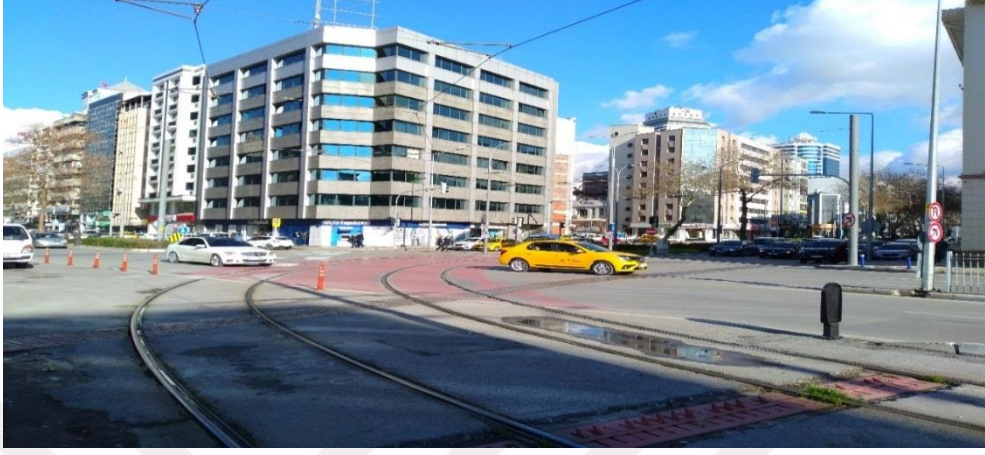
Şehit Fethibey Kavşağı: Fevzi Paşa Bulvarından gelip Alsancak yönüne ve İkiçeşmelik yönünden gelip Konak yönüne giden taşıtlar tarafından kullanıldığından yoğun taşıt trafiği gözlemlenmektedir. Çift yön sistemde; doğu-batı ayağı yaklaşım ve ayrılma, kuzey-güney ayağı ayrılma akımlarına hizmet vermektedir. Tek yön sistemde; doğu ve kuzey ayağı yaklaşım, güney ve batı ayağı ise ayrılma akımlarına hizmet vermektedir.



Şekil 7.8 Şehit Fethibey Kavşağı, tek yön sistem (Kişisel arşiv, 2020)

Borsa Sarayı Kavşağı: Gazi Bulvarının doğu çıkışında bulunan kavşak; çevre yolundan gelip Alsancak ve Konak, Konak yönünden gelip Alsancak yönüne giden taşıtlar tarafından kullanıldığından yoğun taşıt trafiği gözlemlenmektedir. Çift yön

sistemde, tüm ayakları yaklaşım ve ayrılma akımlarına hizmet vermektedir. Tek yön sistemde; doğu ayağı yaklaşım, güney ayağı ayrılma, kuzey ayağı yaklaşım ve ayrılma akımlarına hizmet vermektedir.



Şekil 7.9 Borsa Kavşağı, tek yön sistem (Kişisel arşiv, 2020)

7.3 Gözlemlerden Elde Edilen Veriler

Kapasite ve sinyalizasyon çözümleme yöntemlerinin tamamında kullanılan esas parametre trafik hacmi, sinyalizasyon ve yol geometrisidir.

Söz konusu kavşaklara ait tek yön sistem trafik ve sinyalizasyon verileri, trafiğin en yoğun olduğu sabah saat (08:00-09:00)'de, yerinde video kamerayla yapılan gözlemlerle elde edilmiştir. Araç sayımları; otomobil, kamyon, otobüs ve minibüs olarak araç tiplerine göre yapılmış, analizlerde TS6407 kullanılarak otomobil eşdeğerliklerine dönüştürülmüştür. Gözlem sonucu elde edilen trafik hacim verileri Tablo 7.1'de gösterilmiştir.

Tablo 7.1 Tek yön sistem trafik verileri

TEK YÖN SİSTEM TRAFİK VERİLERİ (ta/sa)									
Yaklaşım Kolu	Yön	KAVŞAK ADI							
		Vakıflar Kavş.	H. Ziya 1 Kavş.	Çankaya Kavş.	Basmane Kavş.	Gazi Kavş.	H. Ziya 2 Kavş.	Ş. Fethibey Kavş.	Borsa Kavş.
Doğu Yaklaşım	Düz	0	0	0	0	1364	1519	2034	0
	Sağ	0	0	0	0	17	103	0	669
	Sol	0	0	0	0	363	0	262	1411
Batı Yaklaşım	Düz	4263	2410	2062	0	0	0	0	0
	Sağ	25	0	342	676	0	0	0	0
	Sol	0	2026	248	2136	0	0	0	0
Kuzey Yaklaşım	Düz	89	0	672	316	309	0	0	513
	Sağ	0	0	0	0	258	0	0	0
	Sol	173	0	0	0	0	0	76	0
Güney Yaklaşım	Düz	0	290	679	852	927	1539	0	0
	Sağ	0	242	750	0	0	0	0	0
	Sol	0	0	0	0	0	777	0	0

Gazi, Basmane ve Çankaya Kavşaklarına ait çift yön sistem trafik hacimleri, İzmir Ulaşım Ana Planı Çalışmalarından elde edilmiştir. Bu kavşaklara ait veriler, tek yön sistem trafik dağılım oranlarına göre dengeli bir şekilde dağıtılarak Vakıflar, Halit Ziya 1, Halit Ziya 2, Şehit Fethibey ve Borsa Kavşaklarının trafik hacimleri belirlenmiştir. Hesaplanan çift yön sistem trafik hacim verileri Tablo 7.2’de gösterilmiştir.

Tablo 7.2 Çift yön sistem trafik verileri

ÇİFT YÖN SİSTEM TRAFİK VERİLERİ (ta/sa)									
Yaklaşım Kolu	Yön	Vakıflar Kavş.	H. Ziya 1 Kavş.	Çankaya Kavş.	Basmane Kavş.	Gazi Kavş.	H. Ziya 2 Kavş.	Ş. Fethibey Kavş.	Borsa Kavş.
Doğu Yaklaşım	Düz	500	460	440	0	1364	1524	1800	0
	Sağ	0	40	65	0	17	135	125	673
	Sol	60	0	0	0	365	0	373	1163
Batı Yaklaşım	Düz	4263	2710	2162	0	1086	1152	1202	0
	Sağ	25	0	492	1167	66	0	400	0
	Sol	0	2026	248	1745	0	50	0	0
Kuzey Yaklaşım	Düz	189	0	646	273	277	0	0	802
	Sağ	111	0	60	43	290	0	0	0
	Sol	473	0	0	0	0	0	0	1000
Güney Yaklaşım	Düz	0	240	679	390	808	1532	0	1000
	Sağ	0	192	750	0	179	1	0	800
	Sol	0	100	0	462	5	774	0	0

Çift yön sistemden tek yön sisteme dönüşüm sonrasında, çalışma bölgesinin tamamında saatlik trafik hacminde yaklaşık %24 azalma olduğu gözlemlenmiştir. Kavşaklar tek tek karşılaştırıldığında ise;

Vakıflar Kavşağı'nda: çift yön sistemde doğu yaklaşımından 560 (ta/sa), batı yaklaşımından 4288 (ta/sa), kuzey yaklaşımından 773 (ta/sa); tek yön sistemde batı yaklaşımından 4288 (ta/sa), kuzey yaklaşımından 262 (ta/sa),

Halit Ziya 1 Kavşağı'nda: çift yön sistemde doğu yaklaşımından 500 (ta/sa), batı yaklaşımından 4736 (ta/sa), güney yaklaşımından 532 (ta/sa); tek yön sistemde batı yaklaşımından 4436 (ta/sa), güney yaklaşımından 532 (ta/sa),

Çankaya Kavşağı'nda: çift yön sistemde doğu yaklaşımından 505 (ta/sa), batı yaklaşımından 2902 (ta/sa), kuzey yaklaşımından 706 (ta/sa), güney yaklaşımından 1429 (ta/sa); tek yön sistemde batı yaklaşımından 2652 (ta/sa), kuzey yaklaşımından 672 (ta/sa), güney yaklaşımından 1429 (ta/sa),

Basmane Kavşağı'nda: çift yön sistemde batı yaklaşımından 2912 (ta/sa), kuzey yaklaşımından 316 (ta/sa), güney yaklaşımından 852 (ta/sa); tek yön sistemde batı yaklaşımından 2812 (ta/sa), kuzey yaklaşımından 316 (ta/sa), güney yaklaşımından 852 (ta/sa),

Gazi Kavşağı'nda: çift yön sistemde doğu yaklaşımından 1746 (ta/sa), batı yaklaşımından 1152 (ta/sa), kuzey yaklaşımından 567 (ta/sa), güney yaklaşımından 992 (ta/sa); tek yön sistemde doğu yaklaşımından 1744 (ta/sa), kuzey yaklaşımından 567 (ta/sa), güney yaklaşımından 927(ta/sa),

Halit Ziya 2 Kavşağı'nda: çift yön sistemde doğu yaklaşımından 1659 (ta/sa), batı yaklaşımından 1202 (ta/sa), güney yaklaşımından 2307 (ta/sa); tek yön sistemde doğu yaklaşımından 1622 (ta/sa), güney yaklaşımından 2316 (ta/sa),

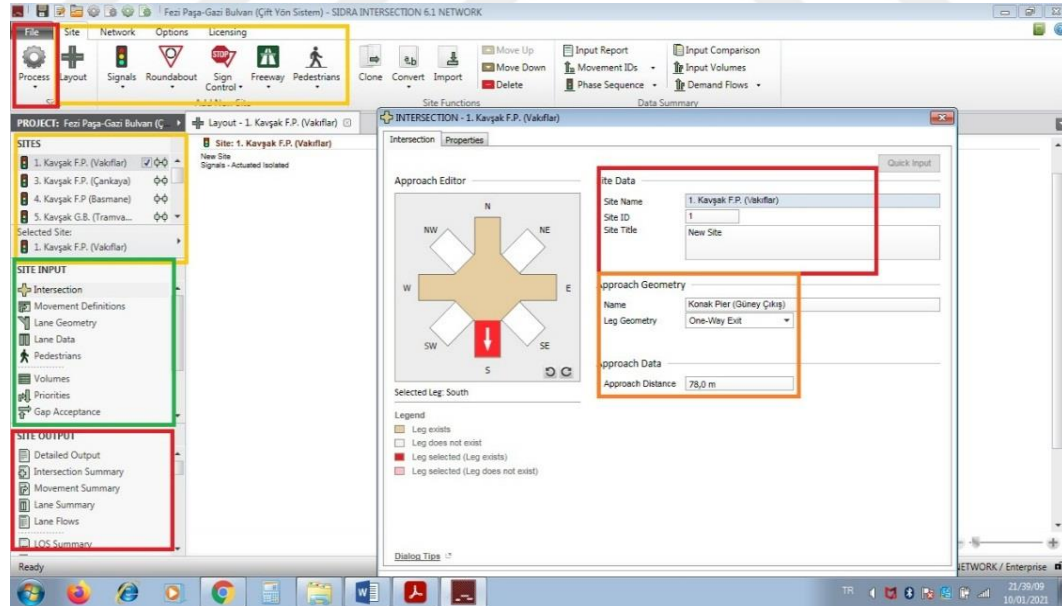
Şehit Fethibey Kavşağı'nda: çift yön sistemde doğu yaklaşımından 2298 (ta/sa), batı yaklaşımından 1602 (ta/sa); tek yön sistemde doğu yaklaşımından 2296 (ta/sa), kuzey yaklaşımından 76 (ta/sa),

Borsa Kavşağı'nda: çift yön sistemde doğu yaklaşımından 1836 (ta/sa), kuzey yaklaşımından 1802 (ta/sa), güney yaklaşımından 1800 (ta/sa); tek yön sistemde doğu yaklaşımından 2080 (ta/sa), kuzey yaklaşımından 513 (ta/sa), trafik hacmi gözlemlenmiştir.

7.4 Sidra Intersection Analiz Programı

Kavşakların hizmet düzeyi, kapasite, kuyruk uzunluğu ve gecikme gibi performans değerlerini tahmin etmek için kullanılan analiz programıdır. Ayrıca programın, araçların yakıt tüketimi ve emisyon salım miktarlarını değerlendirme özelliği de bulunmaktadır.

Program; sinyalli, dönel (yuvarlakada), iki yönlü dur, yolver kontrollü, tüm yönler dur, yolver kontrollü, ana-tali yol kontrollü kavşaklar ve sinyalli yaya geçitleri gibi çok sayıda kavşak çeşitlerinin değerlendirilmesi ve modellenmesinde kullanılır (Akçelik, 2011).



Şekil 7.10 Sidra Intersection Programı ekran görüntüsü

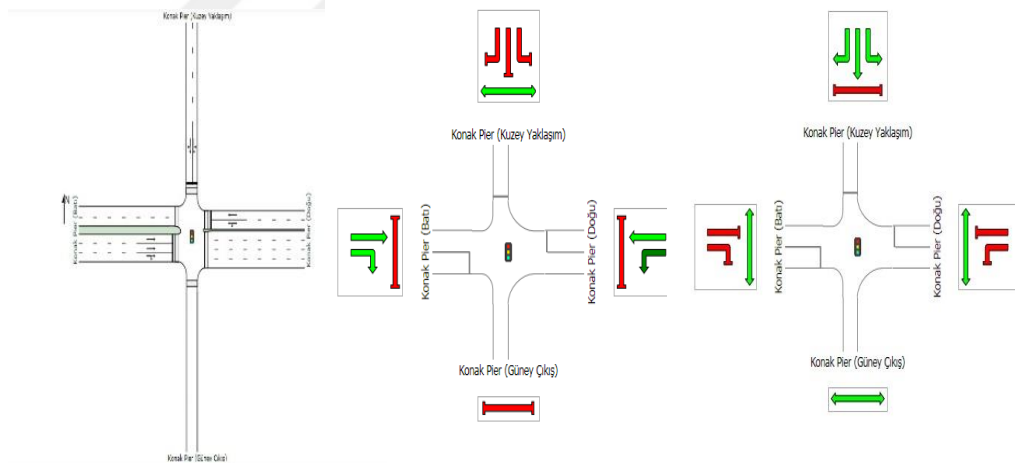
7.5 Gözlem Yapılan Kavşaklara Ait Sidra Modelleri

Çalışma bölgesine ait yol geometrik verileri İzmir Büyükşehir Belediyesi'nden ve yerinde gözlemle elde edilmiştir.

Tek yön sistem faz ve devre sürelerinin değişken olduğu gözlemlenmiştir. Her bir kavşak için, bir saatlik faz ve devre sürelerinin ortalaması alınmıştır. Çift yön sistemde, sabit zamanlı ve optimum devre süresi seçilmiştir.

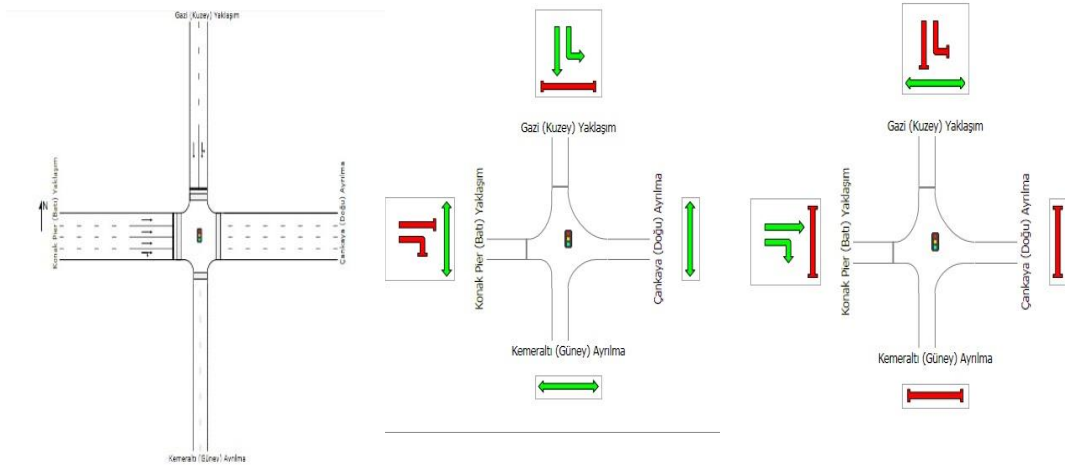
Vakıflar Kavşağı

Çift yön sistemde; sabit zamanlı sinyalizasyon, 2 fazlı ve 105 sn devre süresi ile hizmet vermektedir.



Şekil 7.11 Vakıflar Kavşağı çift yön sistem ve faz planı

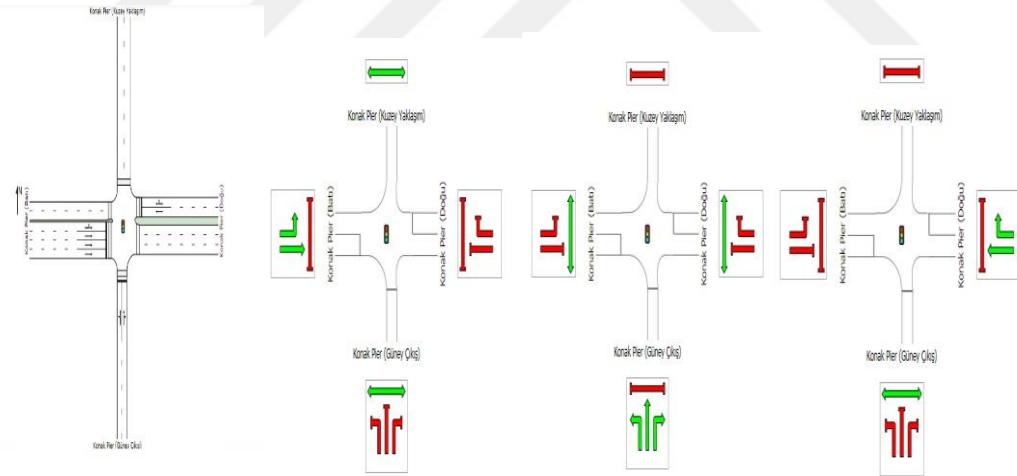
Tek yön sistemde; değişken zamanlı sinyalizasyon ve 2 fazlı olarak hizmet vermektedir. Devre süresi, 287 sn gözlemlenmiştir.



Şekil 7.12 Vakıflar Kavşağı tek yön sistem ve faz planı

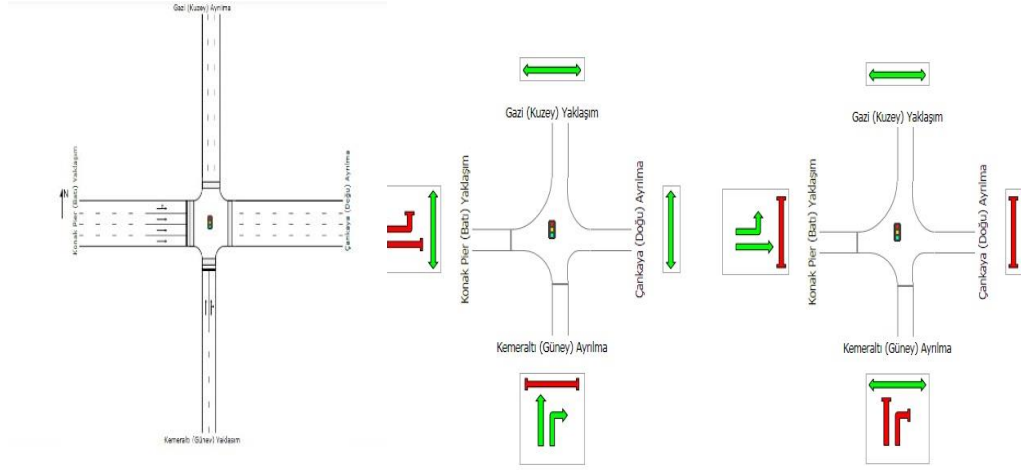
Halit Ziya 1 Kavşağı

Çift yön sistemde; sabit zamanlı sinyalizasyon, 3 fazlı ve 106 sn devre süresi ile hizmet vermektedir.



Şekil 7.13 Halit Ziya 1 Kavşağı çift yön sistem ve faz planı

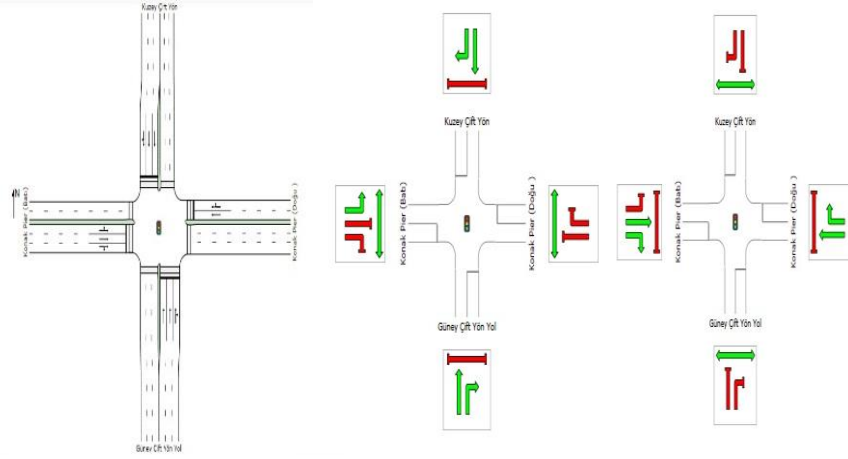
Tek yön sistemde; değişken zamanlı sinyalizasyon, 2 fazlı olarak hizmet vermektedir. Devre süresi, 100 sn hesaplanmıştır.



Şekil 7.14 Halit Ziya 1 Kavşağı tek yön sistem ve faz planı

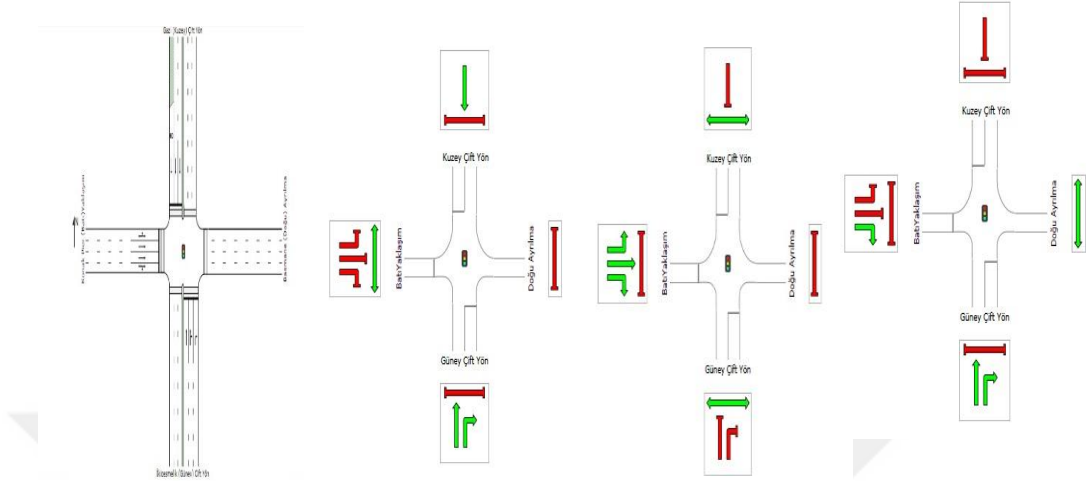
Çankaya Kavşağı

Coşkun (2014) Çankaya Kavşağı'nın ile ilgili yaptığı çalışmada çift yön sistemde; sabit zamanlı sinyalizasyon, 2 fazlı ve 87 sn devre süresi ile hizmet verdiğini belirtmiştir.



Şekil 7.15 Çankaya Kavşağı çift yön sistem ve faz planı

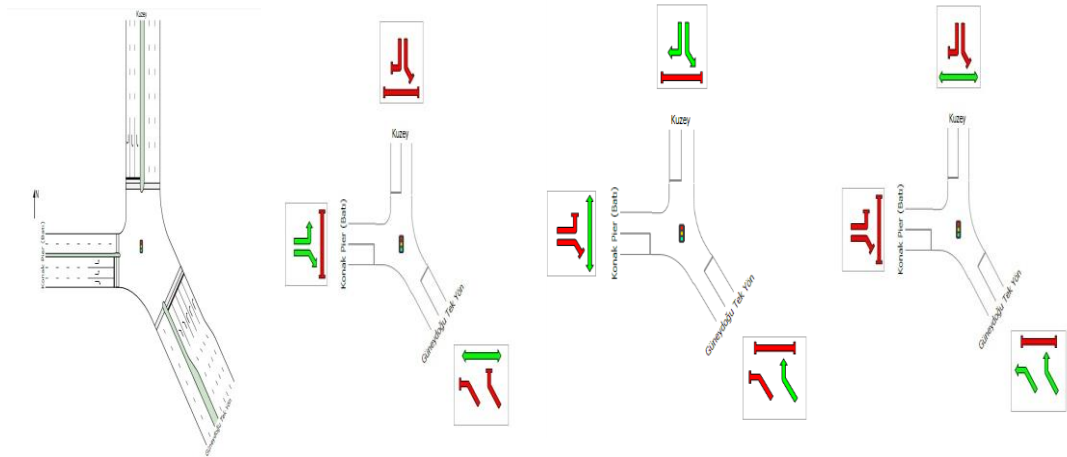
Tek yön sistemde; değişken zamanlı sinyalizasyon ve 3 fazlı olarak hizmet vermektedir. Devre süresi, 158 sn hesaplanmıştır.



Şekil 7.16 Çankaya Kavşağı tek yön sistem ve faz planı

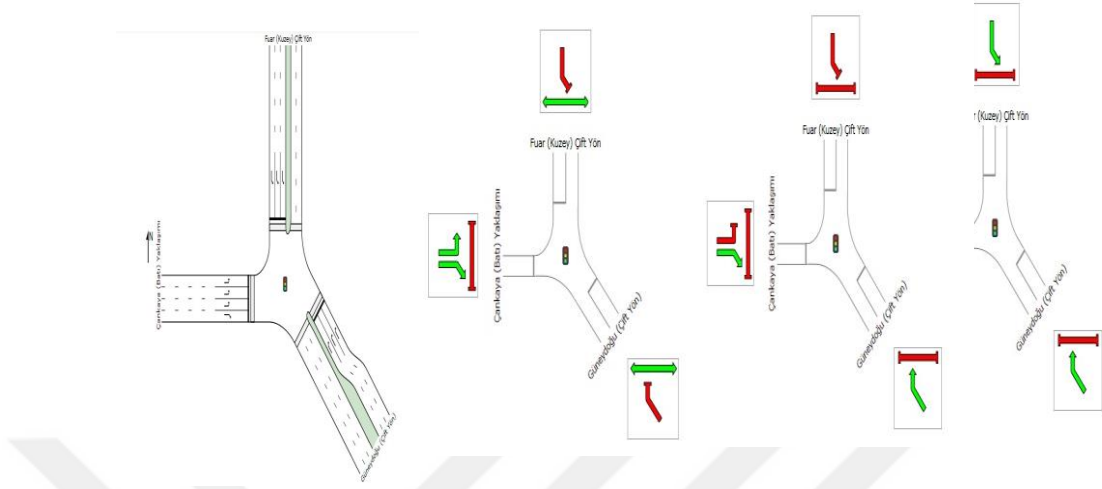
Basmane Kavşağı

Çift yön sistemde; sabit zamanlı sinyalizasyon, 3 fazlı ve 108 sn devre süresi ile hizmet vermektedir.



Şekil 7.17 Basmane Kavşağı çift yön sistem ve faz planı

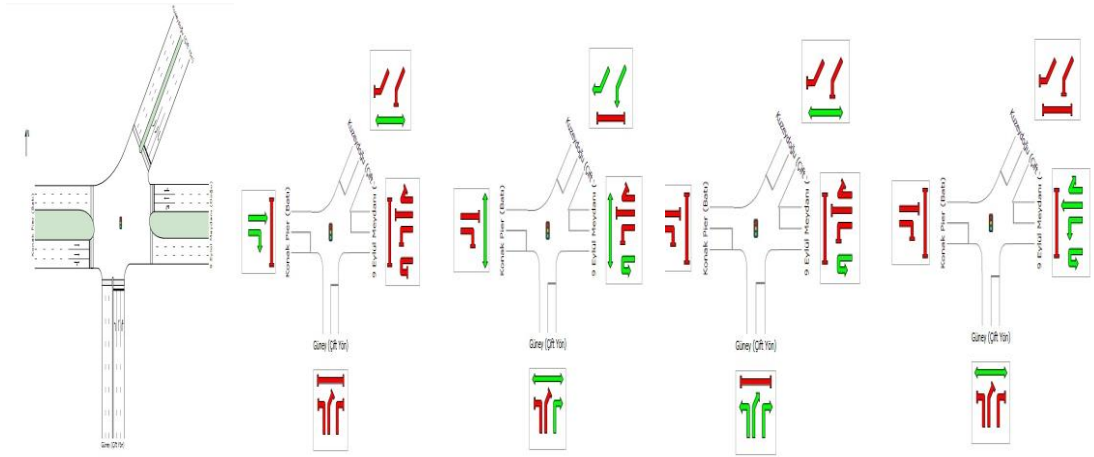
Tek yön sistemde; değişken zamanlı sinyalizasyon, 3 fazlı olarak hizmet vermektedir. Devre süresi 96 sn hesaplanmıştır



Şekil 7.18 Basmane Kavşağı tek yön sistem ve faz planı

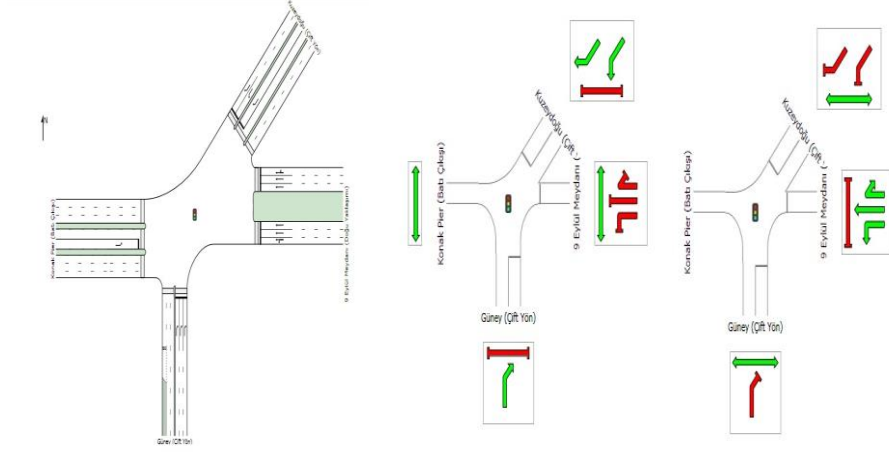
Gazi Kavşağı

Çift yön sistemde; sabit zamanlı sinyalizasyon, 4 fazlı ve 109 sn devre süresi ile hizmet vermektedir.



Şekil 7.19 Gazi Kavşağı çift yön sistem ve faz planı

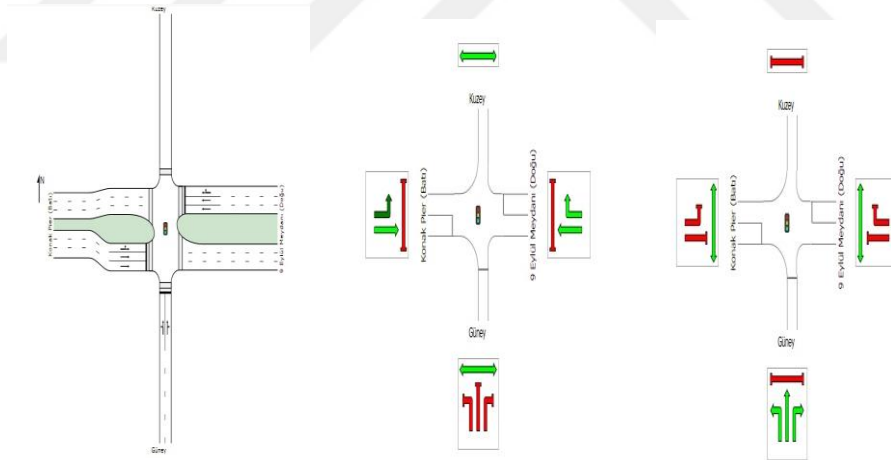
Tek yön sistemde; değişken zamanlı sinyalizasyon ve 2 fazlı olarak hizmet vermektedir. Devre süresi 118 sn hesaplanmıştır.



Şekil 7.20 Gazi Kavşağı tek yön sistem ve faz planı

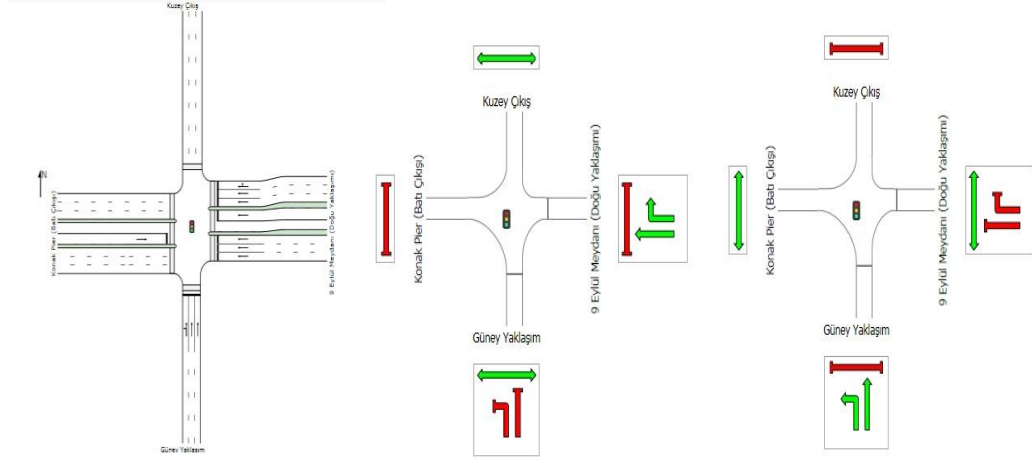
Halit Ziya 2 Kavşağı

Çift yön sistemde; sabit zamanlı sinyalizasyon, 2 fazlı ve 110 sn devre süresi ile hizmet vermektedir.



Şekil 7.21 Halit Ziya 2 Kavşağı çift yön sistem ve faz planı

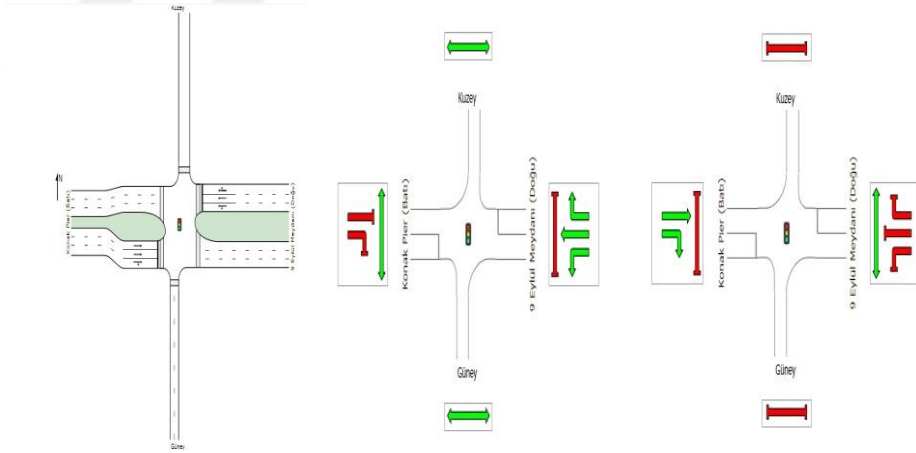
Tek yön sistemde; değişken zamanlı sinyalizasyon, 2 fazlı olarak hizmet vermektedir. Devre süresi, 151 sn hesaplanmıştır.



Şekil 7.22 Halit Ziya 2 Kavşağı tek yön sistem ve faz planı

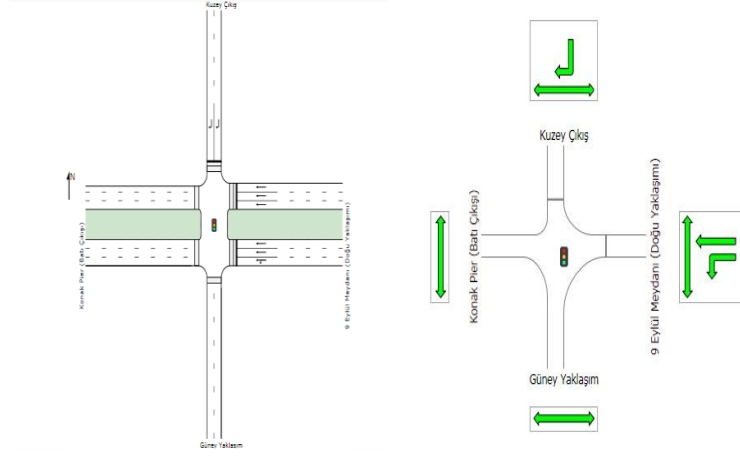
Şehit Fethibey Kavşağı

Çift yön sistemde; sabit zamanlı sinyalizasyon, 2 fazlı ve 111 sn devre süresi ile hizmet vermektedir.



Şekil 7.23 Şehit Fethibey Kavşağı çift yön sistem ve faz planı

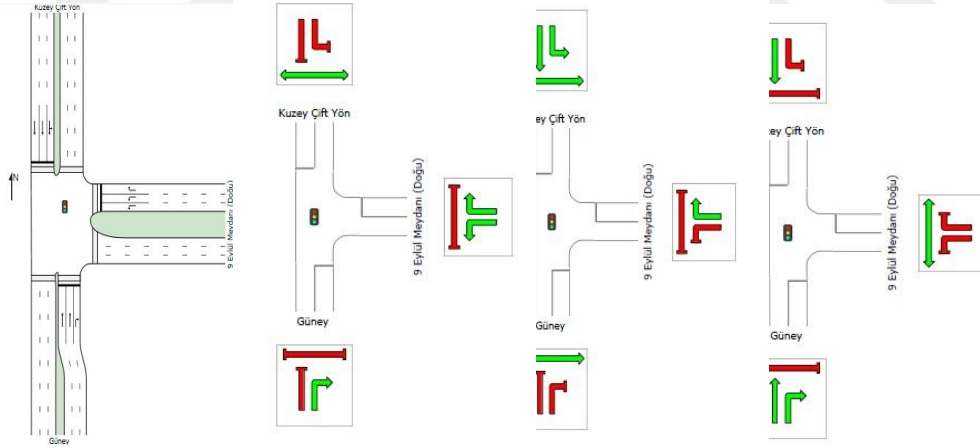
Tek yön sistemde; değişken zamanlı sinyalizasyon, 1 fazlı olarak hizmet vermektedir. Devre süresi, 115 sn hesaplanmıştır.



Şekil 7.24 Şehit Fethibey Kavşağı tek yön sistem ve faz planı

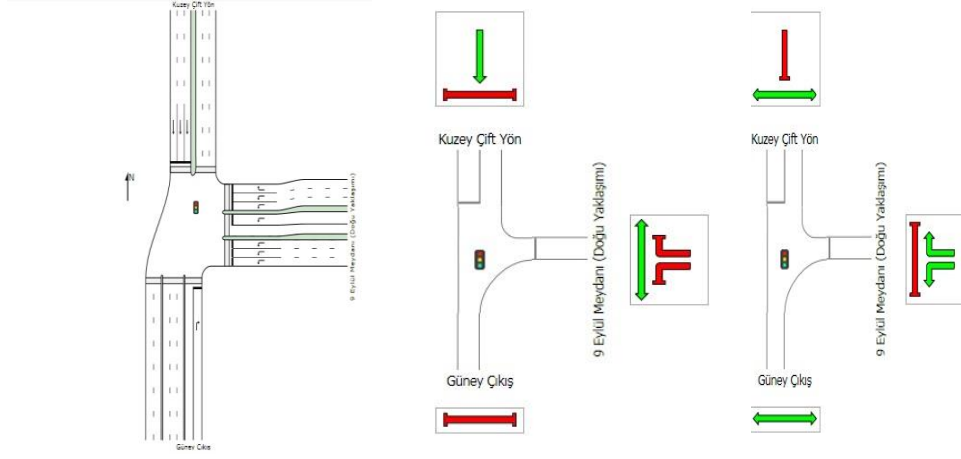
Borsa Kavşağı

Çift yön sistemde; sabit zamanlı sinyalizasyon, 3 fazlı ve 112 sn devre süresi ile hizmet vermektedir.

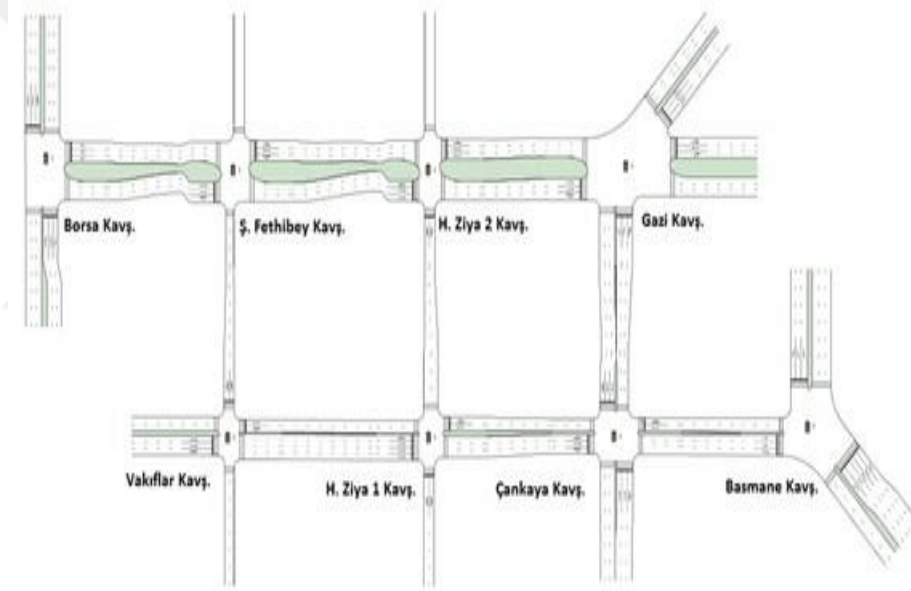


Şekil 7.25 Borsa Kavşağı çift yön sistem ve faz planı

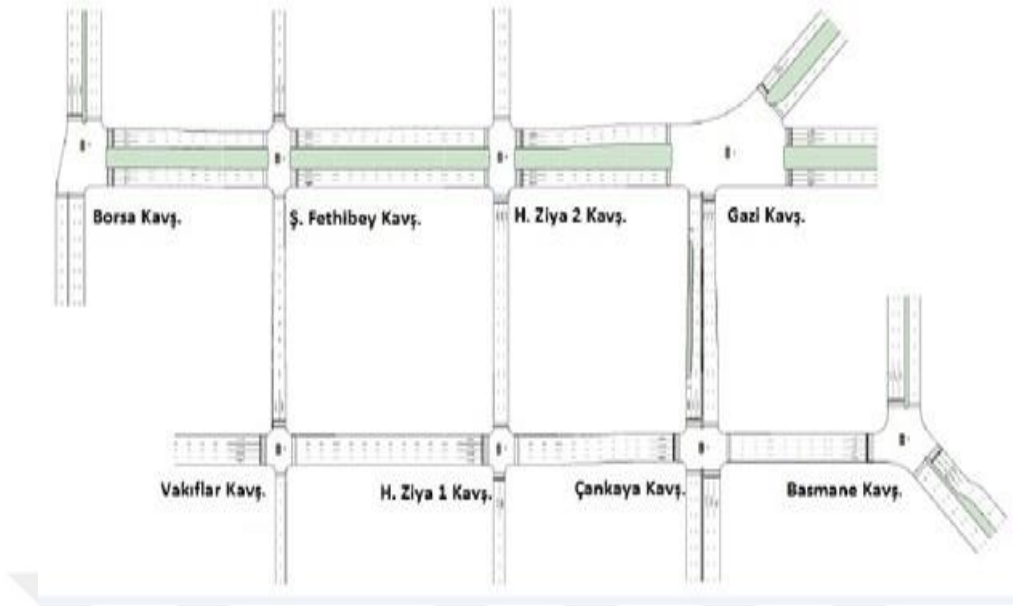
Tek yön sistemde; değişken zamanlı sinyalizasyon, 2 fazlı olarak hizmet vermektedir. Devre süresi, 60 sn hesaplanmıştır.



Şekil 7.26 Borsa Kavşağı tek yön sistem ve faz planı



Şekil 7.27 Çalışma bölgesi çift yön sistem



Şekil 7.28 Çalışma bölgesi tek yön sistem

7.6 Model Geçerliliğinin İncelendiği Kavşak

Çalışma bölgesindeki tüm kavşaklar; sinyal süreleri, trafik verileri ve geometrik özelliklerine göre Sidrada modellenerek performans değerleri elde edilmiştir. Programın doğruluğunu değerlendirmek için, bir kavşakta kuyruk uzunluğu karşılaştırması yapılmıştır.

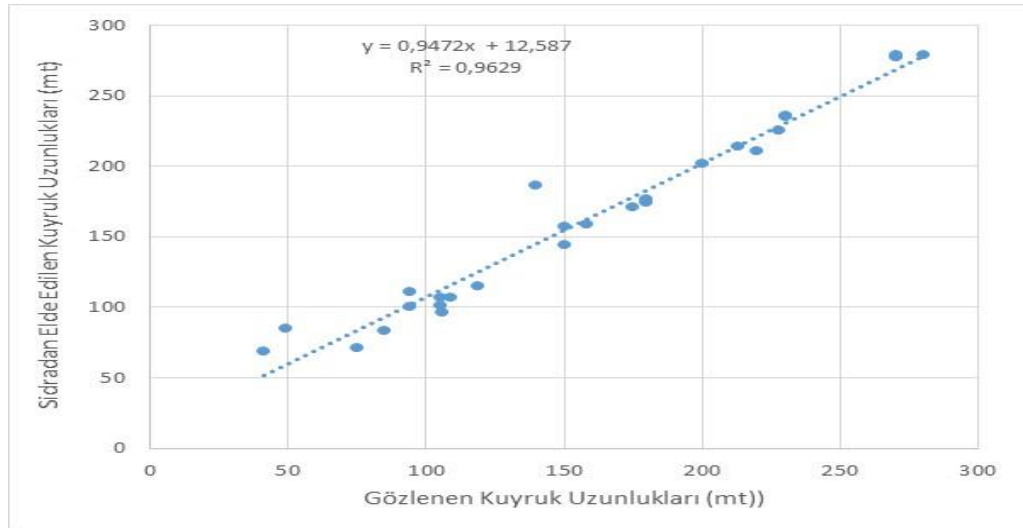
Bunun için, Fevzi Paşa Bulvarı üzerinde bulunan Çankaya Kavşağı esas alınmıştır. 25.08.2020 tarihinde saat 08:00-09:00'de kavşağın kuzey, güney, batı ayaklarında kuyruk sonuna yerleştirilen gözlemciler tarafından ve video kamera ile trafik verisi alınmıştır. Video kamera ile alınan veriler Sidra programına girilerek, program kuyruk uzunlukları tespit edilmiştir. Eş zamanlı olarak yaklaşım kollarında trafik ışığının yeşile döndüğü an, kuyruğun en sonundaki aracın sinyal dur çizgisi ile arasındaki mesafe gözlem kuyruk uzunluğu olarak elde edilmiştir.

Tablo 7.3 Gözlem ve modellenen kuyruk uzunlukları

KUYRUK UZUNLUĞU (mt)							
Devre No	Devre Süresi (sn)	Gözlem Verileri			Sidra Verileri		
		Batı	Güney	Kuzey	Batı	Güney	Kuzey
1	153	200	228	106	202	225	96
2	170	220	150	105	211	157	101
3	132	270	150	94	279	144	100
4	190	140	213	75	186	214	71
5	133	180	230	94	174	236	111
6	186	175	158	119	171	159	115
7	154	180	230	41	177	235	69
8	168	270	105	85	277	107	83
9	142	280	109	49	279	107	85
Ortalama	159	213	175	85	217	176	92

Kuyruk uzunluklarının ortalamaları karşılaştırıldığında; program kuyruk uzunluklarının gözlem değerlerinden batı ayağında 4,0 mt, güney ayağında 1,0 mt ve kuzey ayağında 7,0 mt daha fazla olduğu görülmektedir. Kuyruk uzunluğundaki sapmalar; kavşağın şehir merkezinde yaya yoğunluğunun fazla olduğu bölgede bulunması, kavşak geometrik özellikleri, sürücü ve yaya davranışları, devre süresinin uzun olması kaynaklı olabilmektedir.

Kontrol bölgesinde gözlemlenen kuyruk uzunlukları ile programdan elde edilen kuyruk uzunlukları Şekil 7.29’da görüldüğü üzere 0,9629 düzeyinde regresyon katsayısı ile örtüşmektedir.



Şekil 7.29 Kalibrasyon sonucu gözlem ve modellenen kuyruk uzunlukları grafiği

Sidrada yol geometrik özellikleri, Area Type Factor ve Doygun Akım değerleri kullanıcı tarafından atanmaktadır. Area Type Factor, doymuş akım düzeltme katsayısı olarak kullanılmaktadır. Her yaklaşım kolu için 0,1 ile 2 arasında değerler almaktadır.

Programdan elde edilen performans değerlerinin gerçeğe daha yakın olması için, her bir akım için kullanılacak Area Type Factor ve Doygun Akım değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için Çankaya Kavşağının batı, kuzey ve güney ayaklarında Tablo 7.4'deki veriler alınmıştır.

Tablo 7.4 Çankaya Kavşağı trafik ve geometrik veriler

Deve	Yaklaşım Kolu	Toplam Saatlik Hacim	Sağa Dönen Taşıt Oranı	Sola Dönen Taşıt Oranı	Ağır Araç Yüzdesi	Yeşilde Geçen Yaya	Kırmızıda Geçen Yaya	Giriş Şeridi Sayısı	Çıkış Şeridi Sayısı	Ortalama Şerit Genişliği	Orta Refüj	Binadan Binaya Uzaklık	Kaldırımdan Kaldırma Uzaklık	Doygun Akım	Area Type
1	Güney	1365	0,483	0	0,062	25	1	3	3	3	1	29,7	19,9	1950	0,52
2	Güney	1736	0,488	0	0,110	30	0	3	3	3	1	29,7	19,9	1950	1,2
3	Güney	1227	0,467	0	0,160	11	0	3	3	3	1	29,7	19,9	1950	0,52
4	Güney	1705	0,600	0	0,100	26	0	3	3	3	1	29,7	19,9	1950	0,67
5	Güney	1327	0,531	0	0,816	30	1	3	3	3	1	29,7	19,9	1950	0,53
6	Güney	1277	0,485	0	0,061	24	0	3	3	3	1	29,7	19,9	1950	0,55
7	Güney	1450	0,452	0	0,065	21	0	3	3	3	1	29,7	19,9	1950	0,525
8	Güney	1608	0,547	0	0,067	33	0	3	3	3	1	29,7	19,9	1950	1,4
9	Güney	1471	0,569	0	0,103	17	1	3	3	3	1	29,7	19,9	1950	1,0
10	Kuzey	941	0	0	0,175	25	1	3	3	3	0,6	27,8	19,5	1950	1
11	Kuzey	529	0	0	0,120	30	0	3	3	3	0,6	27,8	19,5	1950	0,31
12	Kuzey	1091	0	0	0,125	11	0	3	3	3	0,6	27,8	19,5	1950	0,95
13	Kuzey	379	0	0	0,063	26	0	3	3	3	0,6	27,8	19,5	1950	0,75
14	Kuzey	1380	0	0	0,069	30	1	3	3	3	0,6	27,8	19,5	1950	2
15	Kuzey	1006	0	0	0,231	24	0	3	3	3	0,6	27,8	19,5	1950	2
16	Kuzey	748	0	0	0,156	21	0	3	3	3	0,6	27,8	19,5	1720	2
17	Kuzey	729	0	0	0,000	33	0	3	3	3	0,6	27,8	19,5	1950	1,2
18	Kuzey	1039	0	0	0,195	17	1	3	3	3	0,6	27,8	19,5	1720	2,0
19	Batı	2682	0,114	0,123	0,132	25	0	4	0	3,375	0	27,8	14,4	1950	0,9
20	Batı	2372	0,152	0,089	0,116	59	2	4	0	3,375	0	27,8	14,4	1950	0,9
21	Batı	3436	0,071	0,111	0,040	44	1	4	0	3,375	0	27,8	14,4	1950	1
22	Batı	2558	0,200	0,074	0,160	43	2	4	0	3,375	0	27,8	14,4	1950	2
23	Batı	2769	0,068	0,108	0,047	43	0	4	0	3,375	0	27,8	14,4	1950	1
24	Batı	2535	0,160	0,053	0,120	58	0	4	0	3,375	0	27,8	14,4	1950	2
25	Batı	2572	0,137	0,118	0,464	29	1	4	0	3,375	0	27,8	14,4	1950	1,2
26	Batı	2657	0,137	0,081	0,113	40	2	4	0	3,375	0	27,8	14,4	1950	1
27	Batı	3017	0,100	0,093	0,084	35	0	4	0	3,375	0	27,8	14,4	1950	1

Tablodaki verilerin regreasyonu sonucunda elde edilen ampirik modele göre;

Tablo 7.5 Regreasyon analiz tablosu

Regresyon İstatistikleri	
Çoklu R	0,92746316
R Kare	0,860187914
Ayarlı R Kare	0,80687024
Standart Hata	0,490561448
Gözlem	27

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	3	35,53421218	11,84474	49,21966	3,62E-10
Fark	24	5,775612819	0,240651		
Toplam	27	41,309825			

	Katsayılar	Standart Hata	t Stat	P-değeri	Düşük %95/Üyükse %95	Düşük %95/Üyükse %95	Düşük %95/Üyükse %95	Düşük %95/Üyükse %95
Kesişim	0	#YOK	#YOK	#YOK	#YOK	#YOK	#YOK	#YOK
Hacim	0,0013	0,000155101	8,618183	8,24E-09	0,001017	0,001657	0,001017	0,001656807
Sağa Dönen %	-2,2349	0,54627097	-4,09115	0,000418	-3,36233	-1,10743	-3,36233	-1,107430368
Sola Dönen %	-22,8015	4,144006196	-5,50228	1,17E-05	-31,3543	-14,2487	-31,3543	-14,24868037

$$A.T.F. : (0,0013 \times V_{TTV}) - (2,23488 \times V_{RTP}) - (22,8015 \times V_{LTP}) \quad (7.1)$$

$$S : 1950 \text{ (ta/sa)} \quad (7.2)$$

Olacak şekilde hesaplanmıştır. Denklem (7.1) ve (7.2) çalışma bölgesindeki tüm kavşak kolları için ayrı ayrı hesap edilerek, elde edilen sonuçlar Sidra programına girilmiştir.

A.T.F. =Area Type Factor

S =Doygun Akım Oranı

V_{TTV} = Toplam Trafik Hacmi

V_{RTP} = Sağa Dönen Taşıt Yüzdesi

V_{LTP} = Sola Dönen Taşıt Yüzdesi

BÖLÜM SEKİZ

VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Kavşaklar üç farklı durumda incelenmiştir. 1 No’lu durumda, tüm kavşaklar işletme çeşitlerine göre; çift yön, tek yön (tramvaylı) ve tek yön (tramvaysız) sistem olarak tasarlanmıştır. 2 No’lu durumda, sinyal devrelerine göre; uyarmalı-kullanıcı tarafından tanımlanmış devre süreli, uyarmalı-optimum devre süreli ve sabit zamanlı- optimum devre süreli olarak düzenlenmiştir. 3 No’lu durumda, kontrol tipine göre; izole ve koordine koşul olarak tasarlanmıştır. Toplam sekiz parametreye göre ayrı ayrı analizler edilmiştir. Üç durumda da meydana gelen; gecikme, kuyruk uzunluğu, yakıt tüketimi, salım miktarı ve devre süreleri karşılaştırılmıştır.

8.1 Devre Süreleri

İzole Koşul

Borsa Kavşağı haricindeki kavşakların tamamında gözlem devre sürelerinin programın belirlediği devre sürelerinden daha uzun olduğu tespit edilmiştir.

Halit Ziya 1 ve Halit Ziya 2 Kavşakları haricindeki kavşaklarda çift yön sistemlerde programın belirlediği devre süreleri, tek yön sistemlerden daha uzundur.

Tek yön sistemlerde:

Borsa, Şehit Fethibey ve Halit Ziya 2 Kavşaklarında tramvaysız durumda; Vakıflar, Çankaya ve Gazi Kavşaklarında tramvaylı durumda devre süreleri daha uzun olmaktadır. Halit Ziya 1 ve Basmane Kavşaklarında ise tramvaylı ve tramvaysız durumlarda devre süreleri eşit olmaktadır.

Tablo 8.1 İzole koşul devre süreleri tablosu

Kavşak	İzole Koşul (Devre Süreleri)									
	Çift Yön Sistem			Tek Yön Sistem (Tramvaylı)				Tek Yön Sistem (Tramvaysız)		
	Uyarmalı/Kullan. Tanımlı Devre Süresi	Uyarmalı./Opt. Devre Süresi	Sabit Zamanlı/ Opt. Devre Süresi	Gözlem. Devre Süresi	Uyarmalı/Kullan. Tanımlı Devre Süresi	Uyarmalı./Opt. Devre Süresi	Sabit Zamanlı/ Opt. Devre Süresi	Uyarmalı/Kullan. Tanımlı Devre Süresi	Uyarmalı./Opt. Devre Süresi	Sabit Zamanlı/ Opt. Devre Süresi
Vakıflar Kavş.	105	105	105	287	44	40	40	44	30	30
Halit Ziya 1 Kavş.	90	90	150	100	93	150	150	93	150	150
Çankaya Kavş.	112	50	55	158	78	72	55	64	64	45
Basmane Kavşağı	80	80	70	96	47	47	30	47	47	30
Gazi Kavş.	150	150	150	118	95	70	70	65	40	45
Halit Ziya 2 Kavş.	75	75	45	151	79	115	80	79	115	115
Şehit Fethibey Kavş.	140	140	150	Optimum	15	15	150	16	16	150
Borsa Kavş.	115	115	150	60	90	95	95	84	115	120

Koordine Koşul

Tüm sinyal durumlarında her bir kavşak için programın tanımladığı devre süreleri 100'er sn'dir.

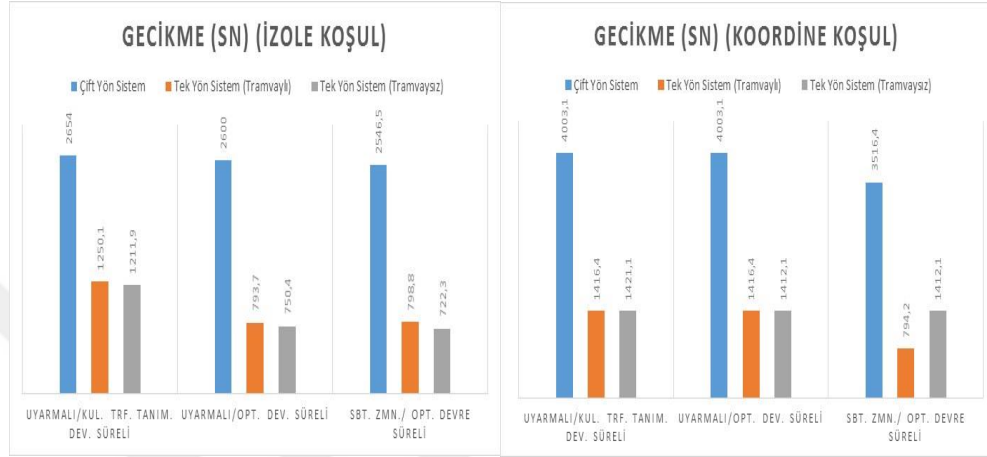
Basmane ve Borsa Kavşakları haricindeki kavşakların tamamında gözlemlenen devre süresi programın belirlediği devre süresinden daha uzundur.

Tablo 8.2 Koordine koşul devre süreleri tablosu

Kavşak	Etkin Koordine Kontrollü Koşul (Devre Süreleri)									
	Çift Yön Sistem			Tek Yön Sistem (Tramvaylı)				Tek Yön Sistem (Tramvaysız)		
	Uyarmalı/Kullan. Tanımlı Devre Süresi	Uyarmalı./Opt. Devre Süresi	Sabit Zamanlı/ Opt. Devre Süresi	Gözlem. Devre Süresi	Uyarmalı/Kullan. Tanımlı Devre Süresi	Uyarmalı./Opt. Devre Süresi	Sabit Zamanlı/ Opt. Devre Süresi	Uyarmalı/Kullan. Tanımlı Devre Süresi	Uyarmalı./Opt. Devre Süresi	Sabit Zamanlı/ Opt. Devre Süresi
Vakıflar Kavş.	100	100	100	287	100	100	100	100	100	100
Halit Ziya 1 Kavş.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Çankaya Kavş.	100	100	100	158	100	100	100	100	100	100
Basmane Kavşağı	100	100	100	96	100	100	100	100	100	100
Gazi Kavş.	100	100	100	118	100	100	100	100	100	100
Halit Ziya 2 Kavş.	100	100	100	151	100	100	100	100	100	100
Şehit Fethibey Kavş.	100	100	100	Optimum	100	100	100	100	100	100
Borsa Kavş.	100	100	100	60	100	100	100	100	100	100

8.2 Gecikme

Çalışma bölgesindeki tüm kavşaklar; izole ve koordine koşulda çalıştırıldığına farklı sinyal durumlarında çift yön, tek yön (tramvaylı) ve tek yön (tramvaysız) sistemlerde meydana gelen gecikme süreleri şekil 8.1’de verilmiştir.



Şekil 8.1 İzole ve Koordine koşul, gecikme grafiği

Uyarmalı/kullanıcı tarafından tanımlı devre süreli durumda çalışma bölgesinin tamamında, her iki kontrol tipinde de en yüksek gecikme süreleri çift yön sistemde görülmüştür. En düşük gecikme süreleri izole koşulda tek yön (tramvaysız) sistemde, koordine koşulda ise tek yön (tramvaylı) sistemde görülmüştür.

Uyarmalı/optimum devre süreli durumda çalışma bölgesinin tamamında; çift yön sistem en yüksek, tek yön (tramvaysız) sistem en düşük gecikme sürelerini vermektedir.

Sabit zamanlı/optimum devre süreli durumda çalışma bölgesinin tamamında; çift yön sistem en yüksek, tek yön (tramvaysız) sistem ise en düşük gecikme süresini vermektedir.

Tablo 8.3 İzole koşul, gecikme tablosu

İzole Koşul (Gecikme) (sn)									
Kavşak	Çift Yön Sistem			Tek Yön Sistem (Tramvaylı)			Tek Yön Sistem (Tramvaysız)		
	Uyarmalı/Kul. Trf.	Uyarmalı/Opt.	Sbt. Zmn./ Opt.	Uyarmalı/Kul. Trf.	Uyarmalı/Opt.	Sbt. Zmn./ Opt.	Uyarmalı/Kul. Trf.	Uyarmalı/Opt.	Sbt. Zmn./ Opt.
	Tanım. Dev. Süreli	Dev. Süreli	Devre Süreli	Tanım. Dev. Süreli	Dev. Süreli	Devre Süreli	Tanım. Dev. Süreli	Dev. Süreli	Devre Süreli
Vakıflar Kavşağı	36,2	36,2	40,3	11,6	10,1	9,2	11,6	10,1	9,2
Halit Ziya 1 Kavşağı	1297	1297	1046,6	1015,2	581,7	593,1	1015,2	581,7	593,1
Çankaya Kavşağı	92,5	37,9	17,7	25,3	24,2	27	20,3	20,3	20
Basmane Kavşağı	34,7	34,7	29,3	17,4	17,4	15,5	17,4	17,4	15,5
Gazi Kavşağı	452,7	452,7	502	26,9	24,4	28,4	20	16,3	18,3
Halit Ziya 2 Kavşağı	558,3	558,3	712,1	88	50,5	46,2	88,9	50,6	41,6
Şehit Fethibey Kavşağı	71,5	71,5	62,2	2,8	28	0,9	2,8	28	0,9
Borsa Kavşağı	111,7	111,7	136,3	62,9	57,4	78,5	35,7	26	23,7

Tek yön sistem (izole koşul): Fevzi Paşa Bulvarı'ndaki Çankaya Kavşağı ile Gazi Bulvarı'nda bulunan kavşakların tamamında tramvaylı durumdaki gecikme süreleri tramvaysız durumdan fazla olmaktadır. Diğer kavşaklarda ise her iki işletme durumunda gecikme süreleri eşittir.

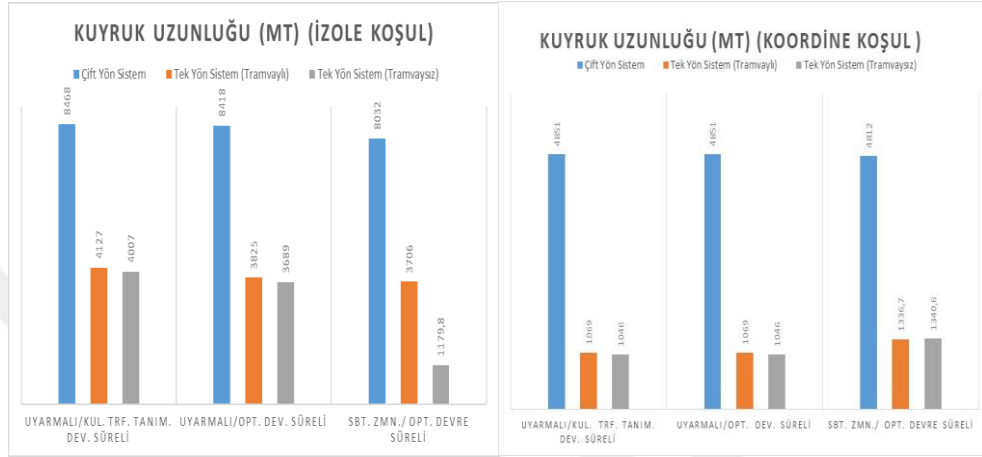
Tablo 8.4 Koordine koşul, gecikme tablosu

Koordine Koşul (Gecikme) (sn)									
Kavşak	Çift Yön Sistem			Tek Yön Sistem (Tramvaylı)			Tek Yön Sistem (Tramvaysız)		
	Uyarmalı/Kul. Trf.	Uyarmalı/Opt.	Sbt. Zmn./ Opt.	Uyarmalı/Kul. Trf.	Uyarmalı/Opt.	Sbt. Zmn./ Opt.	Uyarmalı/Kul. Trf.	Uyarmalı/Opt.	Sbt. Zmn./ Opt.
	Tanım. Dev. Süreli	Dev. Süreli	Devre Süreli	Tanım. Dev. Süreli	Dev. Süreli	Devre Süreli	Tanım. Dev. Süreli	Dev. Süreli	Devre Süreli
Vakıflar Kavşağı	455,2	455,2	388	161,2	161,2	35	161,2	161,2	33
Halit Ziya 1 Kavşağı	938,9	938,9	824,1	1112	1112	610,7	1106,4	1106,4	610,6
Çankaya Kavşağı	25,8	25,8	25,8	27,5	27,5	33	25,6	25,6	31,5
Basmane Kavşağı	33,2	33,2	30,8	29,2	29,2	25,2	28	28	25,5
Gazi Kavşağı	2295,3	2295,3	1791,3	26,2	26,2	25,8	23,1	23,1	24,3
Halit Ziya 2 Kavşağı	32,9	32,9	30,1	29,4	29,4	31,7	28,5	28,5	31,4
Şehit Fethibey Kavşağı	17,1	17,1	22,1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Borsa Kavşağı	204,7	204,7	404,2	30	30	31,9	38,4	38,4	26,4

Tek yön sistem (koordine koşul): Borsa Kavşağı haricinde tüm kavşaklarda tramvaylı durumdaki gecikme süreleri tramvaysız durumdan daha fazladır.

8.3 Kuyruk Uzunluğu

Çalışma bölgesindeki tüm kavşaklar; izole ve koordine koşulda çalıştırıldığında farklı sinyal durumlarında çift yön, tek yön (tramvaylı) ve tek yön (tramvaysız) sistemlerde meydana gelen kuyruklanmalar şekil 8.2’de verilmiştir.



Şekil 8.2 İzole ve Koordine koşul, kuyruk uzunluğu grafiği

Uyarmalı/kullanıcı tarafından tanımlı devre süreli durumda çalışma bölgesinin tamamında; çift yön sistemde en yüksek, tek yön (tramvaysız) sistemde en düşük kuyruklanmalar olduğu saptanmıştır.

Uyarmalı/optimum devre süreli durumda çalışma bölgesinin tamamında; çift yön sistemde en yüksek, tek yön (tramvaysız) sistemde en düşük kuyruklanmalar olduğu tespit edilmiştir.

Sabit zamanlı/optimum devre süreli durumda çalışma bölgesinin tamamında; her iki kontrol tipinde de en yüksek kuyruklanmalar çift yön sistemde, en düşük kuyruklanmalar izole koşulda tek yön (tramvaysız) sistemde, koordine koşulda ise tek yön (tramvaylı) sistemde görülmüştür.

Tablo 8.5 İzole koşul, kuyruk uzunluğu tablosu

İzole Koşul (Kuyruk Uzunluğu) (mt)									
Kavşak	Çift Yön Sistem			Tek Yön Sistem (Tramvaylı)			Tek Yön Sistem (Tramvaysız)		
	Uyarmalı/Kul. Trf.	Uyarmalı/Opt.	Sbt. Zmn./ Opt.	Uyarmalı/Kul. Trf.	Uyarmalı/Opt.	Sbt. Zmn./ Opt.	Uyarmalı/Kul. Trf.	Uyarmalı/Opt.	Sbt. Zmn./ Opt.
	Tanım. Dev. Süreli	Dev. Süreli	Devre Süreli	Tanım. Dev. Süreli	Dev. Süreli	Devre Süreli	Tanım. Dev. Süreli	Dev. Süreli	Devre Süreli
Vakıflar Kavşağı	278	278	310	84	65	63	84	65	63
Halit Ziya 1 Kavşağı	3116	3116	3195	3107	2910	2891	3107	2910	593,1
Çankaya Kavşağı	319	269	109	104	98	91	82	82	70
Basmane Kavşağı	249	249	187	83	83	61	83	83	61
Gazi Kavşağı	833	833	747	70	72	92	47	37	4,7
Halit Ziya 2 Kavşağı	2545	2545	2532	369	317	244	369	317	225
Şehit Fethibey Kavşağı	362	362	301	9	9	8	9	9	8
Borsa Kavşağı	766	766	651	301	271	256	226	186	155

Tek yön sistem (izole koşul), tramvayın olduğu tüm durumlarda kuyruklanmalar daha fazladır.

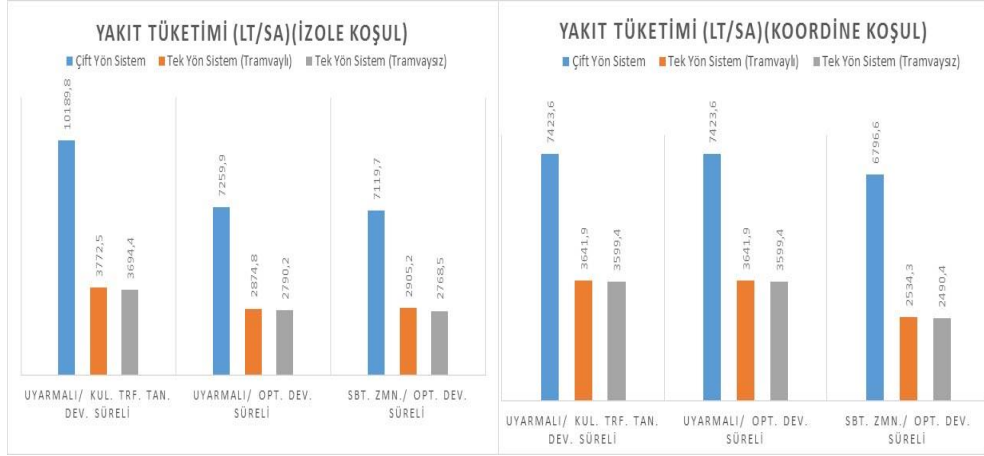
Tablo 8.6 Koordine koşul, kuyruk uzunluğu tablosu

Koordine Koşul (Kuyruk Uzunluğu) (mt)									
Kavşak	Çift Yön Sistem			Tek Yön Sistem (Tramvaylı)			Tek Yön Sistem (Tramvaysız)		
	Uyarmalı/Kul. Trf.	Uyarmalı/Opt.	Sbt. Zmn./ Opt.	Uyarmalı/Kul. Trf.	Uyarmalı/Opt.	Sbt. Zmn./ Opt.	Uyarmalı/Kul. Trf.	Uyarmalı/Opt.	Sbt. Zmn./ Opt.
	Tanım. Dev. Süreli	Dev. Süreli	Devre Süreli	Tanım. Dev. Süreli	Dev. Süreli	Devre Süreli	Tanım. Dev. Süreli	Dev. Süreli	Devre Süreli
Vakıflar Kavşağı	1928	1928	1743	543	543	259	543	543	259
Halit Ziya 1 Kavşağı	262	262	275	66	66	610,7	66	66	610,6
Çankaya Kavşağı	126	126	185	102	102	132	98	98	132
Basmane Kavşağı	131	131	99	158	158	131	155	155	134
Gazi Kavşağı	1289	1289	1246	74	74	83	62	62	83
Halit Ziya 2 Kavşağı	126	126	64	60	60	59	60	60	59
Şehit Fethibey Kavşağı	50	50	50	16	16	12	12	12	13
Borsa Kavşağı	939	939	1150	50	50	50	50	50	50

Tek yön sistem (koordine koşul), tramvayın olduğu tüm durumlarda kuyruklanmalar daha fazladır.

8.4 Yakıt Tüketimi

Çalışma bölgesindeki tüm kavşaklar; izole ve koordine koşulda çalıştırıldığında farklı sinyal durumlarında çift yön, tek yön (tramvaylı) ve tek yön (tramvaysız) sistemlerde yakıt tüketim miktarları şekil 8.3’de verilmiştir.



Şekil 8.3 İzole ve Koordine koşul, yakıt tüketim grafiği

Uyarmalı/kullanıcı tarafından tanımlı devre süreli durumda çalışma bölgesinin tamamında; her iki koşulda da yakıt tüketimi çift yön sistemde en yüksek, tek yön (tramvaysız) sistemde en düşük miktardadır.

Uyarmalı/optimum devre süreli durumda çalışma bölgesinin tamamında; her iki koşulda da yakıt tüketimi çift yön sistemde en yüksek, tek yön (tramvaysız) sistemde en düşük miktarda olmaktadır.

Sabit zamanlı/optimum devre süreli durumda çalışma bölgesinin tamamında; her iki koşulda da yakıt tüketiminin çift yön sistemde en yüksek, tek yön (tramvaysız) sistemde en düşük miktarda olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 8.7 İzole koşul, yakıt tüketimi tablosu

Kavşak	İzole Koşul (Yakıt Tüketimi) (lt)								
	Çift Yön Sistem			Tek Yön Sistem (Tramvaylı)			Tek Yön Sistem (Tramvaysız)		
	Uyarmalı/ Kul. Trf. Tan. Dev. Sürelisi	Opt. Dev. Sürelisi	Opt. Dev. Sürelisi	Uyarmalı/ Kul. Trf. Tan. Dev. Sürelisi	Uyarmalı/ Opt. Dev. Sürelisi	Opt. Dev. Sürelisi	Trf. Tan. Dev. Sürelisi	Uyarmalı/ Opt. Dev. Sürelisi	Opt. Dev. Sürelisi
Vakıflar Kavşağı	274,4	264,5	284,1	161,4	169,2	166	161,4	169,2	166
Halit Ziya 1 Kavşağı	5348,3	3131,5	2590,2	2217,6	1389,1	1407	2217,6	1388,9	1407
Çankaya Kavşağı	575,6	496,7	438,9	388,1	387,6	403,8	377,8	377,8	387,2
Basmane Kavşağı	249,1	250,7	242,5	202,6	202,6	202,8	202,8	202,8	202,9
Gazi Kavşağı	1022,7	1022,8	1109,6	209	209,2	216,4	190,2	189,3	192,1
Halit Ziya 2 Kavşağı	1779,5	1332,8	1655	314,6	243,9	243,2	307,3	236,2	217
Şehit Fethibey Kavşağı	377,2	244,8	228,5	68,4	68,4	36,7	63,6	63,6	35
Borsa Kavşağı	563	516,1	570,9	210,8	204,8	229,3	173,7	162,4	161,3

Tek yön sistem (izole koşul); Fevzi Paşa Bulvarı’ndaki Çankaya Kavşağı haricinde tüm kavşaklarda tramvaylı ve tramvaysız durumlarda yakıt tüketimi eşit olmaktadır. Çankaya Kavşağı ve Gazi Bulvarı’ndaki tüm kavşaklarda tramvaylı durumda, tramvaysız durumdan daha fazla yakıt tüketimi olmaktadır.

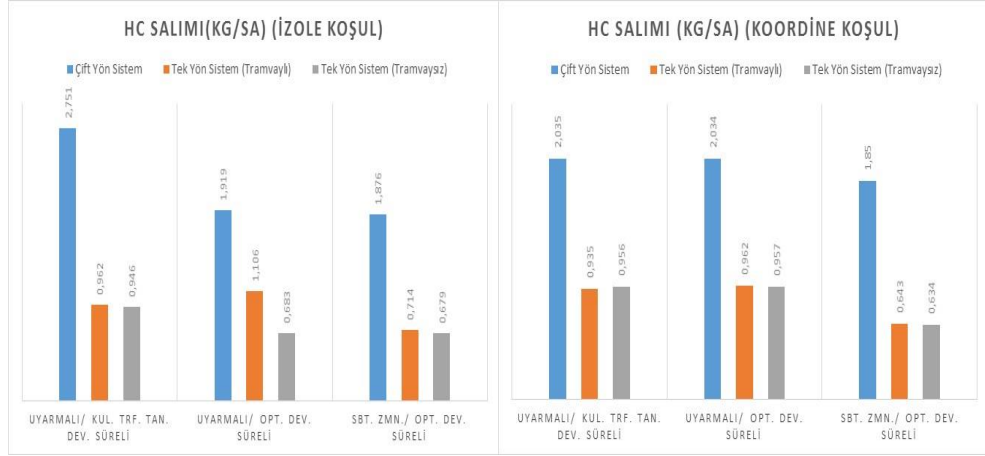
Tablo 8.8 Koordine koşul, yakıt tüketimi tablosu

Koordine Koşul (Yakıt Tüketimi) (lt)									
Kavşak	Çift Yön Sistem			Tek Yön Sistem (Tramvaylı)			Tek Yön Sistem (Tramvaysız)		
	Uyarmalı/ Kul. Trf. Tan. Dev. Süreli	Uyarmalı/ Opt. Dev.	Sbt. Zmn./ Opt. Dev.	Uyarmalı/ Kul. Trf. Tan. Dev. Süreli	Uyarmalı/ Opt. Dev. Süreli	Sbt. Zmn./ Opt. Dev.	Uyarmalı/ Kul. Trf. Tan. Dev.	Uyarmalı/ Opt. Dev. Süreli	Sbt. Zmn./ Opt. Dev.
Vakıflar Kavşağı	1134,1	1134,1	961,1	460,7	460,7	197,2	460,7	460,7	197,2
Halit Ziya 1 Kavşağı	1705,9	1705,9	1656,3	2275	2275	1343,1	2265,1	2265,1	1343
Çankaya Kavşağı	229	229	245,7	258,1	258,1	306,3	253,7	253,7	301,6
Basmane Kavşağı	162	162	168,7	187,3	187,3	206,1	185,8	185,8	206,6
Gazi Kavşağı	3519,7	3519,7	2779,7	166,2	166,2	169,3	152,7	152,7	154,9
Halit Ziya 2 Kavşağı	91,4	91,4	86,1	125,8	125,8	133,8	116,2	116,2	125,8
Şehit Fethibey Kavşağı	48	48	50,6	21,7	21,7	24,5	20,4	20,4	21,1
Borsa Kavşağı	533,5	533,5	848,4	147,1	147,1	154	144,8	144,8	140,2

Tek yön sistem (koordine koşul); Fevzi Paşa Bulvarı’ndaki Çankaya Kavşağı haricinde tüm kavşaklarda tramvaylı ve tramvaysız durumlarda yakıt tüketimi birbirine yakın miktarda olmaktadır. Çankaya Kavşağı ve Gazi Bulvarı’nda bulunan tüm kavşaklarda tramvaylı durumda, tramvaysız durumdan daha fazla yakıt tüketimi olmuştur.

8.5 Hidrokarbon (HC) Salımı

Çalışma bölgesindeki tüm kavşaklar; izole ve koordine koşulda çalıştırıldığında farklı sinyal durumlarında çift yön, tek yön (tramvaylı) ve tek yön (tramvaysız) sistemlerde Hidrokarbon (HC) salım miktarları şekil 8.4’de verilmiştir.



Şekil 8.4 İzole ve Koordine koşul, Hidrokarbon (HC) salım grafiği

Uyarmalı/kullanıcı tarafından tanımlı devre süreli durumda çalışma bölgesinin tamamında, her iki koşulda en yüksek Hidrokarbon (HC) salımı çift yön sistemde görülmüştür. En düşük Hidrokarbon (HC) salımı izole koşulda tek yön (tramvaysız) sistemde, koordine koşulda ise tek yön (tramvaylı) sistemde görülmektedir.

Uyarmalı/optimum devre süreli durumda çalışma bölgesinin tamamında: Hidrokarbon (HC) salımı çift yön sistemde en yüksek, tek yön (tramvaysız) sistemde en düşük miktardadır.

Sabit zamanlı/optimum devre süreli durumda çalışma bölgesinin tamamında; Hidrokarbon (HC) salımı çift yön sistemde en yüksek, tek yön (tramvaysız) sistemde en düşük miktarda olmaktadır.

Tablo 8.9 İzole koşul, Hidrokarbon (HC) salım tablosu

İzole Koşul (HC) (kg)									
Kavşak	Çift Yön Sistem			Tek Yön Sistem (Tramvaylı)			Tek Yön Sistem (Tramvaysız)		
	Uyarmalı/ Kul. Trf. Tan. Dev. Süreli	Uyarmalı/ Opt. Dev.	Sbt. Zmn./ Opt. Dev.	Uyarmalı/ Kul. Trf. Tan. Dev. Süreli	Uyarmalı/ Opt. Dev. Süreli	Sbt. Zmn./ Opt. Dev.	Uyarmalı/ Kul. Trf. Tan. Dev.	Uyarmalı/ Opt. Dev. Süreli	Sbt. Zmn./ Opt. Dev.
Vakıflar Kavşağı	0,068	0,066	0,072	0,04	0,042	0,041	0,04	0,042	0,041
Halit Ziya 1 Kavşağı	1,493	0,863	0,705	0,604	0,366	0,371	0,604	0,366	0,371
Çankaya Kavşağı	0,131	0,109	0,092	0,083	0,083	0,087	0,08	0,08	0,082
Basmane Kavşağı	0,058	0,057	0,055	0,045	0,45	0,046	0,046	0,045	0,046
Gazi Kavşağı	0,272	0,272	0,297	0,046	0,045	0,048	0,043	0,042	0,043
Halit Ziya 2 Kavşağı	0,491	0,365	0,457	0,079	0,058	0,059	0,078	0,057	0,052
Şehit Fethibey Kavşağı	0,1	0,063	0,059	0,016	0,015	0,007	0,015	0,015	0,007
Borsa Kavşağı	0,138	0,124	0,139	0,049	0,047	0,055	0,04	0,036	0,037

Tek yön sistem (izole koşul); Fevzi Paşa Bulvarı'ndaki Çankaya Kavşağı haricinde tüm kavşaklarda tramvaylı ve tramvaysız durumlarda Hidrokarbon (HC) salımı eşit olmaktadır. Çankaya Kavşağı ve Gazi Bulvarı'nda bulunan tüm kavşaklarda tramvaylı durumda, tramvaysız durumdan daha fazla Hidrokarbon (HC) salımı olmuştur.

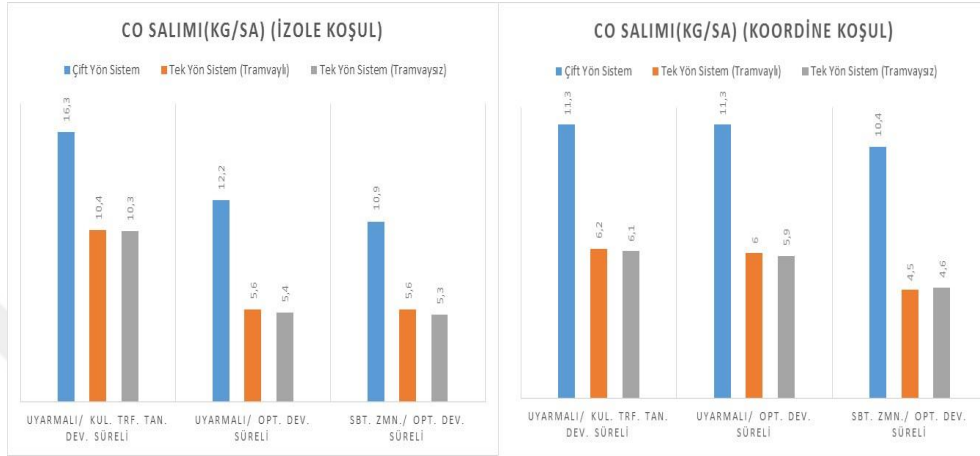
Tablo 8.10 Koordine koşul, Hidrokarbon (HC) salım tablosu

Koordine Koşulu (HC) (kg)									
Kavşak	Çift Yön Sistem			Tek Yön Sistem (Tramvaylı)			Tek Yön Sistem (Tramvaysız)		
	Uyarmalı/ Kul. Trf. Tan. Dev. Süreli	Uyarmalı/ Opt. Dev.	Sbt. Zmn./ Opt. Dev.	Uyarmalı/ Kul. Trf. Tan. Dev. Süreli	Uyarmalı/ Opt. Dev. Süreli	Sbt. Zmn./ Opt. Dev.	Uyarmalı/ Kul. Trf. Tan. Dev.	Uyarmalı/ Opt. Dev. Süreli	Sbt. Zmn./ Opt. Dev.
Vakıflar Kavşağı	0,315	0,315	0,265	0,126	0,126	0,051	0,126	0,126	0,051
Halit Ziya 1 Kavşağı	0,475	0,475	0,459	0,632	0,632	0,365	0,629	0,629	0,365
Çankaya Kavşağı	0,052	0,051	0,055	0,057	0,057	0,069	0,056	0,056	0,068
Basmane Kavşağı	0,039	0,038	0,039	0,043	0,043	0,047	0,043	0,043	0,047
Gazi Kavşağı	0,986	0,986	0,776	0,038	0,038	0,039	0,038	0,037	0,036
Halit Ziya 2 Kavşağı	0,022	0,023	0,021	0,03	0,03	0,032	0,028	0,028	0,03
Şehit Fethibey Kavşağı	0,012	0,012	0,013	0,005	0,004	0,005	0,004	0,004	0,005
Borsa Kavşağı	0,134	0,134	0,222	0,032	0,032	0,035	0,032	0,034	0,032

Tek yön sistem (koordine koşul); Fevzi Paşa Bulvarı'ndaki Vakıflar ve Basmane Kavşaklarında tramvaylı ve tramvaysız durumlarda Hidrokarbon (HC) salımı birbirine yakın miktarda olmaktadır. Diğer kavşaklarda tramvaylı durumda, tramvaysız durumdan daha fazla Hidrokarbon (HC) salımı olmaktadır.

8.6 Karbonmonoksit (CO) Salımı

Çalışma bölgesindeki tüm kavşaklar; izole ve koordine koşulda çalıştırıldığında farklı sinyal durumlarında çift yön, tek yön (tramvaylı) ve tek yön (tramvaysız) sistemlerde Karbonmonoksit (CO) salım miktarları şekil 8.5’de verilmiştir.



Şekil 8.5 İzole ve Koordine koşul, Karbonmonoksit (CO) salım grafiği

Uyarmalı/kullanıcı tarafından tanımlı devre süreli durumda çalışma bölgesinin tamamında; her iki koşulda Karbonmonoksit (CO) salımının çift yön sistemde en yüksek, tek yön (tramvaylı) sistemde en düşük miktarda olduğu tespit edilmiştir.

Uyarmalı/optimum devre süreli durumda çalışma bölgesinin tamamında; her iki koşulda Karbonmonoksit (CO) salımı çift yön sistemde en yüksek, tek yön (tramvaysız) sistemde en düşük miktarda olmaktadır.

Sabit zamanlı/optimum devre süreli durumda çalışma bölgesinin tamamında; her iki koşulda Karbonmonoksit (CO) salımı çift yön sistemde en yüksek, tek yön (tramvaysız) sistemde en düşük miktarda gerçekleşmiştir.

Tablo 8.11 İzole koşul, Karbonmonoksit (CO) salım tablosu

İzole Koşul (CO) (kg)									
Kavşak	Çift Yön Sistem			Tek Yön Sistem (Tramvaylı)			Tek Yön Sistem (Tramvaysız)		
	Uyarmalı/ Kul. Trf. Tan. Dev. Süreli	Uyarmalı/ Opt. Dev.	Sbt. Zmn./ Opt. Dev.	Uyarmalı/ Kul. Trf. Tan. Dev. Süreli	Uyarmalı/ Opt. Dev. Süreli	Sbt. Zmn./ Opt. Dev.	Uyarmalı/ Kul. Trf. Tan. Dev.	Uyarmalı/ Opt. Dev. Süreli	Sbt. Zmn./ Opt. Dev.
Vakıflar Kavşağı	0,6	0,6	0,6	4	0,4	0,4	4	0,4	0,4
Halit Ziya 1 Kavşağı	7,5	4,4	3,6	3,1	1,9	1,9	3,1	1,9	1,9
Çankaya Kavşağı	1,4	1,3	1,2	1	1	1,1	1	1	1
Basmane Kavşağı	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Gazi Kavşağı	1,7	1,7	1,8	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5
Halit Ziya 2 Kavşağı	2,6	2	1,5	0,6	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5
Şehit Fethibey Kavşağı	0,7	0,5	0,5	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1
Borsa Kavşağı	1,2	1,1	1,1	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4

Tek yön sistem (izole koşul); Çankaya, Borsa ve Gazi Kavşaklarında tramvaylı durumda, tramvaysız durumdan daha fazla Karbonmonoksit (CO) salımı olmaktadır. Diğer kavşaklarda tramvaylı ve tramvaysız durumlarda Karbonmonoksit (CO) salımı eşit miktardadır.

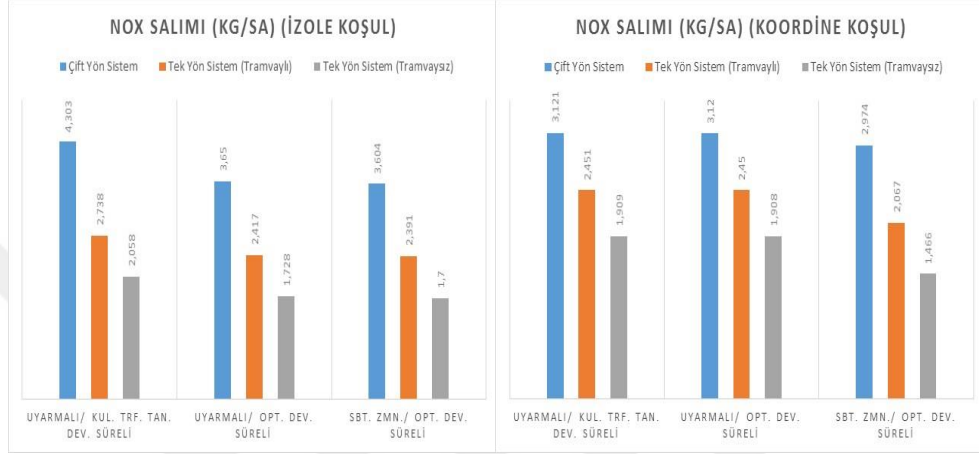
Tablo 8.12 Koordine koşul, Karbonmonoksit (CO) salım tablosu

Koordine Koşul (CO) (kg)									
Kavşak	Çift Yön Sistem			Tek Yön Sistem (Tramvaylı)			Tek Yön Sistem (Tramvaysız)		
	Uyarmalı/ Kul. Trf. Tan. Dev. Süreli	Uyarmalı/ Opt. Dev.	Sbt. Zmn./ Opt. Dev.	Uyarmalı/ Kul. Trf. Tan. Dev. Süreli	Uyarmalı/ Opt. Dev. Süreli	Sbt. Zmn./ Opt. Dev.	Uyarmalı/ Kul. Trf. Tan. Dev.	Uyarmalı/ Opt. Dev. Süreli	Sbt. Zmn./ Opt. Dev.
Vakıflar Kavşağı	1,5	1,6	1,4	0,8	0,7	0,4	0,8	0,7	0,4
Halit Ziya 1 Kavşağı	2,3	2,4	2,3	3	3	1,6	3	3	1,6
Çankaya Kavşağı	0,7	0,6	0,6	0,7	0,6	0,8	0,7	0,6	0,8
Basmane Kavşağı	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5	0,4	0,5
Gazi Kavşağı	5	5	4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Halit Ziya 2 Kavşağı	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Şehit Fethibey Kavşağı	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Borsa Kavşağı	1	1	1,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

Tek yön sistem (koordine koşul); Kavşakların tamamında, tramvaylı ve tramvaysız durumlarda Karbonmonoksit (CO) salımı eşit miktardadır.

8.7 Nitrikoksit (NOX) Salımı

Çalışma bölgesindeki tüm kavşaklar; izole ve koordine koşulda çalıştırıldığında farklı sinyal durumlarında çift yön, tek yön (tramvaylı) ve tek yön (tramvaysız) sistemlerde Nitrikoksit (NOX) salım miktarları şekil 8.6’de verilmiştir.



Şekil 8.6 İzole ve Koordine koşul, Nitrikoksit (NOX) salım grafiği

Uyarmalı/kullanıcı tarafından tanımlı devre süreli durumda çalışma bölgesinin tamamında; her iki koşulda da Nitrikoksit (NOX) salımı çift yön sistemde en yüksek, tek yön (tramvaysız) sistemde en düşük miktarda olmaktadır.

Uyarmalı/optimum devre süreli durumda çalışma bölgesinin tamamında; her iki koşulda da Nitrikoksit (NOX) salımı çift yön sistemde en yüksek, tek yön (tramvaysız) sistemde en düşük miktarda olmuştur.

Sabit zamanlı/optimum devre süreli durumda çalışma bölgesinin tamamında; her iki koşulda da Nitrikoksit (NOX) salımının çift yön sistemde en yüksek, tek yön (tramvaysız) sistemde en düşük miktarda olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 8.13 İzole koşul, Nitrikoksit (NOX) salım tablosu

İzole Koşul (NOX) (kg)									
Kavşak	Çift Yön Sistem			Tek Yön Sistem (Tramvaylı)			Tek Yön Sistem (Tramvaysız)		
	Uyarmalı/ Kul. Trf. Tan. Dev. Süreli	Uyarmalı/ Opt. Dev.	Sbt. Zmn./ Opt. Dev.	Uyarmalı/ Kul. Trf. Tan. Dev. Süreli	Uyarmalı/ Opt. Dev. Süreli	Sbt. Zmn./ Opt. Dev.	Uyarmalı/ Kul. Trf. Tan. Dev.	Uyarmalı/ Opt. Dev. Süreli	Sbt. Zmn./ Opt. Dev.
Vakıflar Kavşağı	0,249	0,238	0,258	0,167	0,182	0,179	0,167	0,182	0,18
Halit Ziya 1 Kavşağı	1,724	1,221	0,989	0,86	0,555	0,556	0,86	0,555	0,556
Çankaya Kavşağı	0,35	0,368	0,323	0,284	0,284	0,304	0,279	0,279	0,294
Basmane Kavşağı	0,19	0,192	0,192	0,169	0,169	0,173	0,169	0,169	0,173
Gazi Kavşağı	0,501	0,501	0,536	0,388	0,39	0,396	0,157	0,16	0,162
Halit Ziya 2 Kavşağı	0,703	0,627	0,796	0,375	0,342	0,361	0,221	0,182	0,173
Şehit Fethibey Kavşağı	0,267	0,194	0,188	0,142	0,142	0,059	0,066	0,066	0,026
Borsa Kavşağı	0,319	0,309	0,322	0,353	0,353	0,363	0,139	0,135	0,136

Tek yön sistem (izole koşul); Fevzi Paşa Bulvarı'ndaki Çankaya Kavşağı haricinde tüm kavşaklarda tramvaylı ve tramvaysız durumlarda Nitrikoksit (NOX) salımı eşit olmaktadır. Çankaya Kavşağı ve Gazi Bulvarı'nda bulunan tüm kavşaklarda tramvaylı durumda, tramvaysız durumdan daha fazla Nitrikoksit (NOX) salımı gerçekleşmiştir.

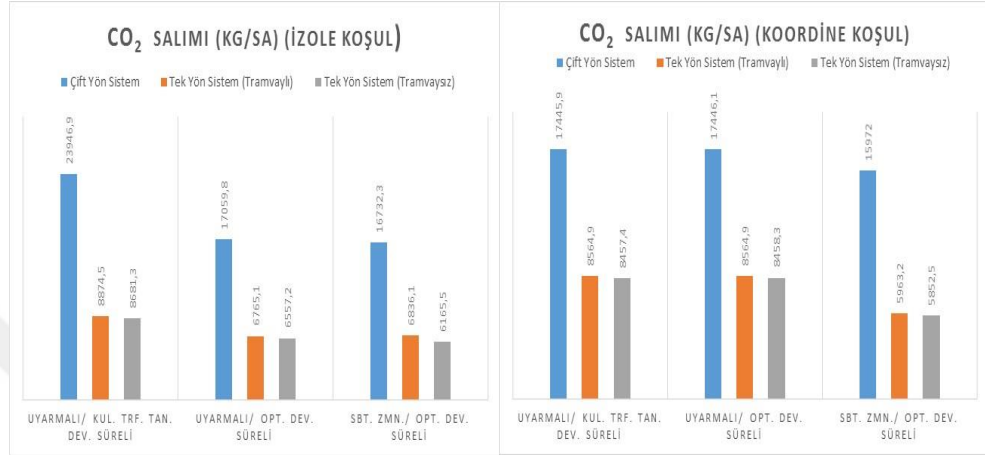
Tablo 8.14 Koordine koşul, Nitrikoksit (NOX) salım tablosu

Koordine Koşul (NOX) (kg)									
Kavşak	Çift Yön Sistem			Tek Yön Sistem (Tramvaylı)			Tek Yön Sistem (Tramvaysız)		
	Uyarmalı/ Kul. Trf. Tan. Dev. Süreli	Uyarmalı/ Opt. Dev.	Sbt. Zmn./ Opt. Dev.	Uyarmalı/ Kul. Trf. Tan. Dev. Süreli	Uyarmalı/ Opt. Dev. Süreli	Sbt. Zmn./ Opt. Dev.	Uyarmalı/ Kul. Trf. Tan. Dev.	Uyarmalı/ Opt. Dev. Süreli	Sbt. Zmn./ Opt. Dev.
Vakıflar Kavşağı	0,669	0,668	0,589	0,344	0,344	0,198	0,344	0,344	0,198
Halit Ziya 1 Kavşağı	0,69	0,69	0,698	0,859	0,858	0,495	0,859	0,855	0,495
Çankaya Kavşağı	0,178	0,178	0,19	0,2	0,2	0,238	0,197	0,197	0,234
Basmane Kavşağı	0,13	0,13	0,136	0,149	0,149	0,165	0,149	0,149	0,165
Gazi Kavşağı	1,058	1,058	0,881	0,304	0,304	0,308	0,133	0,133	0,133
Halit Ziya 2 Kavşağı	0,081	0,081	0,073	0,254	0,254	0,266	0,099	0,099	0,105
Şehit Fethibey Kavşağı	0,045	0,045	0,048	0,037	0,037	0,07	0,018	0,018	0,019
Borsa Kavşağı	0,27	0,27	0,359	0,304	0,304	0,327	0,114	0,114	0,117

-Tek yön sistem (koordine koşul); Fevzi Paşa Bulvarı'ndaki Çankaya Kavşağı haricinde tüm kavşaklarda tramvaylı ve tramvaysız durumlarda Nitrikoksit (NOX) salımı eşit olmaktadır. Çankaya Kavşağı ve Gazi Bulvarı'nda bulunan tüm kavşaklarda tramvaylı durumda, tramvaysız durumdan daha fazla Nitrikoksit (NOX) salımı olmuştur.

8.8 Karbondioksit (CO₂) Salımı

Çalışma bölgesindeki tüm kavşaklar; izole ve koordine koşulda çalıştırıldığında farklı sinyal durumlarında çift yön, tek yön (tramvaylı) ve tek yön (tramvaysız) sistemlerde Karbondioksit (CO₂) salım miktarları şekil 8.7’de verilmiştir.



Şekil 8.7 İzole ve Koordine koşul, Karbondioksit (CO₂) salım grafiği

Uyarmalı/kullanıcı tarafından tanımlı devre süreli durumda çalışma bölgesinin tamamında; her iki koşulda Karbondioksit (CO₂) salımının çift yön sistemde en yüksek, tek yön (tramvaylı) sistemde en düşük miktarda olduğu tespit edilmiştir.

Uyarmalı/optimum devre süreli durumda çalışma bölgesinin tamamında; her iki koşulda Karbondioksit (CO₂) salımı çift yön sistemde en yüksek, tek yön (tramvaysız) sistemde en düşük miktarda olmuştur.

Sabit zamanlı/optimum devre süreli durumda çalışma bölgesinin tamamında; her iki koşulda Karbondioksit (CO₂) salımının çift yön sistemde en yüksek, tek yön (tramvaysız) sistemde en düşük miktarda olduğu belirlenmiştir.

Tablo 8.15 İzole koşul, Karbondioksit (CO₂) salım tablosu

İzole Kavşak Koşulu (CO ₂) (kg)									
Kavşak	Çift Yön Sistem			Tek Yön Sistem (Tramvaylı)			Tek Yön Sistem (Tramvaysız)		
	Uyarmalı/ Kul. Trf. Tan. Dev. Süreli	Uyarmalı/ Opt. Dev.	Sbt. Zmn./ Opt. Dev.	Uyarmalı/ Kul. Trf. Tan. Dev. Süreli	Uyarmalı/ Opt. Dev. Süreli	Sbt. Zmn./ Opt. Dev.	Uyarmalı/ Kul. Trf. Tan. Dev.	Uyarmalı/ Opt. Dev. Süreli	Sbt. Zmn./ Opt. Dev.
Vakıflar Kavşağı	644,7	621,4	667,7	379,3	397,8	390,2	379,1	397,8	390,2
Halit Ziya 1 Kavşağı	12568,6	7359	6087	5211,6	3264,3	3306,3	5211,6	3264,3	3306,4
Çankaya Kavşağı	1352,5	1167	1031,4	912,1	910,9	949	887,9	887,9	909,8
Basmane Kavşağı	586,1	589	570	476	476	476,7	476,5	476,5	476,7
Gazi Kavşağı	2403,4	2403,5	2607,7	494,2	494,7	511,7	446,7	444,7	451,3
Halit Ziya 2 Kavşağı	4181,9	3131,9	3889,7	741,5	575,5	573,9	722	554,8	510
Şehit Fethibey Kavşağı	886,4	575,3	537,1	161,7	161,8	86,6	149,4	149,4	82,2
Borsa Kavşağı	1323,3	1212,7	1341,7	498,1	484,1	541,7	408,1	381,8	38,9

Tek yön sistem (izole koşul); Fevzi Paşa Bulvarı'ndaki Çankaya Kavşağı haricinde tüm kavşaklarda tramvaylı ve tramvaysız durumlarda Karbondioksit (CO₂) salımı eşit olmaktadır. Çankaya Kavşağı ve Gazi Bulvarı'nda bulunan tüm kavşaklarda tramvaylı durumda, tramvaysız durumdan daha fazla Karbondioksit (CO₂) salımı olmuştur.

Tablo 8.16 Koordine koşul, Karbondioksit (CO₂) salım tablosu

Ağ Kavşak Koşulu (CO ₂) (kg)									
Kavşak	Çift Yön Sistem			Tek Yön Sistem (Tramvaylı)			Tek Yön Sistem (Tramvaysız)		
	Uyarmalı/ Kul. Trf. Tan. Dev. Süreli	Uyarmalı/ Opt. Dev.	Sbt. Zmn./ Opt. Dev.	Uyarmalı/ Kul. Trf. Tan. Dev. Süreli	Uyarmalı/ Opt. Dev. Süreli	Sbt. Zmn./ Opt. Dev.	Uyarmalı/ Kul. Trf. Tan. Dev.	Uyarmalı/ Opt. Dev. Süreli	Sbt. Zmn./ Opt. Dev.
Vakıflar Kavşağı	2665,4	2665,4	2258,5	1082,8	1082,8	463,5	1082,8	1082,8	463,5
Halit Ziya 1 Kavşağı	4008,9	4009	3892,3	5345,9	5345,9	3156,2	5322,7	5322,7	3156
Çankaya Kavşağı	537,9	537,9	577,6	606,3	606,3	719,7	596,5	596,5	708,7
Basmane Kavşağı	380,8	380,8	396,8	440	440	484,2	436,3	436,3	485,4
Gazi Kavşağı	8271,5	8271,5	6532,2	392,7	392,7	400	358,9	358,9	364,1
Halit Ziya 2 Kavşağı	214,7	214,8	202,1	297,8	297,8	316,5	273,1	273,1	295,6
Şehit Fethibey Kavşağı	112,9	112,9	118,8	51,3	51,3	58,2	47,9	47,9	49,7
Borsa Kavşağı	1253,8	1253,8	1993,7	348,1	348,1	364,9	339,2	340,1	329,5

Tek yön sistem (koordine koşul); Fevzi Paşa Bulvarı'ndaki Çankaya Kavşağı haricinde tüm kavşaklarda tramvaylı ve tramvaysız durumlarda Karbondioksit (CO₂) salımı eşit olmaktadır. Çankaya Kavşağı ve Gazi Bulvarı'ndaki tüm kavşaklarda tramvaylı durumda, tramvaysız durumdan daha fazla Karbondioksit (CO₂) salımı olmuştur.

BÖLÜM DOKUZ

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışmanın amacı, sinyalize eşdüzey kavşaklarda çift yön ve tek yön sistem performans değerlerinin karşılaştırılmasıdır. Sonuçlarının gerçekçi olması için, her iki sistem Sıdrada aynı sinyal devresi ve kontrol tipinde tasarlanarak karşılaştırma yapılmıştır. Ayrıca çift yön sistemde tramvaysız olarak hizmet verdiğinden dolayı, tek yön sistem tramvaysız olarak da tasarlanmıştır.

İncelenen veriler ve yapılan analizler sonucunda; çalışma bölgesinin kavşak performans parametrelerinin kavşak geometrisi, sinyal devresi, işletme çeşidi, kontrol tipi özelliklerine bağlı değiştiği tespit edilmiştir.

İşletme çeşidine göre karşılaştırıldığında; gecikme, kuyruk uzunluğu, yakıt tüketimi, salım miktarlarında tek yön sistemin daha olumlu sonuçlar verdiği görülmüştür.

Kontrol tipi bakımından değerlendirildiğinde; sadece gecikme sürelerinde izole sistemin avantaj sağladığı, diğer tüm parametrelerde koordine sistemin avantaj sağladığı tespit edilmiştir.

Sinyal devresine göre karşılaştırma yapıldığında; tüm parametrelerde sabit zamanlı devre süreli durum, değişken zamanlı devre süreli durumdan daha avantajlı sonuçlar vermektedir.

Sistem tek yön tramvaylı ve tramvaysız olarak analiz edildiğinde ise; gecikme, kuyruk uzunluğu, yakıt tüketimi ve salım miktarlarında tramvaylı durumun dezavantajlı olduğu görülmüştür. Performans değerlerindeki düşüşün başlıca sebebi; tramvaydan dolayı trafik akımının kesintiye uğramasıdır.

Çankaya, Gazi ve Basmane Kavşaklarına ait eldeki çift yön sistem ve gözlem sonucu elde edilen tek yön sistem saatlik trafik hacimleri karşılaştırılmıştır. Trafik

hacimleri çift yön sistemde Çankaya Kavşağı'nda 5050 (ta/sa), Basmane Kavşağı'nda 3780 (ta/sa) ve Gazi Kavşağı'nda 4827 (ta/sa); tek yön sistemde ise Çankaya Kavşağı'nda 4888 (ta/sa), Basmane Kavşağı'nda 4476 (ta/sa) ve Gazi Kavşağı'nda 3201 (ta/sa) olmuştur. Taşıt hacimlerinde, Fevzi Paşa Bulvarı'nda % 5 oranında artış ve Gazi Paşa Bulvarı'nda ise % 34 oranında azalma olduğu tespit edilmiştir. Gazi Paşa Bulvarı'nda taşıt hacmindeki azalmanın, çevre yolundan Konak yönüne devam eden taşıtların bir kısmının Gazi Bulvarı yerine Konak Tüneli'ni kullanmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

Çalışma bölgesi halihazırda tek yön, değişken zamanlı devre süreli ve izole sistemde hizmet vermektedir. Performans değerlerinin iyileştirilmesi için, sistemin sabit zamanlı ve koordine sistemde hizmet vermesi daha uygun olacaktır.

Gecikme ve kuyruklanmaları azaltarak maksimum performansı elde etmenin bir başka yöntemi de yol geometrisinde değişikliklerin yapılmasıdır.

Konak yönünden gelip Alsancak yönüne gidecek taşıtların da kullanması için, özellikle trafiğin yoğun olduğu zirve saatlerde Borsa Kavşağı güney ayağı çift yön sisteme dönüştürülebilir. Böylece taşıtların Borsa Kavşağı'na üç kavşağı kullanarak varması yerine, direk ulaşması sağlanacaktır. Gereksiz taşıt yoğunluğu ve kuyruklanmalar önemli miktarda azaltılabilir.

Çalışma bölgesinde bulunan yol kenarı parklanmalar, kavşakları kapasitesinin altında hizmet vermeye zorlamaktadır. Gün içinde denetimler arttırılarak, özellikle zirve saatlerde kısa süreli de olsa yol kenarı parklanmaların yasaklanması ile kavşak performansı arttırılabilir.

Bölgede çok fazla tali yol olduğundan dolayı, tali yoldan ana yola katılımın mümkün olduğu kadar az noktadan olması sağlanmalıdır. Böylece hem yol güvenliği arttırılarak meydana gelebilecek kazalar engellenebilir, hem de araçların gereksiz dur kalkları azaltılarak trafik daha akıcı hale getirilebilir.

Çalışma bölgesi merkezi iş alanlarının fazla olduğu bir bölgede bulunduğundan, yoğun yaya hareketliliği görülmektedir. Sinyalizasyona uymayan yaya hareketleri, trafik akıcılığını olumsuz etkilemektedir. Taşıt hareketlerini kısıtlayarak bir sonraki faza kalmalarına sebep olmaktadır. Yaya hareketlerinin düzenlenmesiyle gecikme ve kuyruklanmalar minimize edilerek, performans değerleri iyileştirilebilir.

Düz devam eden taşıtlar, sağa ve sola dönen taşıtların önünü kapatarak hareketlerini kısıtlamaktadır. Sağa ve sola dönen taşıtların sonraki faza kalmasına ve kavşakta kuyruklanmalara sebep olmaktadır. Sürücü farkındalığı arttırılarak, bu sorunlar giderilebilir. Böylece gecikme ve kuyruklanmalar azaltılıp, performans değerleri iyileştirilebilir.

Trafik ışık ve levhalarının, sürücülerin daha rahat göreceği konum ve boyutta olması sürücülerin kafa karışıklığını azaltarak daha hızlı ve doğru karar vermesini sağlayacaktır. Seyahat mesafeleri kısalmış, gereksiz tıkanmalar minimize edilerek, yüksek performans değerleri elde edilebilir.

Çalışma bölgesinde kuyruklanmaların en yüksek olduğu Gazi Kavşağı doğu yaklaşım kolunda yol ortasında bulunan fiziksel engellerin kaldırılarak yola katılmasıyla, özel sağa ve sola dönüş şeritleriyle kavşaktaki tıkanmalar azaltılarak trafik daha akıcı hale getirilebilir.

Yol ortasında bulunan fiziksel engeller, mobilize olarak tasarlanabilir. Gün içinde trafik yoğunluğuna göre hareket ettirilip, trafiğin yoğun olduğu yol kısmının şerit sayısı arttırılarak kuyruklanmalar azaltılabilir.

Elde edilen performans değerleri sadece sabah zirve saatinde alınan trafik verileri ile elde edilmiştir. Kavşak düzenlenmeleri için, daha sık ve fazla miktarda gözlem yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Akçelik, R. (1993). *Traffic signals capacity and timing analysis*. Melbourne, Australia: Australian Road Research Board.
- Akçelik, R. (2011). *Sidra intersection user guide*. Victoria, Australia: Akçelik&Associates Pty. Ltd.
- Akçelik, R. (1998). *Traffic signals capacity and timing analysis*. Australia: Australian Road Research Board Transport.
- Akmaz, M.M. (2012). *Konya'nın önemli sinyalizasyon kavşaklarının bilgisayar programı ile incelenmesi*. Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Alemdar, K.D. (2019). *Kavşak tasarımlarının karar verme teknikleri ile değerlendirilmesi*. Yüksek lisans tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Ayfer, M.Ö. (1977). *Trafik sinyalizasyonu*. Ankara: T.C. Bayındırlık Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü.
- Bacon, M.E. (2009). *One-way to two-way street conversions as a preservation and downtown revitalization tool*. Yüksek lisans tezi, Clemson University, Clemson.
- Case, R.B. (2017). *Identifying candidate streets for conversion from one-way to two-way*. Virginia, U.S.A.: Hampton Roads Transportation Planning Org.
- Chiu, Y.C., Zhou, X. ve Hernandez J. (2007). Evaluating urban downtown one way to two way street conversion using multiple resolution simulation and assignment approach. *Journal of Urban Planning and Development*, 133(4), 222-232.

Coşkun, F. (2014). *Sinyalize kavşaklarda şerit kullanım özellikleri ve şerit seçim özellikleri dikkate alınarak doygun akım ve reaksiyon sürelerinin incelenmesi*, Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

Çalışkanelli, S.P. ve Tanyel S. (2018). Sinyalize kavşaklarda doygun akım değerinin irdelenmesi. *İMO Teknik Dergi*, 496, 8225-8248.

Dept. of public works traffic and parking services division, (2010). *Hennepin Avenue and 1st Avenue two-way conversion evaluation report*, Minneapolis, Minnesota. 14-15.

Dorroh R.F. ve Kochever R.A. (1996). One-way conversions for calming Denver's Streets, *ITE International Conference*, 109–113.

Faustman, D.J. (1950). Improving the traffic access to Sacramento's business district. Washington, U.S.A., *Eno Transportation Foundation*, 4 (3), 239-259.

Fowler, F.T. (1953). One-way grid system of Portland, Oregon. *Traffic Engineering*, 231.

Gayah, V. V. ve Daganzo C.F. (2012). Analytical capacity comparison of one-way and two-way signalized street networks. *Journal of the Transportation Research Record*, 2301 (1), 76-85.

Gheorghe C. (2014). Comparative analysis of the performance of one-way and two-way urban road network. *International Congress of Automotive and Transport Engineering- Mobility Eengineering and Environment*, 252, 1-7.

Güldamlaşı, G. A. (2007). *Tek yön sistemlerin çift yöne dönüştürülmesinin sonuçları ve performans analizi üzerine araştırma*. Yüksek lisans tezi, Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir.

- Hart, J.D. (1998). Converting back to two way streets in downtown Lubbock. *ITE Journal*, 38-46.
- Homburger, W. S. (1982). *Transportation and traffic engineering handbook* (2). Englewood Cliffs. NJ: Prentice hall.
- Howe, A. (2016). Optimal city street network design under uncertainty. *Alphanumeric Journal*, 4 (1), 11-16.
- Karagheuzoff, Theodore. (1972). Traffic engineering succeeds in New York City. *ITE Traffic Engineering*, 18–72.
- Kutlu, K. (1993). *Trafik tekniği*. İstanbul: İTÜ İnşaat Fakültesi matbaası.
- Launceston City heart project. (2014). *Report for City of Launceston*. 2 Haziran, 2020. http://GHD_report_on_two_way_street_conversion.
- Levin, M. (2002). No walk in the park, two-way streets no walk in the park. *Austin Review*, 343-347.
- Meng, L.K. ve Thu S. (2004). A microscopic simulation study of two-way street network versus one-way street network. *Journal of The Institution of Engineers, Singapore*, 44 (2), 111-122.
- Murat, Y. Ş. (1996). *Denizli şehiriçi kavşaklarındaki trafik akımlarının bilgisayarla incelenmesi*. Yüksek lisans tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli.
- Murat, Y. Ş. (2012). *Trafik mühendisliği ders notları*. Denizli: Pamukkale Üniversitesi.
- Murat, Y.Ş. (1999). Kentsel ulaşım çerçevesinde sinyalizasyon kavşak etüdüleri, 2. *Ulusal Kentsel Altyapı Sempozyumu*, 75-86.

- Pflum, Klausmeier ve Gehrum Consultants, Inc. (1999). *Pennsylvania Street/Delaware Street/Central Avenue Analysis of Impacts Conversion to Two-Way Operation*. Indianapolis, 3.
- Porter M. ve Porter S. (2018). Empirical evidence demonstrating the inferiority of one-way street to two-way street. *Public comment, city of bend citywide transportation advisory committee*, 1-32.
- Ranger W.W. ve Gilderbloom J.I. (2015). Two way street conversion. *Journal of Planning Education and Research*, 36 (1),105-118.
- Riggs, W. ve Gilderbloom, J.I. (2017). How multi-lane, one way street design shapes neighborhood life: collision, crime and community. *The International Journal of Justice and Sustainability*, 22 (8), 917-933.
- Riggs, W. ve Gilderbloom, J.I. (2015). Two way street conversion, evidence of increased livability. *Journal of Planning Education and Research*, 36 (1), 105-118.
- Roess, R. P. ve Prassas, E. V. (2004). *Traffic engineering 3rd Edition*. N.J., U.S.A: Prentice Hall.
- Sisiopiku, V.P. ve Chemmannur J. (2008). Conversion of one-way street to two-way street in downtown Birmingham. *In Metropoliton Conference on Public Transportation Research, Chicago, Illinois*, 1-26.
- Umar, F. ve Yayla, N. (1992). *Yol inşaatı*. İstanbul: İ.T.Ü İnşaat Fakültesi matbaası.
- Uysal, Y. (2001). *Kavşak ve kavşaklarda sinyalizasyon*. 13 Haziran, 2020 <https://muhaz.org/kavsak-ve-kavsaklarda-sinyalizasyon.html>. 8.
- Varlıorpak, Ç. (1982). *Trafik ders notları*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi matbaası.

Walker, Kulash ve Hugh M. (1983). Economic and traffic effects of Bismarck's 7th and 9th Streets one-way. *TRB Circular E-C09-Urban Street Symposium*. Bismarck, North Dakota: U.S.A.

Walker, W., Kulash, W., ve McHugh, B. (2000). Are We Strangling Ourselves on One-Way Networks. *In Urban Street Symposium Conference Proceedings*, 501, 18.

Washington Olympia, WA, Highway Commission. (1952). *Traffic engineering division, State of Washington*. A study of vehicle traffic and business trends "before" and "after" one-way streets in Olympia.

Wazana, A. Rynard, V.L., Raina, P., Krueger, P. ve Chambers, L. W. (2000). Are child pedestrian at increased risk of injury on on way compared to two way Street? *Canadian Journal of Public Health*, 91 (3), 201-206.

Webster, F.V. ve Cobbe B.M. (1966). *Traffic Signals, (1. Edition)*. London: Her Majesty's Stationery Office.

Wiley, T.T. (1959). Traffic engineering in the city of New York. *ITE Traffic Engineering*, 29 (12), 11-13.

Yayla, N. (1993). *Türkçe-İngilizce karayolu ve trafik terimleri sözlüğü*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi matbaası.

Yayla, N. (2004). *Karayolu mühendisliği kitabı*. İstanbul: Birsen Yayınevi.