

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**ŞEHİR İÇİNDE SİNYALİZE BİR KAVŞAĞIN PERFORMANSININ ANALİZİ
VE İYİLEŞTİRİLMESİ ÇALIŞMALARI: ANTALYA İLİ KONYAALTI İLÇESİ
ÖRNEĞİ**

Bahadır Ersoy ULUSOY

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EKİM 2022

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**ŞEHİR İÇİNDE SİNYALİZE BİR KAVŞAĞIN PERFORMANSININ ANALİZİ
VE İYİLEŞTİRİLMESİ ÇALIŞMALARI: ANTALYA İLİ KONYAALTI İLÇESİ
ÖRNEĞİ**

Bahadır Ersoy ULUSOY

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EKİM 2022

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ŞEHİR İÇİNDE SİNYALİZE BİR KAVŞAĞIN PERFORMANSININ ANALİZİ
VE İYİLEŞTİRİLMESİ ÇALIŞMALARI: ANTALYA İLİ KONYAALTI İLÇESİ
ÖRNEĞİ**

**Bahadır Ersoy ULUSOY
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Bu tez Akdeniz Üniversitesi BAP Koordinasyon Birimi tarafından FYL-2022-5780
nolu proje numarasıyla desteklenmiştir.**

EKİM 2022

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ŞEHİR İÇİNDE SİNYALİZE BİR KAVŞAĞIN PERFORMANSININ ANALİZİ
VE İYİLEŞTİRİLMESİ ÇALIŞMALARI: ANTALYA İLİ KONYAALTI İLÇESİ
ÖRNEĞİ**

Bahadır Ersoy ULUSOY
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 07/10/2022 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Sevil KÖFTECİ (Danışman)
Doç. Dr. Arzu TURAN DİNÇEL
Dr. Öğr. Üyesi Yalçın ALBAYRAK

ÖZET

ŞEHİR İÇİNDE SİNYALİZE BİR KAVŞAĞIN PERFORMANSININ ANALİZİ VE İYİLEŞTİRİLMESİ ÇALIŞMALARI: ANTALYA İLİ KONYAALTI İLÇESİ ÖRNEĞİ

Bahadır Ersoy ULUSOY

Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Sevil KÖFTECİ

Ekim 2022; 209 sayfa

Geçmişten günümüze ulaşım faaliyetleri konusunda her dönemin kendi şartlarına göre devamlı olarak çözümler üretilmiştir. Ulaştırma mühendisliği çalışmalarının ortak amacı; insanları ve mekanları, güvenli, hızlı ve konforlu şekilde birbirine bağlayabilmektir. Bu amaçla; karayollarında, seyahat taleplerinin karşılanması için yol ağları oluşturulmaktadır. Artan motorlu taşıt kullanımı ve seyahat talepleri sebebiyle, özellikle kent içi yollarda, trafiği oluşturan unsurlardan olan araçların ve yayaların, yolculuklarında çakışmalar meydana gelmektedir. Bu çakışmaların kontrol edilebilmesi için kavşaklar önemli rol oynamaktadır. Kavşakların sundukları hizmet, yol ağlarının bu bölümlerinde oluşan gecikme, bekleme süreleri ve kuyruklanmalarla ortaya çıkmaktadır. Kavşağın performansını göstermekte olan bu parametrelerdeki artış, sürücü davranışlarını, seyahat kalitesini ve kavşağın hizmet düzeyini olumsuz etkilemektedir. Bu sebeple, kavşaklar önemli düğüm noktalarıdır ve kavşakların doğru analiz edilip planlamalarının doğru yapılması, trafik sorunlarını büyük ölçüde engellemektedir.

Bu tez çalışmasında, Antalya kent içi trafiği bakımından oldukça önem arz eden Konyaaltı ilçesindeki bir kavşak incelenmiştir. Bu kavşak Akdeniz Üniversitesi güney kapısı istikametinde bulunmaktadır. Pınarbaşı Caddesi, 732. Sokak ve 15. Cadde'nin kesişiminden oluşan bu kavşak sinyalize bir denetimli kavşaktır. Bu bölge; civarında yerleşim yerleri, ilkokul, pazar yeri, üniversite ve önemli kurumlar barındırmaktadır. Bu nedenle, çalışma alanı olarak seçilen bu kavşak önemli bir bağlantı noktasıdır. Yoğun trafik sabah ve akşam saatlerinde kamera ile kaydedilmiştir. Bu kayıtlar ile bu kavşağa ait akım kollarından geçen araç sayıları, araç kompozisyonları, sinyal süreleri, faz planı ile ilgili trafik verileri elde edilmiştir.

Kavşak hakkında elde edilen veriler, "PTV Vissim" isimli mikro ölçekli trafik simülasyonu programına girilmiştir. Trafik verileri ve kavşağın geometrik özellikleri programda modellenmiştir. Kavşağın mevcut performansı hakkında bilgi sahibi olabilmek için program aracılığıyla analizler yapılmıştır. Daha sonrasında kavşak geometrisinde ve sinyal planında değişiklikler yapılarak, kavşak performansı için en ideal çözüm elde edilmeye çalışılmıştır.

Yapılan analizler sonucunda; çalışılan kavşakta var olan yoğun sola dönüş talebinin olumsuz etkileri tespit edilmiş ve Senaryo 7 önerisinin, yani 2 fazlı kavşak işletiminin bütün senaryolar içerisinde, kavşağın performansına en verimli iyileştirmeyi yaptığı sonucuna varılmıştır. Bu senaryo ile birlikte, kuyruk uzunlukları, gecikme süreleri, egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri parametrelerinde olumlu yönde azalmalar elde edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: Gecikme, Kavşak analizi, Kuyruk uzunluğu, PTV Vissim, Seyahat süresi, Simülasyon, Yakıt tüketimi.

JÜRİ: Doç. Dr. Sevil KÖFTECİ

Doç. Dr. Arzu TURAN DİNÇEL

Dr. Öğr. Üyesi Yalçın ALBAYRAK

ABSTRACT

ANALYSIS AND IMPROVEMENT OF THE PERFORMANCE OF A SIGNALIZED INTERSECTION IN THE CITY: THE CASE OF KONYAALTI, ANTALYA PROVINCE

Bahadır Ersoy ULUSOY

MSc Thesis in Civil Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Sevil KÖFTECİ

October 2022; 209 pages

From the past to the present, solutions have been produced according to the conditions of the period in terms of transportation. Transportation facilities that can adapt to changing conditions day by day have been tried to be implemented. The common purpose of transportation engineering studies is to connect people and places in a safe, fast and comfortable way. Along with time and safety issues in transportation, the comfort criterion is also an important issue that can affect driver behaviours. Considering these issues, studies in transportation aim to improve human life and civilization by producing solutions to problems that change and increase over time.

In this thesis, an intersection in the Konyaaltı District, which is very important in terms of Antalya urban traffic, has been examined. This intersection is located in the direction of Akdeniz University's south gate. This intersection, which consists of the intersection of Pınarbaşı Avenue, 732nd Street and 15th Street is a signalized controlled intersection. This region contains settlements, a primary school, a bazaar, a university and important institutions in its vicinity. Therefore, this intersection chosen as the study area is an important connection point. Heavy traffic was recorded with a camera in the morning and evening hours. With these records, traffic data related to the number of vehicles passing through the branches of this intersection, vehicle compositions, signal times, and phase plan were obtained.

The data obtained about the intersection were entered into the micro-scale traffic simulation program named "PTV Vissim". Traffic data and geometric features of the intersection were modelled in the program. In order to have information about the current performance of the intersection, analyses were made through the program. Afterwards, geometric changes and changes in the signal plan were made at the intersection, and the most ideal solution for the intersection performance was tried to be obtained.

As a result of the analysis made; the negative effects of the intense left turn demand at the studied intersection were determined. It was concluded that the Situation 7 proposal which is the 2-phase intersection operation where left turns are canceled within the intersection, makes the most efficient improvement to the performance of the intersection among all scenarios. With this scenario, positive reductions were obtained in the parameters of queue lengths, delay times, exhaust emissions and fuel consumption.

KEYWORDS: Delay, Fuel consumption, Intersection analysis, Queue length, PTV Vissim, Simulation, Vehicle travel time.

COMMITTEE: Assoc. Prof. Dr. Sevil KÖFTECİ

Assoc. Prof. Dr. Arzu TURAN DİNÇEL

Asst. Prof. Dr. Yalçın ALBAYRAK



ÖNSÖZ

Bu çalışma Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında “Yüksek Lisans Tezi” olarak hazırlanmıştır.

Kendimi bildim bileli problemlere farklı bakış açılarıyla yaklaşmayı ve çözüm üretmeyi seven birisi oldum. Eğitim hayatım boyunca analitik düşünme, sözel ve sosyal düşünme becerilerimi geliştirmekten ve bunları bir arada kullanmaktan keyif almışım. Çocukluğumdan beri en büyük ilgilerimden birisi, insanlığın faydasına olacak bir şeyler üretmek veya çözümlenmekti. Akademik hayatımda, bu ilğim ve isteklerim doğrultusunda, disiplinli, özverili, yaratıcı, araştırmacı birisi olarak devam edebilmek, insanlığa ve ülkeme faydalı bir birey olabilmek en büyük hedeflerimdir.

Lisansüstü eğitimim boyunca, bilgilerini, tecrübelerini ve zamanını benden esirgemeyen, hayata dair her alanda fikirlerine danışabildiğim, desteğini her zaman hissettiğim, mesleğine ve insana saygısı son derece yüksek olan, yaptığı çalışmalarda her daim faydalı olmaya çalışan ve bana güvenen saygıdeğer danışmanım Doç. Dr. Sevil KÖFTECİ’ye teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışmamda, incelenen kavşağa ait trafik verileri elde edilmesi için kamera kaydı alınmasında zaman ve zorluk fark etmeksizin bana yardımcı olan yüksek lisans arkadaşlarım Azad DİNLER’e ve Hasib Faisal HAFİZİ’ye, gerek tecrübelerini gerek ulaştırma ve trafik alanındaki iş hayatından dolayı bana katkı sağlayan bilgilerini benimle paylaşan Seyit Ali İLYAS’a ve kamera kurulumunun uygulanabilmesi hususunda yardımcı olan ve ilgisini esirgemeyen Polis Memuru Halil Önder GEZER’e teşekkür ederim.

Hayatımın her alanında maddi manevi desteklerini her zaman hissettiğim, her zaman bilgilerine, tecrübelerine ve fikirlerine danışabildiğim, bana doğru insan doğru birey olmayı, vatanına, milletine, ailesine ve insanlığa faydalı, vicdan ve sorumluluk sahibi olmayı aşılayan ve benim üzerimde büyük emekleri olan pek kıymetli ailem; annem Ayten ULUSOY’a, babam Asım ULUSOY’a ve kardeşlerim İsmail Cem ULUSOY ve Zeynep ULUSOY’a canı gönülden teşekkürlerimi sunarım.

Antalya Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Planlama ve Raylı Sistem Dairesi Başkanlığı’na sağladığı katkılardan dolayı teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
AKADEMİK BEYAN	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvi
1. GİRİŞ	1
1.1. Kavşaklar ve Tipleri	2
1.1.1. Eşdüzey (hemzemin) kavşaklar	4
1.1.1.1. Denetimsiz eşdüzey kavşaklar	6
1.1.1.2. Dönel (yuvarlak ada) kavşaklar	7
1.1.1.3. Sinyalize eşdüzey kavşaklar.....	8
1.2. Sinyalizasyon.....	8
1.3. Kavramlar	9
1.3.1. Trafik ve taşıtlarla ilgili kavramlar	9
1.3.2. Kavşak performanslarına ait kavramlar	11
1.3.3. Sinyalizasyon kavramları.....	13
1.4. Kavşak Performans Analizleri.....	16
1.4.1. Trafik sayım yöntemleri.....	16
1.4.1.1. Görüntü işleme teknikleri.....	19
1.4.2. Kavşak veri türleri	20
1.4.2.1. Kavşak geometri ve denetim verileri	20
1.4.2.2. Araç verileri	20
1.4.3. Trafik simülasyon programları ve Vissim	21
1.5. Çalışmanın Kapsamı.....	23
2. KAYNAK TARAMASI.....	25
3. MATERYAL VE METOT.....	35
3.1. Çalışmanın Yol Haritası	35
3.2. Çalışma Alanı	36
3.2.1. Çalışılan kavşağın geometrik özellikleri ve işleyiş planı.....	37

3.2.2. Kavşağın mevcut sinyal planı	41
3.3. Kavşağa ait verilerinin elde edilmesi.....	42
3.3.1. Saha (kavşak) çalışmaları	42
3.3.2. Sayım çalışmaları.....	43
3.4. Vissim Programı ile Kavşak Modelleme.....	45
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	53
4.1. Mevcut Kavşak Durumuna Ait Trafik Sayım Verileri	53
4.2. Kavşağın Vissim Modeli için Kalibrasyon (GEH).....	60
4.3. Kavşağın Mevcut Durumuna Ait Analiz Sonuçları.....	62
4.3.1. Kavşağın mevcut durumu için sabah ve akşam analizlerinin ortalamaları..	73
4.3.1.1. Sabah analizlerinin ortalamaları.....	73
4.3.1.2. Akşam analizlerinin ortalamaları	75
4.4. Kavşakta Farklı Senaryolar için Analiz Sonuçları	78
4.4.1. Kavşak sinyalizasyonunda yapılan değişiklikler ve analizleri	79
4.4.1.1. Senaryo 1.....	79
4.4.1.2. Senaryo 2.....	90
4.4.1.3. Senaryo 3.....	102
4.4.1.4. Senaryo 4.....	114
4.4.1.5. Senaryo 5.....	126
4.4.1.6. Senaryo 6 (3 fazlı işletim durumu)	138
4.4.1.7. Senaryo 7 (Geometrik düzenleme sonrası 2 fazlı işletim durumu)....	150
4.4.1.8. Senaryo 8: Webster yöntemi ile belirlenen optimum devre süresinin kullanılması durumu	162
4.5. Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	167
4.5.1. Maksimum kuyruk uzunluğu	168
4.5.2. Ortalama kuyruk uzunluğu	170
4.5.3. Araç başına kontrol gecikmesi ve hizmet düzeyi	172
4.5.4. Ortalama durma gecikmesi	177
4.5.5. Araçların egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri.....	179
4.5.5.1. CO emisyonu.....	180
4.5.5.2. NOx emisyonu	182
4.5.5.3. VOC emisyonu.....	184

4.5.5.4. Yakıt tüketimleri	186
4.5.6. Devre süreleri.....	188
5. SONUÇLAR	191
6. KAYNAKLAR.....	195
7. EKLER.....	201
ÖZGEÇMİŞ	



AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Şehir İçinde Sinyalize Bir Kavşağın Performansının Analizi ve İyileştirilmesi Çalışmaları: Antalya İli Konyaaltı İlçesi Örneği” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

07/10/2022
Bahadır Ersoy ULUSOY



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Σ	: Epsilon İşareti
C	: Devre süresi
D	: Devre (Periyot)
I	: Yeşiller arası süre
k	: Trafik akım yoğunluğu
m	: Metre
q	: Trafik akım oranı
s	: Saniye
s/ta	: Taşıt başına saniye
sa	: Saat
ta	: Taşıt
ta/sa	: Saat başına taşıt

Tezde ondalık yazım olarak nokta ayırıcı kullanılmıştır. (21.01 m).

Kısaltmalar

AUS	: Akıllı Ulaşım Sistemleri
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
CDOT	: Colorado Department of Transportation
CO	: Karbonmonoksit
EBO	: Eşdeğer Birim Otomobil
FHWA	: The Federal Highway Administration
GEH	: Geoffrey E. Havers
HCM	: Highway Capacity Manual
ISSD	: Integrated Systems & Systems Design

KGM : Karayolları Genel Müdürlüğü

NB : Negatif Binom

No. : Numara

NOx : Nitrojen Oksit

O-D : Origin to Destination

oto : Otomobil

PTV : Planung Transport Verkehr

T.C. : Türkiye Cumhuriyeti

TÜİK : Türkiye İstatistik Kurumu

VOC : Uçucu Organik Bileşik

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Ulaşım türlerine göre 2020 yılı yük taşımacılığı oranları	1
Şekil 1.2. Ulaşım türlerine göre 2020 yılı yolcu taşımacılığı oranları.....	2
Şekil 1.3. Çeşitli yol ağı tipleri	3
Şekil 1.4. Kent içi yol tipleri.....	3
Şekil 1.5. Kapasite açısından kavşak tipleri.....	4
Şekil 1.6. Eşdüzey ve farklı düzey kavşak tipi için örnek uydu görüntüleri	4
Şekil 1.7. Kol sayılarına göre eşdüzey kavşak türleri.....	5
Şekil 1.8. Eşdüzey kavşaklarda trafik hareketleri.....	6
Şekil 1.9. Denetimsiz eşdüzey kavşak örneği, Antalya	7
Şekil 1.10. Dönel (yuvarlak ada) kavşak örneği, Antalya	7
Şekil 1.11. Sinyalize eşdüzey kavşak örneği, Antalya.....	8
Şekil 1.12. Trafik akım oranı-akım hızı-ve yoğunluk ilişkisi.....	10
Şekil 1.13. Hizmet düzeyleri.....	12
Şekil 1.14. Sinyalize kavşaklarda hizmet düzeylerinin örnek gösterimi	12
Şekil 1.15. Sinyal devre diyagramı örneği.....	14
Şekil 1.16. Sinyal planı örneği.....	14
Şekil 1.17. Sinyalize dönel kavşaklar için uygulanan faz planları	15
Şekil 1.18. Dört fazlı sistem.....	15
Şekil 1.19. Algılayıcı örnekleri.....	17
Şekil 1.20. Trafik sayım yöntemleri	18
Şekil 2.1. Medyan U dönüşü kavşağı örneği	33
Şekil 3.1. Çalışmanın organizasyon şeması.....	35
Şekil 3.2. Kavşağa ait trafik akım planı ve kavşağın uydu görüntüsü.....	36
Şekil 3.3. Kavşağın bulunduğu bölgeye ait uygu görüntüsü	36
Şekil 3.4. Çalışılan kavşağa ait işleyiş planı.....	37
Şekil 3.5. Şerit davranışlarının takibi için kavşağın geniş görüntüsü.....	38
Şekil 3.6. 1 numaralı yaklaşım koluna ait görüntü	39
Şekil 3.7. 2 numaralı yaklaşım koluna ait görüntü	39
Şekil 3.8. 3 numaralı yaklaşım koluna ait görüntü	40
Şekil 3.9. 4 numaralı yaklaşım koluna ait görüntü	40
Şekil 3.10. Sinyal gruplarının yerleri ve numaraları.....	42
Şekil 3.11. Saha çalışmaları	43
Şekil 3.12. Trafik sayım çalışmaları	44
Şekil 3.13. Sayımların, araç türlerine göre ayrıştırılması	44
Şekil 3.14. Vissim programı arayüzü.....	46
Şekil 3.15. Arka plan ekleme işlemi	46
Şekil 3.16. Ölçeklendirme komutunun seçilmesi	47
Şekil 3.17. Ölçeklendirme için altlığa ait değerin girilmesi	47
Şekil 3.18. Linklerin (yolların) çizimi	48
Şekil 3.19. Connector (bağlantı) çizimi	48

Şekil 3.20. Araç girişlerinin yapılması	49
Şekil 3.21. Araç güzergahlarının (rotalarının) tanımlanması.....	49
Şekil 3.22. Yollarda oluşan çakışma alanlarının düzenlenmesi.....	50
Şekil 3.23. İstenilen hız tanımlanması	50
Şekil 3.24. Hız azaltma alanlarının tanımlanması	51
Şekil 4.1. Taşıt sayıları ve hareketleri (Pazartesi sabah)	54
Şekil 4.2. Taşıt sayıları ve hareketleri (Pazartesi akşam)	54
Şekil 4.3. Taşıt sayıları ve hareketleri (Çarşamba sabah).....	55
Şekil 4.4. Taşıt sayıları ve hareketleri (Çarşamba akşam).....	55
Şekil 4.5. Trafik sayımları ve taşıt hareketleri (Cuma sabah).....	56
Şekil 4.6. Trafik sayımları ve taşıt hareketleri (Cuma akşam)	56
Şekil 4.7. Sayım zamanlarına göre ortalama kuyruk uzunluğu değerleri (mevcut durum).....	70
Şekil 4.8. Sayım zamanlarına göre araç gecikmeleri ve kavşak hizmet düzeyleri (mevcut durum).....	71
Şekil 4.9. Sayım zamanlarına göre maksimum kuyruk uzunlukları (mevcut durum)	72
Şekil 4.10. Sayım zamanlarına göre taşıtların egzoz emisyonları (mevcut durum)	72
Şekil 4.11. Sayım zamanlarına göre taşıtların yakıt tüketimleri (mevcut durum).....	73
Şekil 4.12. Mevcut durum analiz sonuçlarının sabah ve akşam ortalamalarının, performans parametrelerine bakımından karşılaştırılması	76
Şekil 4.13. Mevcut durum analiz sonuçlarının sabah ve akşam analizleri ortalamalarının egzoz emisyonları bakımından karşılaştırması	77
Şekil 4.14. Mevcut durum analiz sonuçlarının sabah ve akşam analizleri ortalamalarının yakıt tüketimi bakımından karşılaştırması.....	78
Şekil 4.15. Senaryo 1'e ait 4 fazlı işletim planı Vissim görselleri.....	79
Şekil 4.16. Senaryo 1 için Vissim'de oluşturulan sinyal zaman diyagramı.....	80
Şekil 4.17. Senaryo 1 analiz sonuçlarının günler, vakitler ve performans parametreleri bakımından karşılaştırılması	88
Şekil 4.18. Senaryo 1 analiz sonuçlarının günler, vakitler ve egzoz emisyonları bakımından karşılaştırılması	89
Şekil 4.19. Senaryo 1 analiz sonuçlarının günler, vakitler ve yakıt tüketimleri bakımından karşılaştırılması	90
Şekil 4.20. Senaryo 2'ye ait 4 fazlı işletim planı Vissim görselleri.....	91
Şekil 4.21. Senaryo 2 için Vissim'de oluşturulan sinyal zaman diyagramı.....	92
Şekil 4.22. Senaryo 2 analiz sonuçlarının günler, vakitler ve performans parametreleri bakımından karşılaştırılması	100
Şekil 4.23. Senaryo 2 analiz sonuçlarının günler, vakitler ve egzoz emisyonları bakımından karşılaştırılması	101
Şekil 4.24. Senaryo 2 analiz sonuçlarının günler, vakitler ve yakıt tüketimleri bakımından karşılaştırılması	102
Şekil 4.25. Senaryo 3'e ait 4 fazlı işletim planı Vissim görselleri.....	103
Şekil 4.26. Senaryo 3 için Vissim'de oluşturulan sinyal zaman diyagramı.....	104

Şekil 4.27. Senaryo 3 analiz sonuçlarının günler, vakitler ve performans parametreleri bakımından karşılaştırılması	112
Şekil 4.28. Senaryo 3 analiz sonuçlarının günler, vakitler ve egzoz emisyonları bakımından karşılaştırılması	113
Şekil 4.29. Senaryo 3 analiz sonuçlarının günler, vakitler ve yakıt tüketimleri bakımından karşılaştırılması	114
Şekil 4.30. Senaryo 4'e ait 4 fazlı işletim planı Vissim görselleri.....	115
Şekil 4.31. Senaryo 4 için Vissim'de oluşturulan sinyal zaman diyagramı.....	116
Şekil 4.32. Senaryo 4 analiz sonuçlarının günler, vakitler ve performans parametreleri bakımından karşılaştırılması	124
Şekil 4.33. Senaryo 4 analiz sonuçlarının günler, vakitler ve egzoz emisyonları bakımından karşılaştırılması	125
Şekil 4.34. Senaryo 4 analiz sonuçlarının günler, vakitler ve yakıt tüketimleri bakımından karşılaştırılması	126
Şekil 4.35. Senaryo 5'e ait 4 fazlı işletim planı Vissim görselleri.....	127
Şekil 4.36. Senaryo 5 için Vissim'de oluşturulan sinyal zaman diyagramı.....	128
Şekil 4.37. Senaryo 5 analiz sonuçlarının günler, vakitler ve performans parametreleri bakımından karşılaştırılması	136
Şekil 4.38. Senaryo 5 analiz sonuçlarının günler, vakitler ve egzoz emisyonları bakımından karşılaştırılması	137
Şekil 4.39. Senaryo 5 analiz sonuçlarının günler, vakitler ve yakıt tüketimleri bakımından karşılaştırılması	138
Şekil 4.40. Senaryo 6'ya ait 3 fazlı işletim planı Vissim görselleri.....	139
Şekil 4.41. Senaryo 6'ya ait Vissim sinyal zaman diyagramı.....	140
Şekil 4.42. Senaryo 6 analiz sonuçlarının günler, vakitler ve performans parametreleri bakımından karşılaştırılması	148
Şekil 4.43. Senaryo 6 analiz sonuçlarının günler, vakitler ve egzoz emisyonları bakımından karşılaştırılması	149
Şekil 4.44. Senaryo 6 analiz sonuçlarının günler, vakitler ve yakıt tüketimleri bakımından karşılaştırılması	150
Şekil 4.45. Senaryo 7'ye ait 2 fazlı işletim planı Vissim görselleri.....	151
Şekil 4.46. Geometrik değişimli 2 fazlı durum Vissim sinyal zaman diyagramı	152
Şekil 4.47. Senaryo 7 analiz sonuçlarının günler, vakitler ve performans parametreleri bakımından karşılaştırılması	160
Şekil 4.48. Senaryo 7 analiz sonuçlarının günler, vakitler ve egzoz emisyonları bakımından karşılaştırılması	161
Şekil 4.49. Senaryo 7 analiz sonuçlarının günler, vakitler ve yakıt tüketimleri bakımından karşılaştırılması	162
Şekil 4.50. Senaryo 8'e ait 4 fazlı işletim planı Vissim görselleri.....	163
Şekil 4.51. Senaryo 8 için Vissim'de oluşturulan sinyal zaman diyagramı.....	165
Şekil 4.52. Bütün durumlara ait analiz sonuçlarının günler, vakitler ve maksimum kuyruk uzunlukları bakımından karşılaştırılması.....	168

Şekil 4.53. Bütün durumlara ait analiz sonuçlarının günler, vakitler ve ortalama kuyruk uzunlukları bakımından karşılaştırılması.....	170
Şekil 4.54. Araç başına kontrol gecikmesi değerlerine göre hizmet düzeyleri.....	172
Şekil 4.55. Bütün durumlara ait analiz sonuçlarının günler, vakitler ve araç başına kontrol gecikmesi bakımından karşılaştırılması.....	174
Şekil 4.56. Bütün durumlara ait analiz sonuçlarının günler, vakitler ve ortalama kuyruk uzunlukları bakımından karşılaştırılması.....	177
Şekil 4.57. Bütün senaryolara ait analiz sonuçlarının günler, vakitler ve CO emisyonları bakımından karşılaştırılması	180
Şekil 4.58. Bütün senaryolara ait analiz sonuçlarının günler, vakitler ve NOx emisyonları bakımından karşılaştırılması	182
Şekil 4.59. Bütün senaryolara ait analiz sonuçlarının günler, vakitler ve VOC emisyonları bakımından karşılaştırılması	184
Şekil 4.60. Bütün senaryolara ait analiz sonuçlarının günler, vakitler ve yakıt tüketimleri bakımından karşılaştırılması.....	186
Şekil 4.61. Bütün senaryolar için devre sürelerinin karşılaştırılması	188
Şekil 4.62. Gecikme parametresi ve devre süresi ilişkisi.....	188
Şekil 4.63. Devre süresi ve araç başına kontrol gecikmesi ilişkisi	189

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Trafik simülasyon programlarının karşılaştırılması.....	28
Çizelge 2.2. Karşılaştırma çizelgesi lejantı.....	29
Çizelge 3.1. Kavşak mevcut sinyal planı.....	41
Çizelge 4.1. Günlere ve araç türlerine göre araç sayımları.....	53
Çizelge 4.2. Kavşağı kullanan taşıt türleri oranları.....	57
Çizelge 4.3. Trafik akım kollarına göre hareket yüzdeleri (Pazartesi sabah).....	57
Çizelge 4.4. Trafik akım kollarına göre hareket yüzdeleri (Pazartesi akşam).....	58
Çizelge 4.5. Trafik akım kollarına göre hareket yüzdeleri (Çarşamba sabah).....	58
Çizelge 4.6. Trafik akım kollarına göre hareket yüzdeleri (Çarşamba akşam).....	59
Çizelge 4.7. Trafik akım kollarına göre hareket yüzdeleri (Cuma sabah).....	59
Çizelge 4.8. Trafik akım kollarına göre hareket yüzdeleri (Cuma akşam).....	60
Çizelge 4.9. Birim oto katsayıları.....	61
Çizelge 4.10. Pazartesi sabah araç sayımları için birim oto çevrimi.....	61
Çizelge 4.11. Kalibrasyon ve doğrulama değerleri (GEH).....	62
Çizelge 4.12. Pazartesi günü sabah analizi sonuçları (mevcut durum).....	62
Çizelge 4.13. Pazartesi günü sabah analizi egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri (mevcut durum).....	63
Çizelge 4.14. Pazartesi günü akşam analizi sonuçları (mevcut durum).....	64
Çizelge 4.15. Pazartesi günü akşam analizi egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri (mevcut durum).....	64
Çizelge 4.16. Çarşamba günü sabah analizi sonuçları (mevcut durum).....	65
Çizelge 4.17. Çarşamba günü sabah analizi egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri (mevcut durum).....	66
Çizelge 4.18. Çarşamba günü akşam analizi sonuçları (mevcut durum).....	66
Çizelge 4.19. Çarşamba günü akşam analizi egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri (mevcut durum).....	67
Çizelge 4.20. Cuma günü sabah analizi sonuçları (mevcut durum).....	68
Çizelge 4.21. Cuma günü sabah analizi egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri (mevcut durum).....	68
Çizelge 4.22. Cuma günü akşam analizi sonuçları (mevcut durum).....	69
Çizelge 4.23. Cuma günü akşam analizi egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri (mevcut durum).....	70
Çizelge 4.24. Sabah analizlerinin ortalamaları.....	73
Çizelge 4.25. Sabah analizleri egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri ortalamaları.....	74
Çizelge 4.26. Akşam analizlerinin ortalamaları.....	75
Çizelge 4.27. Akşam analizleri egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri ortalamaları.....	75
Çizelge 4.28. Senaryo 1'e ait sinyal planı.....	80
Çizelge 4.29. Senaryo 1 Pazartesi sabah analiz sonuçları.....	81
Çizelge 4.30. Senaryo 1 Pazartesi sabah egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri.....	81
Çizelge 4.31. Senaryo 1 Pazartesi akşam analiz sonuçları.....	82

Çizelge 4.32. Senaryo 1 Pazartesi akşam egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri	82
Çizelge 4.33. Senaryo 1 Çarşamba sabah analiz sonuçları	83
Çizelge 4.34. Senaryo 1 Çarşamba sabah egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri.....	84
Çizelge 4.35. Senaryo 1 Çarşamba akşam analiz sonuçları	84
Çizelge 4.36. Senaryo 1 Çarşamba akşam egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri	85
Çizelge 4.37. Senaryo 1 Cuma sabah analiz sonuçları	86
Çizelge 4.38. Senaryo 1 Cuma sabah egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri.....	86
Çizelge 4.39. Senaryo 1 Cuma akşam analiz sonuçları	87
Çizelge 4.40. Senaryo 1 Cuma akşam egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri	88
Çizelge 4.41. Senaryo 2'ye ait sinyal planı.....	91
Çizelge 4.42. Senaryo 2 Pazartesi sabah analiz sonuçları	92
Çizelge 4.43. Senaryo 2 Pazartesi sabah egzoz emisyonları ve yakıt tüketimi	93
Çizelge 4.44. Senaryo 2 Pazartesi akşam analiz sonuçları	94
Çizelge 4.45. Senaryo 2 Pazartesi akşam egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri	94
Çizelge 4.46. Senaryo 2 Çarşamba sabah analiz sonuçları	95
Çizelge 4.47. Senaryo 2 Çarşamba sabah egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri.....	95
Çizelge 4.48. Senaryo 2 Çarşamba akşam analiz sonuçları	96
Çizelge 4.49. Senaryo 2 Çarşamba akşam egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri	97
Çizelge 4.50. Senaryo 2 Cuma sabah analiz sonuçları	97
Çizelge 4.51. Senaryo 2 Cuma sabah egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri	98
Çizelge 4.52. Senaryo 2 Cuma akşam analiz sonuçları	99
Çizelge 4.53. Senaryo 2 Cuma akşam egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri	99
Çizelge 4.54. Senaryo 3'e ait sinyal planı.....	103
Çizelge 4.55. Senaryo 3 Pazartesi sabah analiz sonuçları	104
Çizelge 4.56. Senaryo 3 Pazartesi sabah egzoz emisyonları ve yakıt tüketimi	105
Çizelge 4.57. Senaryo 3 Pazartesi akşam analiz sonuçları	106
Çizelge 4.58. Senaryo 3 Pazartesi akşam egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri	106
Çizelge 4.59. Senaryo 3 Çarşamba sabah analiz sonuçları	107
Çizelge 4.60. Senaryo 3 Çarşamba sabah egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri.....	108
Çizelge 4.61. Senaryo 3 Çarşamba akşam analiz sonuçları	108
Çizelge 4.62. Senaryo 3 Çarşamba akşam egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri	109
Çizelge 4.63. Senaryo 3 Cuma sabah analiz sonuçları	110
Çizelge 4.64. Senaryo 3 Cuma sabah egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri	110
Çizelge 4.65. Senaryo 3 Cuma akşam analiz sonuçları	111
Çizelge 4.66. Senaryo 3 Cuma akşam egzoz emisyonları ve yakıt tüketimi	111
Çizelge 4.67. Senaryo 4'e ait sinyal planı.....	115
Çizelge 4.68. Senaryo 4 Pazartesi sabah analiz sonuçları	116
Çizelge 4.69. Senaryo 4 Pazartesi sabah egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri	117
Çizelge 4.70. Senaryo 4 Pazartesi akşam analiz sonuçları	118
Çizelge 4.71. Senaryo 4 Pazartesi akşam egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri	118
Çizelge 4.72. Senaryo 4 Çarşamba sabah analiz sonuçları	119
Çizelge 4.73. Senaryo 4 Çarşamba sabah egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri.....	120

Çizelge 4.74. Senaryo 4 Çarşamba akşam analiz sonuçları.....	120
Çizelge 4.75. Senaryo 4 Çarşamba akşam egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri	121
Çizelge 4.76. Senaryo 4 Cuma sabah analiz sonuçları	122
Çizelge 4.77. Senaryo 4 Cuma sabah egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri.....	122
Çizelge 4.78. Senaryo 4 Cuma akşam analiz sonuçları	123
Çizelge 4.79. Senaryo 4 Cuma akşam egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri.....	124
Çizelge 4.80. Senaryo 5'e ait sinyal planı.....	127
Çizelge 4.81. Senaryo 5 Pazartesi sabah analiz sonuçları	128
Çizelge 4.82. Senaryo 5 Pazartesi sabah egzoz emisyonları ve yakıt tüketimi	129
Çizelge 4.83. Senaryo 5 Pazartesi akşam analiz sonuçları	130
Çizelge 4.84. Senaryo 5 Pazartesi akşam egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri.....	130
Çizelge 4.85. Senaryo 5 Çarşamba sabah analiz sonuçları.....	131
Çizelge 4.86. Senaryo 5 Çarşamba sabah egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri.....	132
Çizelge 4.87. Senaryo 5 Çarşamba akşam analiz sonuçları.....	132
Çizelge 4.88. Senaryo 5 Çarşamba akşam egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri	133
Çizelge 4.89. Senaryo 5 Cuma sabah analiz sonuçları	134
Çizelge 4.90. Senaryo 5 Cuma sabah egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri.....	134
Çizelge 4.91. Senaryo 5 Cuma akşam analiz sonuçları	135
Çizelge 4.92. Senaryo 5 Cuma akşam egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri.....	136
Çizelge 4.93. Senaryo 6'ya ait sinyal planı.....	140
Çizelge 4.94. Senaryo 6 Pazartesi sabah analiz sonuçları	141
Çizelge 4.95. Senaryo 6 Pazartesi sabah egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri	141
Çizelge 4.96. Senaryo 6 Pazartesi akşam analiz sonuçları	142
Çizelge 4.97. Senaryo 6 Pazartesi akşam egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri.....	143
Çizelge 4.98. Senaryo 6 Çarşamba sabah analiz sonuçları.....	143
Çizelge 4.99. Senaryo 6 Çarşamba sabah egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri.....	144
Çizelge 4.100. Senaryo 6 Çarşamba akşam analiz sonuçları.....	145
Çizelge 4.101. Senaryo 6 Çarşamba akşam egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri ...	145
Çizelge 4.102. Senaryo 6 Cuma sabah analiz sonuçları	146
Çizelge 4.103. Senaryo 6 Cuma sabah egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri.....	146
Çizelge 4.104. Senaryo 6 Cuma akşam analiz sonuçları	147
Çizelge 4.105. Senaryo 6 Cuma akşam egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri.....	148
Çizelge 4.106. Senaryo 7 (Geometrik düzenleme sonrası 2 fazlı işletim durumu) sinyal planı	152
Çizelge 4.107. Senaryo 7 Pazartesi sabah analiz sonuçları	153
Çizelge 4.108. Senaryo 7 Pazartesi sabah egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri	153
Çizelge 4.109. Senaryo 7 Pazartesi akşam analiz sonuçları	154
Çizelge 4.110. Senaryo 7 Pazartesi akşam egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri.....	154
Çizelge 4.111. Senaryo 7 Çarşamba sabah analiz sonuçları.....	155
Çizelge 4.112. Senaryo 7 Çarşamba sabah egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri.....	156
Çizelge 4.113. Senaryo 7 Çarşamba akşam analiz sonuçları.....	156
Çizelge 4.114. Senaryo 7 Çarşamba akşam egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri ...	157

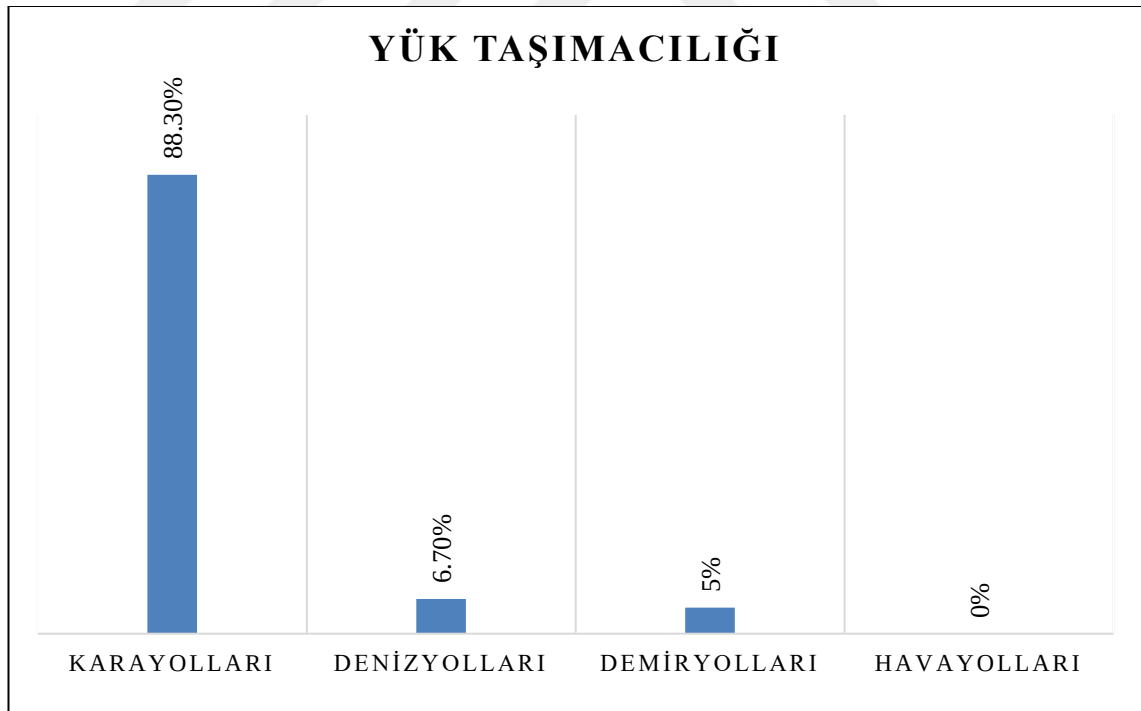
Çizelge 4.115.	Senaryo 7 Cuma sabah analiz sonuçları	158
Çizelge 4.116.	Senaryo 7 Cuma sabah egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri.....	158
Çizelge 4.117.	Senaryo 7 Cuma akşam analiz sonuçları	159
Çizelge 4.118.	Senaryo 7 Cuma akşam egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri.....	160
Çizelge 4.119.	Senaryo 8 (Webster yöntemi ile optimum devre süresi) sinyal planı...	165
Çizelge 4.120.	Senaryo 8 Çarşamba sabah analiz sonuçları.....	166
Çizelge 4.121.	Senaryo 8 Çarşamba sabah egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri.....	166
Çizelge 4.122.	Sinyalize kavşaklarda hizmet düzeyi kriteri	172
Çizelge 4.123.	Bütün durumlar için hizmet düzeyleri ve araç başına kontrol gecikmeleri.....	173



1. GİRİŞ

Geçmişten günümüze süregelen insan ihtiyaçlarının en önemlilerinden birisi ulaşım konusudur. Ulaşım, insan hayatında her zaman önemli bir rol üstlenmiştir ve gelişime açık bir konu olmuştur. İnsanların farklı amaçlar doğrultusunda yapmayı hedefledikleri kısa, orta ve uzun mesafeli seyahatleri, bir yerden bir yere yük taşınması ve buna benzer ihtiyaçların giderilmesi için ulaşım, medeniyetin gelişimine şekil vermiştir. İlk zamanlarda bazı hayvanlar veya basit araçlar aracılığıyla yapılan ulaştırma faaliyeti, sanayinin ve teknolojinin gelişmesiyle motorlu araçlar vasıtasıyla yapılmaya başlanmıştır. Bu süreçte ulaştırmada kullanılan yollar da araçların gelişmesiyle birlikte zamanla değişim göstermiştir. İnsan nüfusunun artması, teknolojinin ilerlemesi ve şehirleşmenin artması motorlu araç kullanımını da artırmıştır. Motorlu araç kullanımındaki artışın yanı sıra trafiği oluşturan elemanlardan olan yaya ve bisikletlilerin yoğunlaşması da bu unsurların güvenli, konforlu ve verimli bir şekilde iç içe bulunması için çalışmalar yapılmasını gerektirmektedir.

Ülkemiz açısından karayolları büyük ölçüde önem arz etmektedir. Ülkemizde yolcu ve yük taşımacılığı bakımından ulaşım, büyük bir oranda karayolu taşımacılığı ile sağlanmaktadır. Bunun başlıca sebepleri ise özellikle 1950’den sonra karayolu altyapısının diğer ulaşım türlerine göre daha iyi gelişim göstermesi ve diğer türlerin konfor ve hız bakımından karayoluna nazaran arzu edilen düzeyde olmamasıdır (Yayla 2004). 2020 yılı için, ulaşım türlerine göre yük taşımacılığı Şekil 1.1’de ve yolcu taşımacılığı Şekil 1.2’de gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Ulaşım türlerine göre 2020 yılı yük taşımacılığı oranları (KGM 2020)



Şekil 1.2. Ulaşım türlerine göre 2020 yılı yolcu taşımacılığı oranları (KGM 2020)

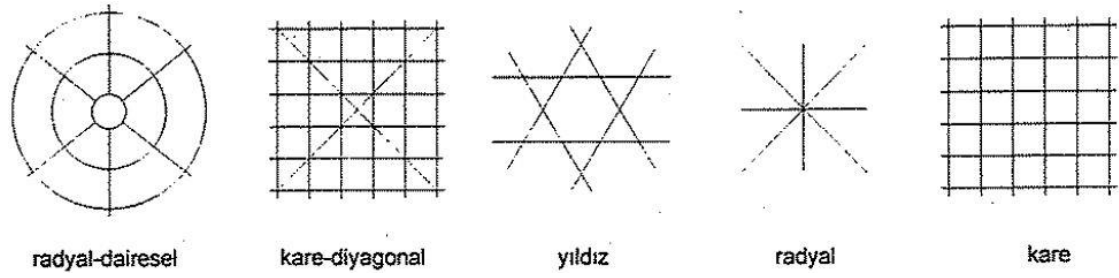
Karayollarının yaygın kullanımının yanı sıra, gün geçtikçe artan motorlu taşıt sayısından kaynaklı problemlerin çözümü için, daha detaylı araştırmalar ve faydalı uygulamalar yapabilmek adına, kavşak analizleri, akıllı ulaşım sistemleri ve trafik yönetimi üzerine çalışmalara yoğunlaşılmıştır (Yiğit 2019; Aksoy 2019; Cheng vd. 2020; Mądziel vd. 2021; Liang vd. 2021).

Karayollarında ulaşım yol ağları ile sağlanmaktadır. Şehirler arası ve şehir içi yollarda yoğunlaşan motorlu taşıt trafiği sebebiyle yol ağlarının artırılması gerekmektedir. Artan yol ağlarıyla birlikte, trafik akımlarının çakışmaları kaçınılmaz olmaktadır (Çetinkaya 2008). Karayollarında trafik akımları arasında oluşacak çatışmaların en aza indirilebilmesi için, kavşaklardan faydalanılmaktadır.

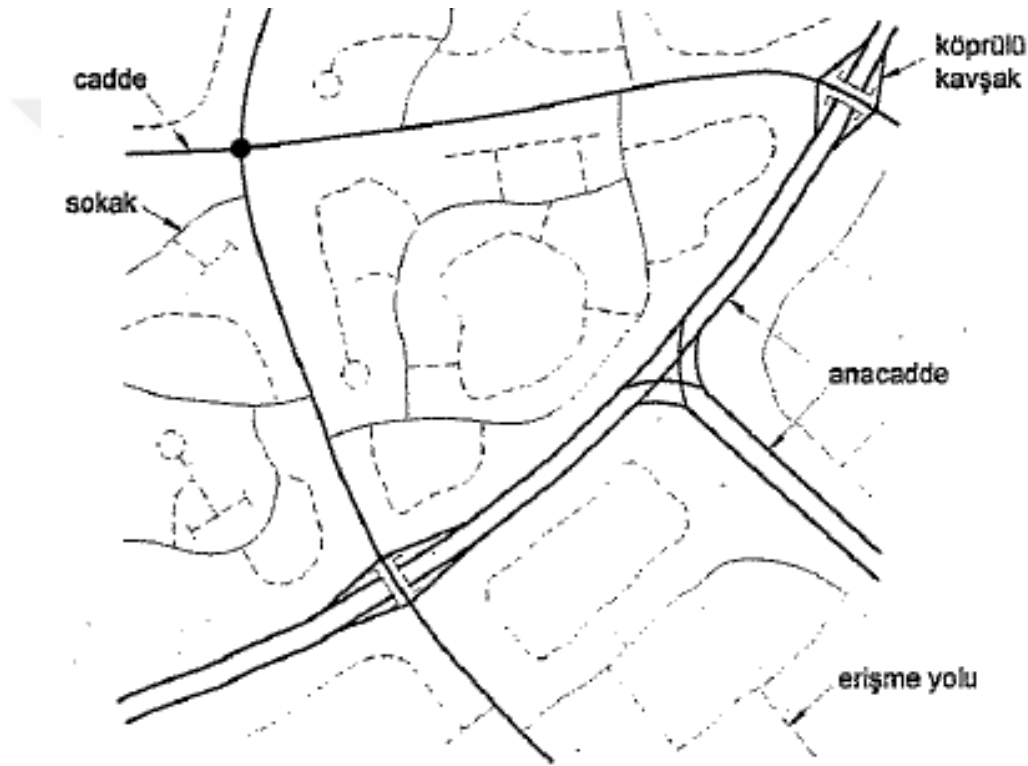
1.1. Kavşaklar ve Tipleri

Karayolu ulaşımının planlanmasında, güzergah talepleri dikkate alınarak trafik hacimleri hakkında bilgi edinilmektedir. Güzergah talepleri; başlangıç ve varış yani origin-destination (O-D) çalışmaları ile belirlenmektedir. Bu çalışmalar ile, artan seyahat taleplerini karşılamak ve varış yerleri için kullanıcılar tarafından en uygun yolların seçilmesine imkan sağlamak amaçlanmaktadır. Seyahat taleplerinin karşılanması amacıyla karayollarında yol ağları oluşturulmaktadır. Çeşitli yol ağı tipleri Şekil 1.3'te ve kent içi yol tipleri de Şekil 1.4'te gösterilmiştir. Karayolu ulaşımında yol ağları, kentler arası yollara nazaran kent içlerinde sıklaşmaktadır. Şehir içlerinde, şehirler arası seyahatlere göre daha çeşitli güzergahlar oluşturulmaktadır. Bu yüzden, şehir içi yol ağlarının sıklığından kaynaklı yol kesişimleri artmaktadır. Artan yol kesişimlerinin iyi düzenlenmemesi durumunda, trafik kazaları ve trafik sorunları ortaya çıkmaktadır. Bu sorunların önlenmesi için, kesişimlerin denetlenmesi ve iyi idare edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, özellikle şehir içi yollarda daha sık karşılaşılan trafik akım kesişimlerin düzenlenebilmesi için kavşaklar tasarlanmaktadır. Kavşaklar; farklı yönlerden gelen iki veya daha fazla yolun kesişimiyle oluşan, araçların ve yayaların ortak

kullandıkları alanlardır. Yolun performansı, güvenliği, işletim maliyetleri ve araçların çevreye etkileri bakımından kavşaklar, karayolu ulaşımında önemli bir yere sahiptir.



Şekil 1.3. Çeşitli yol ağı tipleri (Yayla 2004)

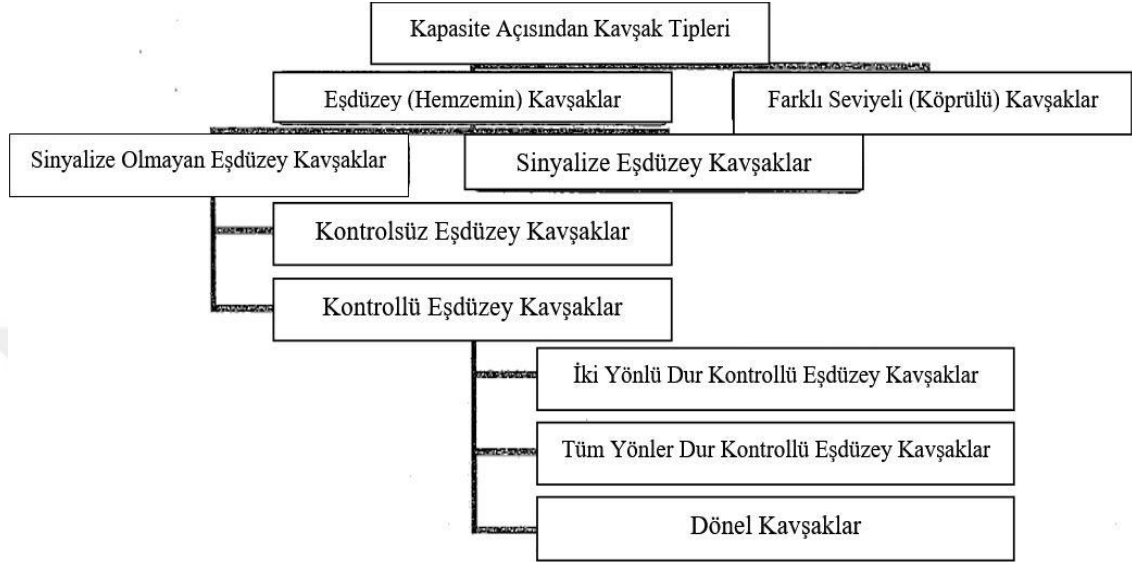


Şekil 1.4. Kent içi yol tipleri (Yayla 2004)

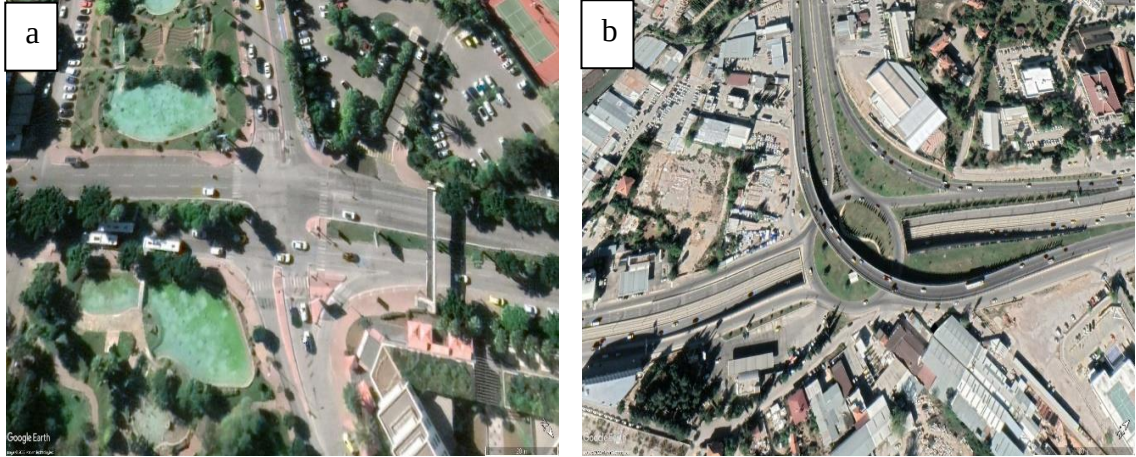
Yeni yapılması hedeflenen bir kavşak tasarımında, ileride oluşması muhtemel trafik yoğunluğu ve problemlerinin belirlenmesi için kapasite analizleri yapılarak kavşak tipi belirlenmektedir. Kavşak tipini belirleyen en önemli kriter kapasite olmasına karşın, kavşak tiplerinin farklılık göstermesinde başka faktörler de etkilidir. İnsan, trafik, çevre faktörleri, ekonomik, fiziki, sosyal faktörler ve kavşak alanının fonksiyonelliği göz önünde bulundurulmaktadır. Ayrıca, kavşak tasarımı için bölgesel verilerin ve trafik verilerinin bilinmesine ihtiyaç vardır. Kavşak bölgesindeki; zemin, topografik yapı, kesişen yollara ait geometrik özellikler, etrafta bulunan yerleşke ve yapılar, sınırlama oluşturabilecek hususlar, kamulaştırma gibi bilgiler bölgesel verileri oluşturmaktadır. Trafik verileri ise; araç sınıflarına göre bütün yönlerde ait trafik sayımları, araç hızları, araç türleri ve araçların karakteristik özellikleri, zirve saat değerleri, mevcut kavşakların ve

planlanan kavşakların kapasite analizleri, yayalara ait trafik sayımları ve yaya hareketleri bilgilerinden meydana gelmektedir

Kavşaklar, kapasite bakımından eşdüzey (hemzemin) kavşaklar ve farklı düzey (katlı) kavşaklar olmak üzere ikiye ayrılmaktadırlar (Şekil 1.5). Eşdüzey kavşak ve farklı düzey kavşak için örnekler Şekil 1.6'da gösterilmektedir.



Şekil 1.5. Kapasite açısından kavşak tipleri (KGM 2005)

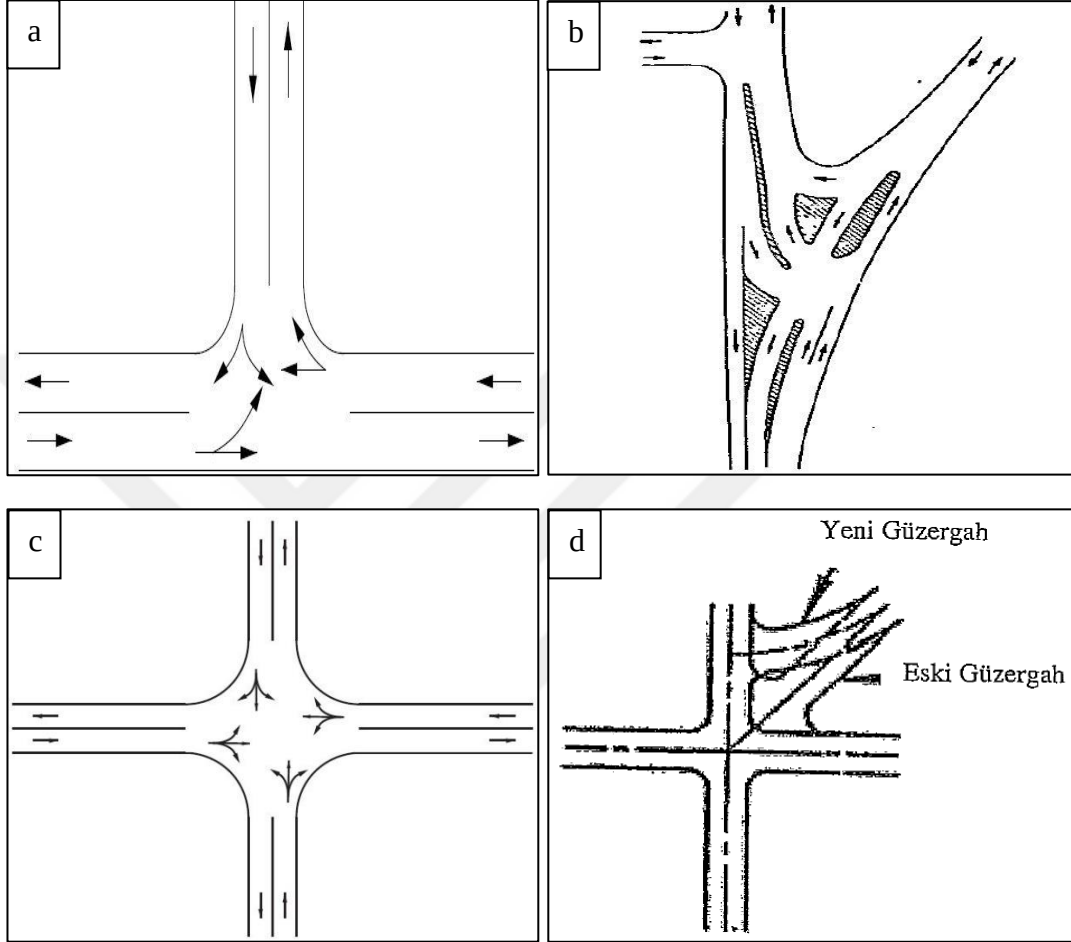


Şekil 1.6. Eşdüzey ve farklı düzey kavşak tipi için örnek uydu görüntüleri; **a)** Eşdüzey kavşak örneği, Antalya **b)** Farklı düzey (köprülül) kavşak örneği, Antalya

1.1.1. Eşdüzey (Hemzemin) kavşaklar

Eşdüzey kavşaklar; kol sayılarına göre, üç kollu kavşaklar (T ve Y tipi), dört kollu kavşaklar ve çok kollu kavşaklar olarak üç ana grupta incelenebilir (Şekil 1.7). Kavşak kol sayısı arttıkça, trafik denetimlerinin de artması gerekmektedir. Bu sebeple çok kollu kavşaklar; sinyalize ve sinyalize olmayan kavşaklar olarak gruplandırılır. Trafik denetimleri çok çeşitli şekillerde yapılabilmektedir. Kavşağı oluşturan ana yol ve tali

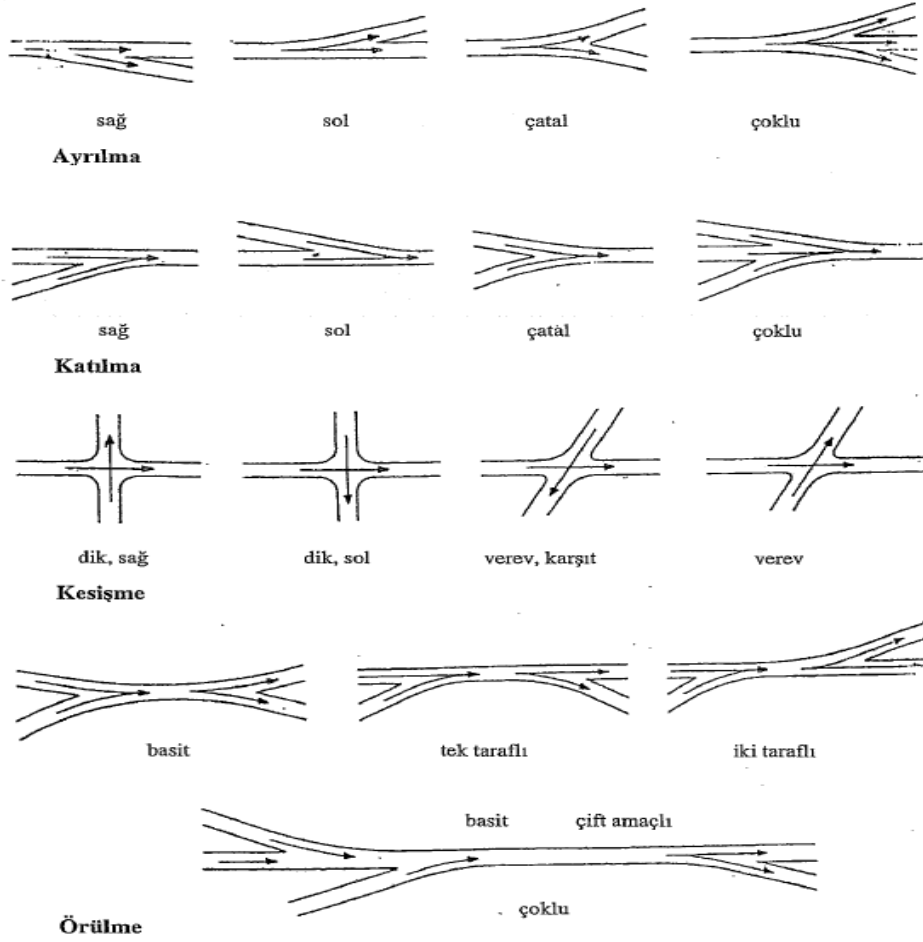
yollara ait verilere göre, kavşağın yönetim şekli farklılık gösterebilmektedir. “YOL VER”, “DUR” yazılı trafik levhaları, kırmızı veya sarı flaşlar, sola veya sağa dönüş ek şeritleri, kanallama ve sinyalizasyon gibi trafik yönetim çözümleri, kavşakta güvenlik, hizmet düzeyi, ekonomik verim ve estetik kriterlerini sağlamak amacıyla kullanılmaktadır.



Şekil 1.7. Kol sayılarına göre eşdüzey kavşak türleri; **a)** Üç kollu T tipi eşdüzey kavşak (AASHTO 2011); **b)** Üç kollu, kanallanmış Y tipi eşdüzey kavşak (Karayolları Tasarım El Kitabı 2005); **c)** Dört kollü eşdüzey kavşak (AASHTO 2011); **d)** Çok kollü eşdüzey kavşak (Karayolları Tasarım El Kitabı 2005)

Eşdüzey kavşaklar, trafik akımlarının kesişimlerinin aynı düzlem üzerinde olduğu kavşaklardır. Diğer bir deyişle hemzemin kavşak olarak da adlandırılan bu kavşak tipi, karayolu ulaşımında en çok kazanın meydana geldiği alanlardır. Bu sebeple, eşdüzey kavşakların tasarımları, yönetimleri ve düzenlemeleri büyük önem arz etmektedir. Eşdüzey kavşaklardaki trafik hareketleri; katılma, kesişme, örülme ve ayrılma şeklindedir (Şekil 1.8). Katılma; araçların tali yoldan, aynı yönlü trafik akımına sahip anayola geçişleridir. Kesişme; birbirinden farklı yönlerden gelen trafik akımlarının bir noktada çakışmalarıdır. Ayrılma; ana yolda aynı yönde seyreden araçların, tali yola geçişleridir. Örülme; aynı doğrultudaki trafik akımlarının, katılma ve ayrılma hareketlerinin kesişmesidir. Bu hareketlerin ve çakışmaların düzenlenmesinde, kavşak denetimleri önemli rol almaktadır. Eşdüzey kavşaklar, kendi içlerinde denetim şekillerine göre

farklılık göstermektedirler. Denetimli, denetimsiz ve dönel kavşak olmak üzere üç grupta incelenebilirler.



Şekil 1.8. Eşdüzey kavşaklarda trafik hareketleri (KGM 2005)

1.1.1.1. Denetimsiz eşdüzey kavşaklar

Denetimsiz eşdüzey kavşaklar, herhangi bir ışıklı uyarı işareti olmadan işletilen kavşaklardır. Yol hakkı önceliklerine uygun olarak kavşağa yerleştirilen ışıksız trafik levhalarıyla, araçların hareketleri düzenlenmektedir. Denetimsiz kavşaklarda uyarı levhaları, kavşak güvenliği ve performansı için ne kadar uygun olursa olsun, bu kavşaklarda büyük sınırlayıcılar olmamasından kaynaklı, kavşağın işleyişi daha çok sürücü davranışlarına göre şekil almaktadır. Denetimsiz eşdüzey kavşak örneği Şekil 1.9'da gösterilmiştir.



Şekil 1.9. Denetimsiz eşdüzey kavşak örneği, Antalya

1.1.1.2. Dönel (yuvarlak ada) kavşaklar

Dönel kavşaklar, kavşağa gelen yaklaşım kollarının kesiştiği kavşak ortasında, yuvarlak bir ada bulunan kavşaklara denir. Bu kavşak tipinde, kavşağa giriş ve çıkışlarda araçlar, geçiş önceliklerine göre hareket ederler. Kavşağın yönetiminden kaynaklı olarak, araçların kavşakta en az beklemeyle geçmeleri amaçlandığı için, kavşak içerisinde araçlar duracak kadar yavaşlasalar da beklemeler minimumdur. Hızların düşük olması sebebiyle, bu kavşak tipinde kaza ihtimalleri de düşüktür. Ancak, yine de güvenli ve kaliteli bir işletim sağlanabilmesi için, dönel kavşak tasarımlarının iyi yapılması, araç trafiğine ve bölgeye uygun geometrik yapıya sahip olması, trafik işaretlemelerinin düzgün yapılması ve sürücülerin kurallara uygun hareket etmesi gerekir. Ayrıca dönel kavşaklar; sinyalizeli dönel kavşaklar ve farklı düzey dönel kavşaklar olarak da karşımıza çıkabilmektedirler. Dönel eşdüzey kavşak örneği Şekil 1.10'da gösterilmiştir.



Şekil 1.10. Dönel (yuvarlak ada) kavşak örneği, Antalya

1.1.1.3. Sinyalize eşdüzey kavşaklar

Sinyalize eşdüzey kavşaklar, kavşaktaki araç hareketlerinin, ışıklı uyarılarla yani sinyalizasyon ile sağlandığı kavşak tipidir. Yaygın olmasa da sinyalizasyonla alakalı sıkıntıların olduğu ya da hususi bazı durumlarda, trafik polisleriyle de denetim sağlanabilmektedir. Bu kavşaklarda araçlar, trafik ışıklarına göre kavşaktaki hareketlerini belirlerler ve kavşakta durma, hazırlanma ve geçme hareketlerini gerçekleştirirler. Sinyalize eşdüzey kavşak örneği Şekil 1.11’de gösterilmiştir.



Şekil 1.11. Sinyalize eşdüzey kavşak örneği, Antalya

1.2. Sinyalizasyon

Trafik akımlarının daha düzenli ve güvenli şekilde işleyebilmesi için, yollarda ve özellikle kavşaklarda kullanılan trafik denetim araçlarıdır. Trafik ışıkları yani sinyaller, her zaman kullanılmak zorunda değildir ancak gerekli olduğu durumlar da bulunmaktadır. Sinyalizasyon yalnızca araç akımlarının değil, aynı zamanda araç ve yaya akımlarının kesişimlerinin düzenlenmesinde de önemli bir sistemdir. Birçok fayda sağlasa da gerekli olmadığı durumlarda sinyalizasyon sistemlerinin kullanılması, o kavşakta gereksiz beklemele, beklemele sonucu sürücü davranışlarında agresifliğe, çevre ve gürültü kirliliğine ve işletme maliyetlerinin artmasına sebep olabilmektedir. Bu sebeple, sinyalizasyonun gerekliliği konusunda, ayrıntılı değerlendirmeler yapılması gerekmektedir. Sinyalizasyon sistemlerinin uygulanması, aşağıdaki durumlar halinde düşünülebilir:

- Kavşak kapasitesi verimli kullanılamamaktadır.
- Güvenlik açısından yeterlilik, uyarı levhaları ve kurallar ile sağlanamamaktadır ve birbirine benzer kazalar meydana gelmektedir.
- Araçların seyahatlerinde ve dönüş hareketlerindeki düzensizlik; gereksiz beklemele, tıkanıklıkları ve gecikmele oluşturmaktadır. Bu da işletme maliyetlerinin artmasına ve zaman kayıplarına neden olmaktadır.
- Kavşak, yapısal ve fiziksel olarak ışıklı işaretleme gerektirmektedir.
- Yayalar için emniyetli ulaşım yeterince sağlanamamaktadır.

- Tali yollardan anayola dahil olmak isteyen araçlar, anayolda seyreden araçların izin vermemesinden ve anayoldaki trafik yoğunluğundan dolayı yola katılım fırsatı bulamamaktadır. (Murat 2012)

Yukarıda belirtilen koşullardan bir veya birkaçının olması halinde, kavşaktaki araç ve yaya hareketlerinin, sinyalizasyon ile düzenlenmesi ya da tasarlanması en uygun çözüm olmaktadır. Ayrıca kavşak etkileşimlerinin değerlendirilmesi ile, birbirini etkileyen ardışık kavşaklarda sinyalizasyon ile devamlılık sağlanabilmektedir.

1.3. Kavramlar

Bu kısımda, yapılan tez çalışmasının daha iyi anlaşılabilmesi ve genel bir bilgilendirme olması bakımından trafik, taşıt, kavşak performans parametreleri ve sinyalizasyon ile ilgili kavramlar sunulmuş, bu kavramlar arasındaki ilişkilere dair bilgiler de verilmiştir.

1.3.1. Trafik ve taşıtlarla ilgili kavramlar

Karayolu trafiği: Karayolunun, ulaşım amacıyla taşıtlar ve yayalar tarafından kullanılması ile meydana gelir (Yayla 2004).

Trafik şeridi: Araçların tek sıra halinde ilerleyebileceği karayolu bölümüdür.

Trafik akım oranı (q): Sürekli bir trafik akımının olduğu durumda, bir saatten daha az süre için (çoğunlukla 15 dk), yolun belli bir bölümünden geçen araç sayısının, saatlik olarak ifade edildiği değerdir (Karayolu Tasarım El Kitabı 2005). Birimi taşıt/saat' tir.

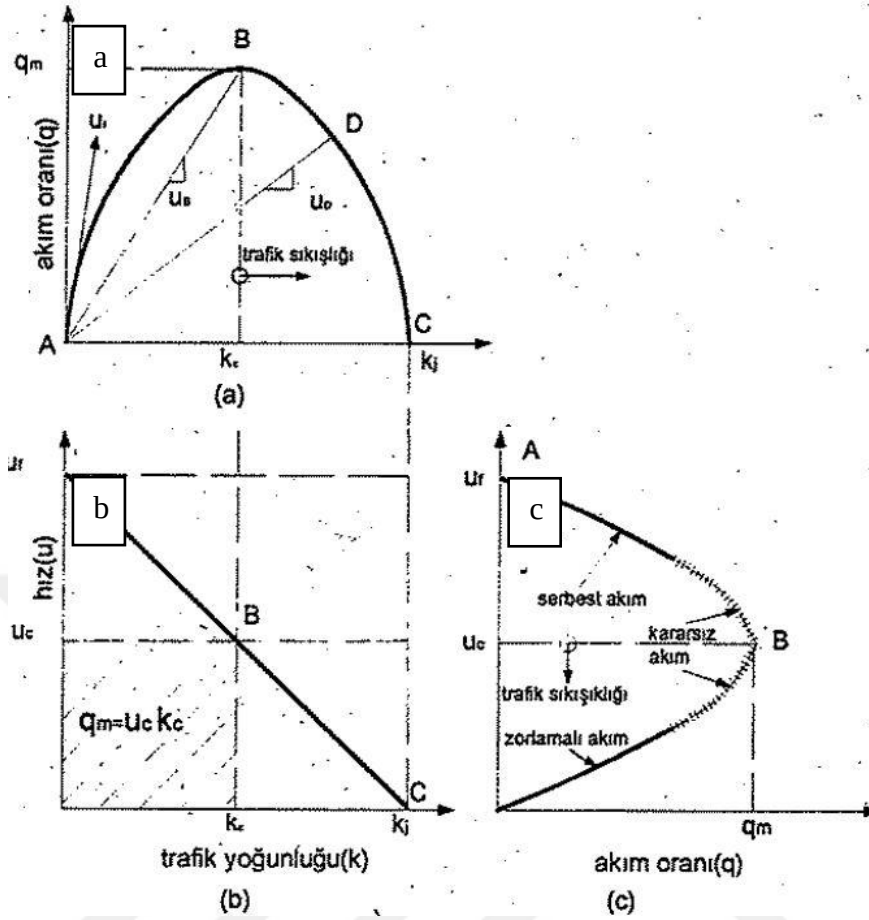
Trafik hacmi: Karayolunun belli bir kesiminden, birim zamanda geçen taşıt sayısıdır. Birimi taşıt/zaman' dır. Trafik akım oranı ve trafik hacmi değerleri, şerit başına ya da tüm şeritler için toplam değer olarak sunulabilir. Birim zaman, genellikle gün ya da saat olarak kullanılmaktadır (Roess vd. 2011).

Trafik akım hızı (u): Araçların oluşturduğu trafik akımının, birim zamanda katettiği mesafedir (Roess vd. 2011).

Serbest akım hızı: Bir aracın düşük trafik hacmine sahip bir yolda kesintisiz olarak bir yol boyunca seyahat edeceği hıza denir (HCM 2010).

Trafik (akım) yoğunluğu (k): Herhangi bir anda, yolun birim kesiti (1km) başına düşen araç sayısıdır. Birimi ta/km' dir. Trafik yoğunluğu da şerit başına ya da tüm şeritler toplamı olarak değerlendirilebilir (Roess vd. 2011).

Şekil 1.12'de, trafiğin temel parametreleri olan; trafik akım oranı, akım hızı ve yoğunluk arasındaki ilişkiyi gösteren grafikler verilmiştir.



Şekil 1.12. Trafik akım oranı-akım hızı-ve yoğunluk ilişkisi; **a)** Akım oranı-yoğunluk ilişkisi; **b)** Akım hızı-yoğunluk ilişkisi; **c)** Akım hızı-akım oranı ilişkisi (Yayla 2004)

Taşıt Kompozisyonu: Yolun belli bir kesiminden geçen taşıtların, trafik hacmi içerisinde, cinslerine göre dağılımıdır (Karayolu Tasarım El Kitabı 2005).

Eşdeğer birim otomobil (EBO): Hakim koşullar altında bir trafik akımı içerisinde bulunan bütün taşıt cinslerinin, yolda kapladığı alan ve hareket kabiliyetleri bakımından, otomobil karşılığı olarak değeridir (Roess vd. 2011). Bu tanım, HCM (2010)'a göre; belirlenen yol, trafik ve kontrol koşulları altında belirli bir tipteki ağır taşıta karşılık gelen binek araç sayısıdır.

EBO değeri, kavşak tiplerine ve ülkelere göre farklılık gösterebilir. Farklı ülkelerde farklı araç türleri bulunmasından ve trafik yönetimlerinin çeşitlilik göstermesinden dolayı tek bir standart bulunmamasına karşın, HCM (Highway Capacity Manual) bu standartların belirlenmesinde kılavuz görevi görmektedir.

Kapasite: Hakim yol ve trafik koşulları altında, herhangi bir karayolu bölümünde, belirli bir yol kesitinden, birim zamanda geçebilecek maksimum araç sayısı olarak tanımlanır (HCM 2010).

1.3.2. Kavşak performanslarına ait kavramlar

Gecikme: Bir araç veya yayanın; kullandığı yolun geometrisi, kontrol yöntemi ya da trafik durumundan dolayı yaşadığı zaman kaybına denir (Çakıcı ve Murat 2015). Özellikle, karayollarının kavşak bölümlerinin yönetiminde önemli bir parametredir.

Kuyruk Uzunluğu: Genellikle, kavşaklardaki sinyalizasyon yönetiminden kaynaklanan, araçların hareket etmeyerek bekledikleri zamanda, kavşak kollarında oluşan araç kuyruklarının uzunluğudur. Kırmızı ışık yandığında kuyruklanma minimumdan başlar ve kırmızı ışık süresinin sonunda maksimuma ulaşır (HCM 2010). Kuyruk uzunluğu, kavşak yönetiminde ve kavşak analizlerine ait hesaplamalarda önemli parametrelerden birisidir.

Durma Gecikmesi: Bir aracın kavşaktan geçmeye çalışırken, fiilen durdurulduğu ve oluşan kuyrukta beklediği zamana denir (HCM 2010). Kuyrukta, belirli bir zaman aralığı boyunca bekleyen bütün araçların ortalama değerine ise ortalama durma gecikmesi denir.

Kontrol gecikmesi: Kavşak yaklaşımlarında, bir trafik kontrol cihazından dolayı kaybedilen zamanı, araçların yavaşlama durumundaki gecikmeleri, araçların durmaları, kuyruk oluşturmaları durumlarında seyahate devam edebilmeleri ve arzu edilen hıza ulaşabilmeleri için geçen süreyi içeren tanımdır (HCM 2010)

Seyahat Süresi: Bir aracın, seyahatine başladığı nokta ile seyahatini bitirdiği nokta arasındaki yolu geçtiği süre olarak tanımlanmaktadır (FHWA 1998). Seyahat süresi, araç sürücüleri ve yayalar açısından konfor kriterini etkileyen bir parametredir.

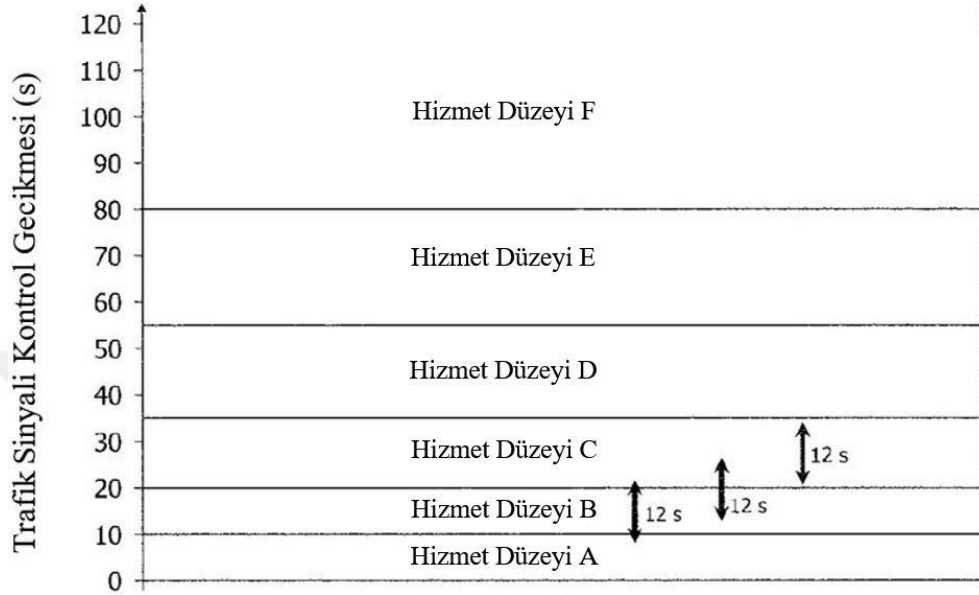
Egzoz emisyonu: Araçların seyahatleri süresince çevreye yaydığı gazlar için kullanılan tabirdir. Özellikle, dur kalkların yaşandığı durumlarda gaz salınımları artmakta ve bu da çevre açısından olumsuz bir etki yaratmaktadır. Çevreye zararın azaltılması için, taşıtların seyahatlerinde, trafik akışının devamlılığı önem arz etmektedir.

Yakıt Tüketimi: Taşıtların seyahatleri esnasında harcadıkları yakıt miktarına denir. Karayolu yapım maliyetlerine direkt etkisi olmamakla birlikte, işletme maliyetleri bakımından önemli bir etkidir. Hem karayolu ve kavşak tasarımcılarının hem de kullanıcılarının dikkate aldığı önemli parametrelerden birisidir.

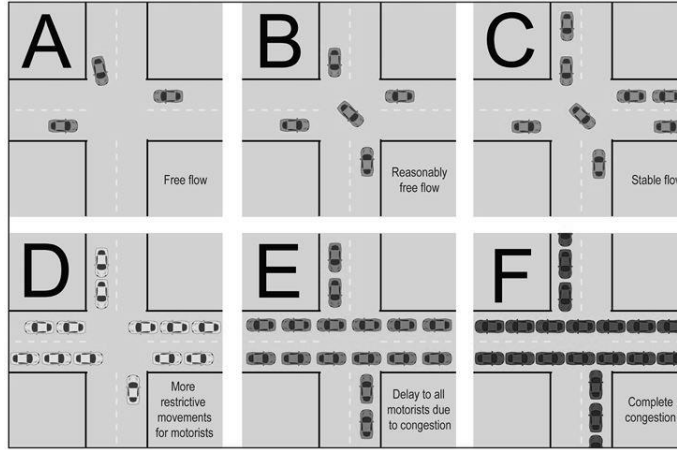
Hizmet düzeyi: Bir trafik akımının; hız, gecikme, konfor, seyahat süresi ve güvenlik gibi parametreler bakımından, sürücüye hissettirdiği işletim koşulları olarak tanımlanabilir. A ile F arasında kademeli olarak değişen hizmet düzeyi için, A en iyi, F ise en kötü hizmet düzeyi olarak ifade edilmektedir. Aynı zamanda, kavşaklar için de bir performans sınıflandırması temsilidir. Hizmet seviyelerinin, kavşaklar için tanımlanmasında, kontrol gecikmesi başlıca etken olarak ele alınmıştır (HCM 2010).

Karayollarının ve kavşakların tasarımında, hizmet düzeyi kriteri her zaman için en iyi koşul olan A olarak belirlenmemektedir. Bunun sebebi; araç sürücülerinin, yayaların ve yolların yapım işlerinden sorumlu kişilerin taleplerinin, en dengeli şekilde sağlanacağı bir hizmet düzeyi belirlenmesinin, daha makul bir seçenek olmasıdır. Finansal kaynakların ve kullanıcı talepleri arasındaki dengenin sağlanabilmesi adına, daha düşük hizmet seviyeleri kullanılmaktadır. Bu kararın verilmesinde, yönetsel tercihler farklılık yaratabilmektedir. Hizmet düzeyinin belirlenmesinde kullanılan ulaşım

sistemi elemanlarına hizmet ölçüleri denir (HCM 2010). Kontrol gecikmesi, bu tanıma örnek olarak gösterilebilir. Buradan yola çıkarak, hizmet ölçülerinde meydana gelen değişikliklerin, hizmet düzeyi kademelerinde değişime sebep olabilmesi muhtemeldir (Şekil 1.13). Hizmet düzeylerinin, dört kollu sinyalizasyon bir kavşağındaki temsilleri Şekil 1.14’te gösterilmiştir.



Şekil 1.13. Hizmet düzeyleri (HCM 2010)



Şekil 1.14. Sinyalizasyon kavşaklarında hizmet düzeylerinin örnek gösterimi (CDOT 2020)

Hizmet düzeyi A, Şekil 1.13’de görüldüğü üzere, araç başına kontrol gecikmesinin 10 s’den düşük olması olarak tanımlanır. Araçların birbirlerine etkisi yok denecek kadar azdır. Araçlar, serbest şekilde şeritlerde hareket edebilir ve hızlarını belirleyebilirler. Araçların çoğu, durma yapmaksızın ilerleme hareketlerini iyi bir düzeyde gerçekleştirirler.

Hizmet düzeyi B, Şekil 1.13’de görüldüğü gibi, araç başına kontrol gecikmesinin 10 s’den fazla 20 s’den az olduğu durum olarak tanımlanır. Araçlar, seyahatlerini iyi

düzeyde gerçekleştirir, ancak A seviyesinden farklı olarak, bazı araçlar birbirlerinin hareketlerini etkileyebilir.

Hizmet düzeyi C, araç başına kontrol gecikmesinin 20 s'den fazla, 35 s'den az olduğu durum için tanımlanır (Şekil 1.13). Trafiğin ilerlemesi orta düzeydedir ve sinyalizasyon sistemi, araçlara yeterli servisi sağlayamayabilir. Araçların hareketlerinde, zaman zaman durmalar olabilmektedir ve bu durmalara rağmen, hala birçok araç durma yapmadan kavşağı geçebilir. Ülkemizde, yapılacak tasarımlar ve gerçekleştirilecek projeler için çoğunlukla bu hizmet düzeyi baz alınmaktadır (Karayolu Tasarım El Kitabı 2005).

Hizmet düzeyi D, araç başına kontrol gecikmesinin 35 s ile 55 s arasında olduğu durum olarak tanımlanır (Şekil 1.13). Bu hizmet düzeyinde, trafik tıkanıklığı belirgin biçimde görülmektedir. Araçların birçoğu durma hareketi yapar. Trafiğin ilerleyişi kötü düzeydedir.

Hizmet düzeyi E, araç başına kontrol gecikmesi değerinin 55 s ile 80 s arasında olduğu durum olarak tanımlanır (Şekil 1.13). Araçların hareketleri oldukça kısıtlıdır ve trafik hacmi kapasite değerine yakındır. Trafik akımındaki kararsızlık, en belirgin olarak bu hizmet düzeyinde görülmektedir. Araçların seyahatlerinin kalitesi oldukça kötü seviyededir.

Hizmet düzeyi F, araç başına kontrol gecikmesinin 80 s'den fazla olduğu durumlardır (Şekil 1.13). Bu hizmet düzeyi, kullanıcılar tarafından kabul edilemezdir ve tıkanıklık en üst düzeydedir. F hizmet düzeyi yalnızca; trafik hacmi, kapasite değerine yaklaştığında ya da ulaştığında ortaya çıkmayabilir. Bu durum için trafik sinyalizasyonları da önemli bir etkidir. Kavşak için iyi organize edilmemiş bir sinyalizasyon yönetimi, araçların seyahatlerine olumsuz etkiler yaratabilir, gereksiz beklemelemlere ve tıkanıklıklara yol açabilir.

1.3.3. Sinyalizasyon kavramları

Sinyalizasyon: Trafik lambaları, ışıklı işaretler ve bunların yönetilmesini sağlayan cihazların oluşturduğu, trafik yönetim sistemine sinyalizasyon denir. Kavşaklarda, araçların seyahatlerini güvenli ve akıcı şekilde yapabilmeleri için kullanılan ışıklı denetim sistemleridir.

Devre (D): Kavşak yaklaşım kollarındaki her akım için, en az bir sefer geçiş hakkının verildiği, ardışık ışıkların bir devridir. Bir devrin tamamlanması için geçen toplam süreye de devre süresi (C) denir (Roess vd. 2011).

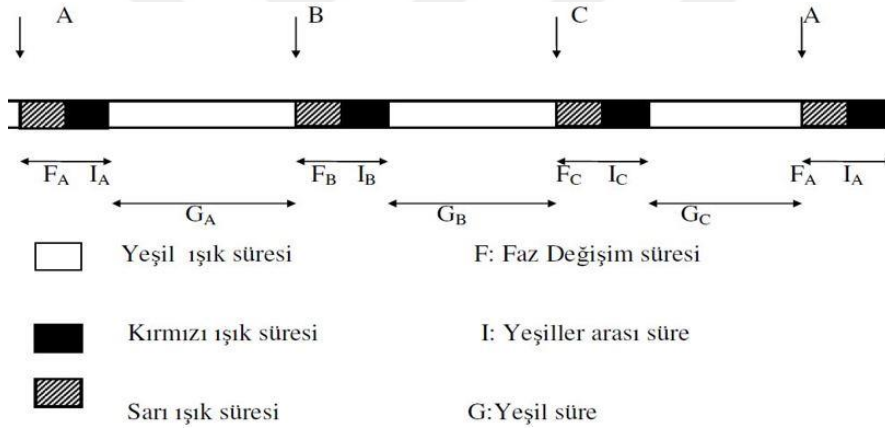
Devre düzeni: Kavşak yaklaşım kollarındaki trafik akımları için sağlanan geçiş haklarının ve beklemelemlerin düzenlendiği, trafik ışıklarına ait sürelerin, bir zaman diyagramı üzerinde gösterimine denir.

Koruma süresi: Kavşakta, bir devre süresi içerisinde, geçiş hakkı sonra ermiş olan trafik akımının, diğer akıma verilen geçiş hakkı ile arasına yerleştirilen süreye denir. Koruma süresi, geçiş hakkı sona eren trafik akımına ait son araç veya yayanın, geçiş hakkı sırası

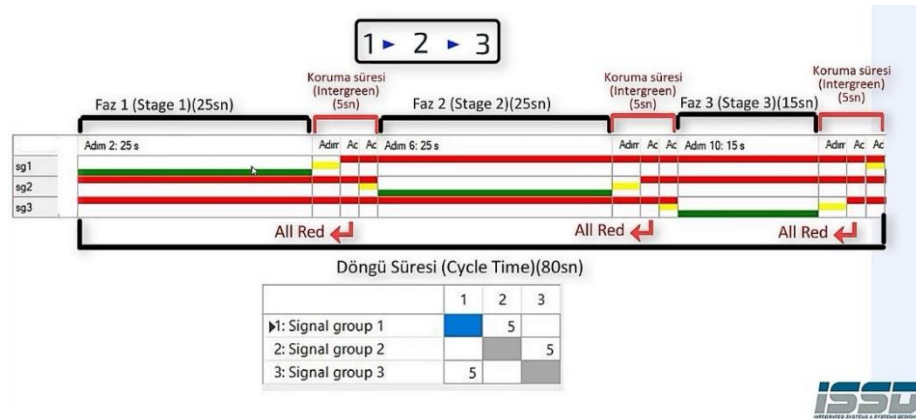
gelen diğer akımla çarpışmaması ve yola çıkış hazırlığı yapılması için belirlenen bir süredir.

Kayıp zaman: Bir fazın aktif olduğu süre içerisinde araçların, hareketlerini etkin bir şekilde gerçekleştiremediği süredir. Kavşağa girecek araçların diğer trafik akımlarıyla çakışma yaşamaması için, güvenlik bakımından, araçların hareketlerinin başlaması için izin süreleri verilmesi gerekmektedir. Kayıp zaman kavramı; bu izin sürelerini ve aktif fazdaki trafik akımının kavşağa girişi sırasında yaşadığı başlangıç (araçların ilk ivmelenmelerinden kaynaklı) zaman kaybını kapsar (HCM 2010).

Faz: Bağımsız bir trafik hareketine veya çeşitli trafik hareketi kombinasyonlarına atanan bir sinyal döngüsü içerisindeki; geçiş hakkı, sarı ve kırmızı aralıkları, fazı oluşturmaktadır (MUTCD 2003). Roess vd. (2011)'in tanımına göre bir sinyal fazı; yeşil süresi artı onu takip eden değişim ve boşluk sürelerinden oluşur. Faz düzenleri değişiklik gösterebilir; tanım olarak Murat (2012), koruma sürelerini de fazın içerisinde göstermiştir (Şekil 1.15). Trafik yönetimi ve trafik denetimi konularında faaliyet gösteren bir firma olan ISSD (Integrated Systems & Systems Design) ise, kendi internet sayfalarında paylaşmış oldukları Vissim eğitim videolarında, programda sinyal planı oluşumunu anlattığı bölümde; koruma sürelerini, faz kısımlarının dışında değerlendirmiştir (Şekil 1.16).



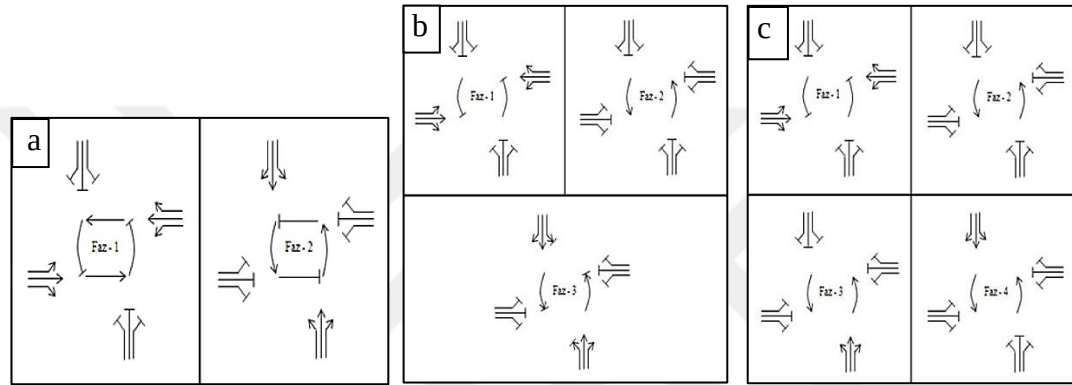
Şekil 1.15. Sinyal devre diyagramı örneği (Murat 2012)



Şekil 1.16. Sinyal planı örneği (ISSD 2022)

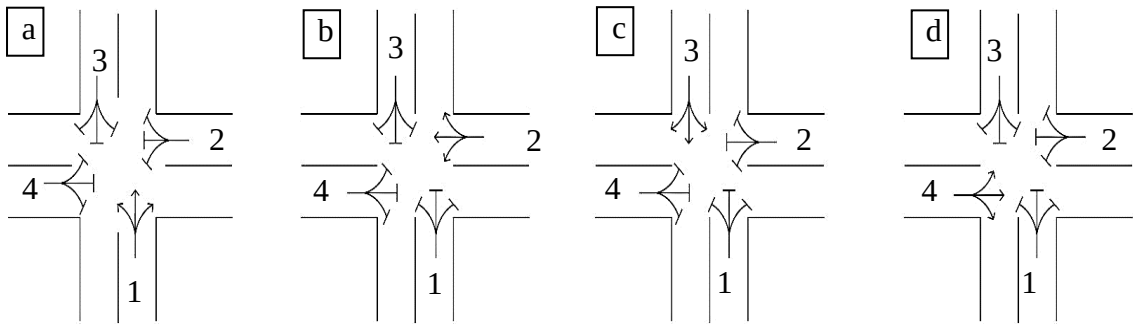
Faz düzeni: Kavşağın tüm yaklaşım kollarından gelen araçların, güvenli şekilde ve az bekleme ile kavşağı kullanabilmeleri için, geçiş haklarının ve hareket imkanlarının, hangi sıra ve düzende olduğunu gösteren diyagramdır. Faz düzenleri, kavşağın yönetim şekline, kavşak geometrisine göre farklı şekilde ayarlanabilir. Amaç; trafik akımlarının kesişimlerini en aza indirgeyerek trafik kazalarını önlemek ve kuyruk uzunluklarını, gecikmeyi ve durma sayılarını en aza indirerek kavşağın verimini arttırmaktır.

Sinyalize dönel kavşaklarda uygulanan faz denetimlerine ait örnekler Şekil 1.17’de gösterilmiştir. Sinyal gruplarıyla ardışık olarak geçiş haklarının verildiği, dört fazlı denetim planı örneği ise Şekil 1.18’de gösterilmiştir. Geçiş hakkı verilmiş olan akımlar oklarla gösterilmiş, geçiş hakkı verilmemiş akımlar ise ucu kapalı çubuklarla gösterilmiştir (Şekil 1.17; Şekil 1.18).



Şekil 1.17. Sinyalize dönel kavşaklar için uygulanan faz planları; **a)** İki fazlı denetim gösterimi; **b)** Üç fazlı denetim gösterimi; **c)** Dört fazlı denetim gösterimi (Çakıcı ve Murat 2015)

En basit sinyal faz planı iki fazlı sistemlerdir. Bazı sola dönüş hareketlerini ya da tamamını güvenli kılabilmek için faz sayısı artırılabilir. Ancak faz sayısının artması, devre süresinde kayıp zamanların artmasına sebep olmaktadır (Roess vd. 2011).



Şekil 1.18. Dört fazlı sistem; **a)** Birinci faz gösterimi; **b)** İkinci faz gösterimi; **c)** Üçüncü faz gösterimi; **d)** Dördüncü faz gösterimi

Şekil 1.18a’da birinci fazın işleyişi gösterilmiştir. Dört fazlı sistemde, her akım her yöne serbestçe hareket etme imkanına sahiptir. Birinci fazda 1 numaralı trafik akımı, ikinci fazda 2 numaralı trafik akımı, üçüncü fazda 3 numaralı trafik akımı, dördüncü fazda ise 4 numaralı trafik akımı için geçiş hakkı verilmektedir (Şekil 1.18).

Yeşiller arası süre (I): Yeşil süresini tamamlayan faz ile sıradaki faza ait yeşil süresinin başlangıcı arasında kalan süreye denir.

Flaş: Araçlar ve yayalar için uyarıcı olarak işlev gören, düzenli olarak yanıp sönen sinyale denir.

Kırmızı flaş: Araçların ve yayaların bir yol ağından diğer bir yola ağına geçtikleri zaman, önce durarak yolu kontrol edip, yol müsaitse hareketlerine devam etmelerini belirten işarettir.

Sarı flaş: Bir yol ağından başka bir yol ağına geçişte yol kullanıcılarının durma hareketi yapmadan, yavaşlayıp yolu kontrol ederek hareketlerine devam etmelerini gösteren işarettir.

Yeşil flaş: Yeşil ışığın yanma süresinin bitmek üzere olduğunu ve bu sebeple araçların kavşağın durumuna göre durmaya hazırlanmalarını belirten işarettir.

Dalga: Araçların, ilerleme hareketlerini grup halinde gerçekleştirmeleri olarak tanımlanır.

Yeşil dalga: Araçların, önlerine gelen her kavşakta geçiş hakkına sahip olmalarına, başka bir deyişle yeşil ışığa rastlayarak, durmadan belli bir hızda hareketlerine devam etmelerine denir.

Doygun Akım: Sinyalize bir kavşakta, devamlı araç kuyruğunun bulunduğu durumda, yeşil sürenin aktif olduğu (sürekli geçiş hakkının olduğu) zaman içerisinde, sabit hızla yolu boşaltan akımdır. Bu akım ile bir saatte geçen araç sayısına da doymuş akım hacmi denir. (FHWA 2004).

1.4. Kavşak Performans Analizleri

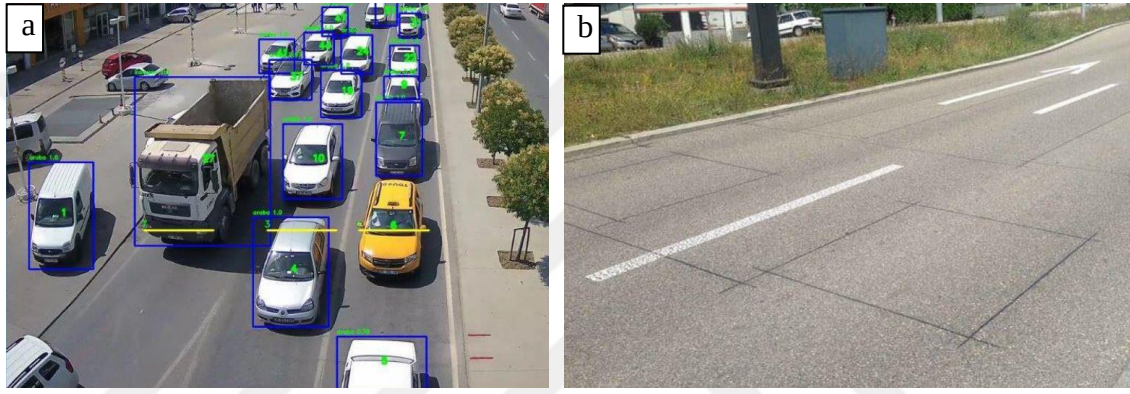
Kavşakların analiz edilebilmesi ve performanslarının belirlenebilmesi için, kavşağa ait bilgilere ihtiyaç vardır. Bu kısımda; kavşaklarla ilgili veri toplama yöntemlerinden, bu verilerin ne tür veriler olduğundan, kavşak analizi için kullanılan bilgisayar programlarından ve Vissim mikrosimülasyon programından bahsedilmiştir. Kavşak performans analizlerinin yapılabilmesi için ilk olarak kavşakta araçların cinslerine ve hareket doğrultularına göre doğru bir şekilde sayılması gereklidir. Tez kapsamında bu nedenle öncelikli olarak trafik sayım yöntemleri incelenmiştir.

1.4.1. Trafik sayım yöntemleri

Trafik verisi; karayollarının planlanması, projelendirilmesi, yapım, bakım ve işletim faaliyetlerinin mantıklı ve teknik açıdan doğru şekilde yapılması amacıyla, projenin kullanımı dahil her evresinde gerekli olan bir veridir (KGM 2009). Bu veriler yardımıyla çalışmalar yapılmaktadır ve yapılacak karayolu yatırımlarının; ekonomik açıdan makul olması, mevcut durumda ve ileride oluşabilecek trafik sorunlarına çözüm olması, yol kullanıcılarının güvenliğini sağlaması ve o bölgenin gelişimine katkıda bulunması amacıyla planlamalar oluşturulmakta, alınacak kararlar bu verilere göre belirlenmektedir.

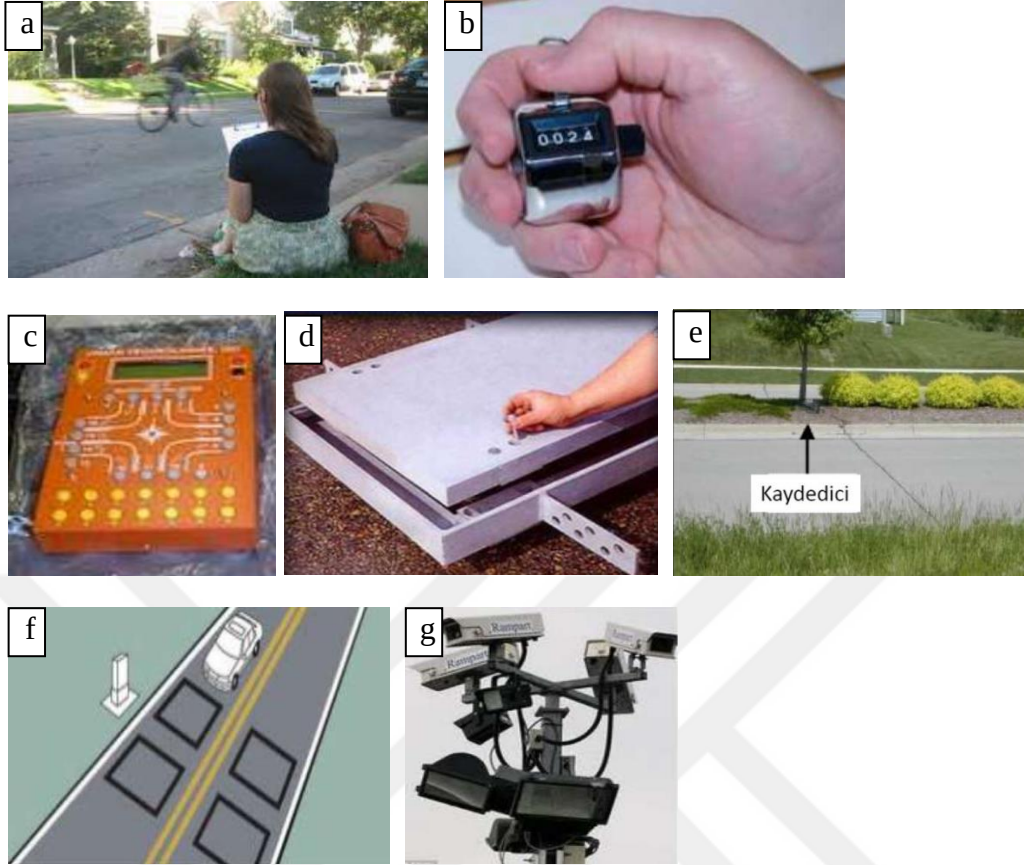
Karayollarında trafik sayımları için uygulanan en eski yöntem, hiçbir cihaz kullanmadan, elle veya gözle sayım metodudur. Mekanik ya da elektronik herhangi bir cihaz kullanılmayan bu sayımlar, günümüzde genelde elektronik cihazlarla sayım yapılamayacak durumlarda ya da çok kısa bir süre için yapılacak olan kavşak sayımlarında uygulanmaktadır.

Trafik sayım yöntemleri, yol üzeri ve yol kenarı sistemler olarak iki gruba ayrılmaktadır (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2020; KGM 2009). Trafik sayımları ve verilerin elde edilmesi konusunda birçok yöntem bulunmakta ve bu amaçla çeşitli algılayıcılar kullanılmaktadır. En çok bilinen, yol kenarında ve yol üzerinde kullanılabilen tür algılayıcılar olan “lup algılayıcılar” dır. Lup algılayıcılar ile varlık-yokluk, hız, işgaliye ve hacim gibi bilgiler elde edilebilir, aynı zamanda araç sınıflandırması da yapılabilir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2020) (Şekil 1.19).



Şekil 1.19. Algılayıcı örnekleri; **a)** Kamera tabanlı algılayıcı; **b)** Lup algılayıcılar (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2020)

Kullanım amaçları ve kullanılan araç-gereçler bakımından incelendiğinde, trafik sayım yöntemleri; manuel sayım ve otomatik sayım olarak ikiye ayrılabilir. Manuel sayım; daha çok, taşıtların sınıflandırılması, dönüş hareketlerinin, güzergahlarının gözlenmesi ve yaya hareketlerinin tespiti amacıyla, insan gücü kullanılarak yapılan sayımlardır. Otomatik sayım; aygıtlar, sensörler ve algılayıcılar aracılığıyla yapılan; trafik saatlik hacimlerinin belirlenmesinde, günlük ve mevsimlik trafik verilerinin elde edilmesinde yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Manuel ve otomatik sayım yöntemlerine ait görseller Şekil 1.20’de verilmiştir.



Şekil 1.20. Trafik sayım yöntemleri: **a)** Önceden hazırlanmış formlar üzerinde sayım; **b)** Mekanik sayıcılar aracılığıyla sayım; **c)** Elektronik sayıcılar aracılığıyla sayım; **d)** Eğilme plakası ile sayım (Bending Plate); **e)** Seyyar otomatik sayaç ile sayım; **f)** Sabit sayıcılar ile sayım; **g)** Kameralar ile sayım (Karaşahin 2016)

Manuel sayım yöntemleri; önceden hazırlanan formlara işaretleme ile sayım, mekanik sayıcılar ile sayım ve elektronik sayıcılar ile sayım şeklinde listelenebilir. Önceden hazırlanan formlar ile sayımda, saha çalışmasına başlanmadan önce hazırlanmış olan tarih, zaman bilgilerinin ve araç tiplerinin tanımlanmış olduğu bir form üzerine, sayıma başlandığında işaretlemeler yapılır (Şekil 1.20a). Mekanik sayıcılar ile sayımda, sayıcıda bulunan butonlar, araç türleri için farklı farklı tanımlanır. Bu şekilde, her yön için araçların hareketleri, araç türleri, bisikletler ve yayalar için sayımlar yapılmış olur (Şekil 1.20b). Elektronik sayıcılar ile sayımda, mekanik sayıcılara benzer araç-gereçler kullanılır. Mekanik sayıcılarla yapılan sayımla aynı şekilde yapılır ve bilgisayara veri aktarımı imkanı vardır (Şekil 1.20c). Eğilme plakası ile sayımda; sistem, üzerinden geçen aracın ağırlığını ölçer ve sınıflandırmasını yapar (Şekil 1.20d).

Otomatik sayım yöntemleri; seyyar otomatik sayaç ile sayım, sabit sayıcılar ile sayım ve video kameralar ile sayım olarak listelenebilir. Seyyar otomatik sayaç ile yapılan sayım sistemi, basınç değişiminin ölçülmesi mantığı ile çalışır. Yola yerleştirilen, içi hava dolu olan lastik tüpler, araçlar üzerlerinden geçtiğinde basınç değişimini algırlar ve bu değişimle birlikte sistem, araç hızı ve ağırlığını belirler (Kahveci 2010). Sabit sayıcılar ile yapılan sayımda, bu sayıcılar karayolu kaplamasına yerleştirilmiştir ve manyetik alan değişimi prensibine göre araçların geçişi, hızı ve ağırlıkları tespit edilir.

Özellikle son yıllarda artan teknolojik gelişmeler, trafik verilerinin toplanmasında yol kenarı sayım sistemlerinin gelişmesine de katkıda bulunmuştur. Video kameralar aracılığıyla kaydedilen görüntülerin, sonradan izlenerek trafik sayımlarının yapılması, yerini gerçek zamanlı görüntü analizleri ile araç sayımına bırakmaya başlamıştır. Trafik yönetimi ve akıllı ulaşım sistemleri (AUS) kapsamında bu tarz çalışmalardan faydalanılmakta ve hem hızlı hem de güvenilir bilgi elde etmek için, gerçek zamanlı video görüntü analizleri ile sayım yönteminin önemi giderek artmaktadır. AUS, trafik verilerinin toplanmasında ve yorumlanmasında önemli rol oynamaktadır (Deveci vd. 2021). Bu sebeple, AUS ve gerçek zamanlı araç sayımı ve sınıflandırması, ülkemizde ve dünyada, trafik sorunlarına hızlı, güvenilir ve pratik çözümler üretmek amacıyla, üzerine çokça çalışmalar yapılan bir konudur (Hussain vd. 2019; Ma vd. 2020; Chen ve Hu 2021; Zhao vd. 2022; Kosasih 2022; Yang vd. 2022).

1.4.1.1. Görüntü işleme teknikleri

Trafik sorunlarıyla ilgili çalışmalarda risk ve kriz yönetimi oldukça önem arz eden bir husustur. İleride meydana gelmesi muhtemel trafik problemlerinin saptanmasında ve oluşan sorunlar için hızlı, güvenilir, ekonomik, kolay uygulanabilir çözümlerin üretilmesinde önemli bir rol üstlenen AUS, farklı teknolojilerin birbirleriyle entegre çalıştığı sistemlerdir. Yılmaz (2012), AUS' u, ulaştırma alanında ileri teknoloji, sensörler, bilgi sistemleri, iletişim araçları ve ileri optimizasyon tekniklerinin bir arada kullanıldığı uygulamalar şeklinde tanımlamıştır.

İnsanlar; yeni yöntemleri, araç-gereçleri ve cihazları, ortaya çıkan ihtiyaçlar doğrultusunda icat etmişlerdir. Mevcut veya meydana gelebilecek trafik sorunların saptanması ve çözümlenmesinde, trafik verilerinin toplanması büyük öneme sahip olduğundan, bu konuda da yeni ihtiyaçlar ortaya çıkmıştır. Video kameralar ile görüntü kayıtlarının bilgisayara aktarılarak, başka bir ortamda izlenmesi ve öncelikle basit şekilde insan gücüyle bu görüntülerden verilerin toplanması, AUS adına temel adımlardan olmuştur. Ancak, insan nüfusunun, kentleşmenin, motorlu araç kullanımının artması, trafik sorunlarının da artmasına sebep olmuştur. Bu amaç doğrultusunda, AUS kapsamında, teknolojik çözümlere nazaran daha yavaş ve zahmetli olan insan gücünün azaltılmasına, dinamik bir karaktere sahip olan trafiğin, bu özelliğine uygun ve gerçek zamanlı çözümler üretilmesine çalışılmaktadır.

Video kameralar ile entegre çalışan yazılımlar sayesinde, anlık olarak araç sayım ve sınıflandırması, trafik sorunlarına hızlı ve güvenilir çözümler üretmek konusunda yeni bir adım olmuştur. Nesne algılama, nesne takibi, hız ve güzergah tespitleri konularında, bilgisayar mühendisliği, yazılım mühendisliği, elektik-elektronik mühendisliği ve inşaat mühendisliği alanlarında, multidisipliner çalışmalar yürütülmektedir (Güzel 2017; Cruz vd. 2019; Gomaa vd. 2019; Pazar vd. 2020; Lin vd. 2022).

Maqbool vd. (2018), yaptıkları çalışmada bir karayolundaki trafik akışını kontrol edebilmek adına, araç algılama, sayma ve izleme adımlarından oluşan, Gauss karışım modelini kullanan bilgisayarla, görüntü tabanlı bir algoritma sunmuşlardır. Arka plan çıkarma yöntemi, araçları izlemek için KALMAN filtresi yöntemi ve tespit edilen ve edilemeyen araçların ayrıştırılabilmesi için Macar algoritmasını kullanmışlardır. Sundukları algoritmayı, gündüz ve gece videoları için uygulamışlardır. Çalışma

sonucunda, zemin doğruluk değerlerine yakın sonuçlar elde edildiğini ve önerdikleri sistemin verimli ve doğru çalıştığını belirtmişlerdir.

Sundoro ve Harjoko (2016), yaptıkları çalışmada Gauss Karışım Modeli algoritmasını kullanarak, araç sayım ve video işlemeye dayalı, araç hız ölçüm sistemi tasarlamışlardır. Sabah, öğleden sonra ve akşam olmak üzere üç koşulda sistemin denemelerini yapmışlardır. Sistemin hız kalibrasyonu parametrelerini, hız tabancası yardımıyla elde etmişlerdir. Çalışma sonucunda; sabah koşulu için %75,69, öğleden sonra koşulu için %90,50, akşam koşulu için %85,31 sayım doğrulukları elde etmişlerdir.

İlyas (2019), yaptığı tez çalışmasında, kamera görüntüleri analizinde, otsu eşik belirleme algoritması ve morfolojik işlemler yöntemini kullanarak, araç sayım yöntemleri için yeni tip sanal bölge önermiştir. Literatürde var olan sanal bölgeler ile önerdiği yeni tip sanal bölgeyi karşılaştırmıştır. Çalışma sonucunda, görüntü analizi için ele alınan sanal bölgenin; önermiş olduğu yeni tip sanal bölge olmasıyla %95, literatürde yer alan kavşağa geliş kolları olmasıyla %86, kavşak ortasında olmasıyla %90 sayım doğrulukları elde etmiştir. Önerdiği yeni tip sanal bölgenin, literatürde yer alan yöntemlere göre %5 oranla daha az araç kaçırdığını belirtmiştir.

1.4.2. Kavşak veri türleri

Kavşak analizlerinin yapılmasında, kavşağa ait mevcut durumun ve ilerde oluşabilecek durumların doğru değerlendirilebilmesi ve tahmin edilebilmesi için, kavşağa ait bilgilerin doğrulukla elde edilmesi gerekmektedir. Bu tez çalışmasında kavşağa ait bilgiler iki başlık altında incelenmektedir: Bunlardan birincisi kavşak geometrisi ve denetim verileri, diğeri ise araç verileridir.

1.4.2.1. Kavşak geometri ve denetim verileri

Kavşak geometri ve denetim verileri; kavşak analizi yapılacağı zaman, kavşağın doğru temsiline yapılabilmesi için mutlaka bilinmesi gereken verilerdir. Kavşağın kollarına ait şerit sayıları, şerit genişlikleri, şerit yönlendirmeleri, kavşağın tipi, kavşakta bulunan adalar, kavşağın denetim şekli; sinyalizasyon kavşakları için sinyal ve faz planları, trafik uyarı levhaları ve kuralları, kavşağa ait geometri ve denetim verilerini meydana getirmektedir.

1.4.2.2. Araç verileri

Araç verileri, kavşağı kullanan araçların sayılarını, güzergahlarını, araç tiplerini içermektedir. Bu veriler kavşak analizi yapılırken, kavşaktaki trafiğin iyi temsil edilebilmesi için doğru şekilde elde edilmelidir. Araç tipleri, araçların kavşağı kullanırken sergiledikleri hareketler bakımından önem göstermektedir. Ağır taşıtların kavşağa giriş ve çıkışlarındaki ya da sola ve sağa dönüşlerindeki hareketleri, otomobil ya da bir motosiklet ile aynı değildir. Bu sebeple araç cinslerine göre sayımların doğrulukla yapılarak, birim otomobil eşdeğerliklerine göre trafik hacmi hesaplanması gerekmektedir.

1.4.3. Trafik simülasyon programları ve Vissim

Trafik analizlerinin yapılması konusunda birçok yöntem bulunmaktadır. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte, günümüzde trafik analizleri için bilgisayar programlarının kullanımı yaygınlaşmıştır. Hayata geçirilmesi planlanan bir kavşak projesi için, fazla zaman ve maddi kayıp yaşamadan, kavşak performansı ile ilgili hesaplamalar yapılabilmektedir. Geliştirilen bilgisayar programları benzetim mantığıyla çalışmaktadır. Simülasyonlar (benzetim) ile, analizi yapılacak kavşağın bilgisayarda gerçeğe en yakın modellemesi yapılmaktadır. Bilgisayarda yapılan modelleme ile kavşak performansı hesaplanarak, hızlı ve güvenilir analiz sonuçları elde edilmektedir. Simülasyon programları ile birlikte; zamanın ve maddi imkanların verimli kullanılması açısından gelişim kaydedilmiştir. Birçok farklı simülasyon programı var olmakla birlikte, kullanıcılar kendi amaçları doğrultusunda hangi programın kendilerine uygun olduğunu, programın özelliklerine göre belirlemektedirler. Saidallah vd. (2016), genel olarak simülasyonu, gerçek dünyanın bir bölümünün zaman içerisindeki dinamik bir temsili olarak tanımlamışlardır. Ayrıca, simülasyon programlarının, uygulama yapılmadan önce gerçekleştirilmesi amaçlanan eylem planını test etmek veya değerlendirmek için kullanılan bir araç olduğunu ifade etmişlerdir. Benzer şekilde Vaiana vd. (2012), mikroskobik simülasyon modellerinin; trafik yönetimi tasarlamak ve kavşak performanslarını değerlendirmek için, dinamik bir yaklaşımla, kavşakların incelenmesinde kullanılabildiğinden, ulaşım mühendisleri için yararlı araçlar haline geldiğini belirtmişlerdir.

Simülasyon, gerçek hayatta fiziki olarak var olan ya da teoride var olan olayların ve durumların; bu olaylara ve durumlara ait verilerle birlikte bilgisayar ortamında değerlendirilmesini, farklı şartlar altında ileride uğrayabileceği değişimlerin irdelenmesini ve bunların analiz sonuçlarına göre yeni çözümler oluşturulmasını sağlayan, modelleme yöntemi olarak tanımlanabilir. Trafik simülasyonları da sahadan alınan verilerle birlikte, analizler yapılarak mevcut trafik sorunlarının tespit edilmesinde, bu sorunlara yönelik çözümler üretilmesinde kullanılan, bilgisayar tabanlı modelleme araçlarıdır.

Trafik simülasyonlarının temelinde, kavşak analizleri için oluşturulmuş matematik modeller bulunmaktadır. Zamanla bu matematik modeller; teknolojinin gelişmesiyle, hızlı, güvenilir ve uygulanabilir çözümler üretilmesi ihtiyacının artmasıyla, bilgisayar kaynaklı yazılımlarla birlikte trafik simülasyon programlarının gelişmesine neden olmuştur. Her amaca hizmet etmeye yönelik, farklı yöntemler temelinde çalışma prensibine sahip olan, farklı trafik simülasyon programları geliştirilmeye başlanmıştır.

Trafik akımının modellenmesi, mevcut durum ve farklı koşullara ait senaryoların analiz edilmesi, trafik mühendisliği çalışmalarında karşılaşılan büyük zorluklardandır. Bu sebeple, trafik simülasyon programları sağladığı avantajlarla, bu zorlukları ortadan kaldırmaya yönelik hizmet etmektedir. Çalışılacak alanın büyüklüğüne, değerlendirilmesi yapılacak parametrelerin özelliklerine, açık erişimli ya da ticari olarak sunulma seçeneklerine göre trafik simülasyon programları çeşitlilik göstermektedir. Çizelge 1.1’de farklı trafik simülasyon programları için farklı özellikler bakımından karşılaştırma, özellik var ise “X”, yok ise “O” olacak şekilde gösterilmiştir.

Çizelge1.1. Farklı trafik simülasyon programları ve özellikleri (Sarı 2021)

Simülasyon Programı Özellik	Vissim	Aimsun	Corsim	Paramics	Quadstone Paramics	Cube Avenue
Makroskobik Model	O	X	O	O	O	O
Mezoskopik Model	X	X	O	O	O	X
Mikroskopik Model	X	X	X	X	X	X
Şerit Sayı Kısıtı	O	O	X	O	X	O
Yol Uzunluk Kısıtı	O	O	O	O	O	X
Araç Tipi Kısıtı	O	O	O	O	X	X
Koordine Sinyal	X	X	X	X	O	O
Adaptif Sinyal	X	X	X	X	X	X
Toplu Taşıma Önceliği	X	X	X	X	X	X
Otoyol Kontrolü	X	X	X	O	X	O
Kaza Yönetimi	O	X	X	X	X	O
Dinamik Rota	X	X	O	X	X	O
Statik Rota	X	X	O	X	X	O
Multimodel Trafik	X	X	O	O	X	X
Parklanma Yönetimi	X	X	O	O	O	O
Hız Limitleri	X	X	X	X	X	X
Araç Boyutları	X	X	O	O	O	O
Ticari Araçlar	X	X	O	X	X	X
Yayalar	X	X	O	O	X	X
Tren ve Raylı Araç	X	X	X	X	O	X
Kuyruklanma	X	X	X	X	X	X
Seyahat Süresi	X	X	X	X	X	O
Sıkışıklık Ölçümü	X	X	X	X	X	X
Dönel Kavşak	X	X	X	X	X	X
Farklı Sürücü Profili	X	X	X	O	X	X
Gerçek Zamanlı Veri Analizi	X	X	O	O	X	O
(Motorlu) Bisiklet	X	X	O	O	O	X
Obje Modelleme	X	X	O	O	O	X
Otobüs Şeridi	X	X	X	O	O	X
Araç Ağırlıkları	X	O	O	O	O	X
Otonom Araçlar	X	X	O	O	O	O

1.5. Çalışmanın Kapsamı

Eşdüzey kavşaklar; aynı düzlemde bulunan ve farklı yönlerdeki trafik akımlarının birlikte kullandığı ortak alan olarak tanımlanabilir. Bu sebeple, özellikle araçların ve yayaların bir arada bulunduğu kent içi yollarda eşdüzey kavşaklar büyük önem taşımaktadır. Yayla (2004), kavşakları; trafik akımlarında en fazla kuyruklanmanın, gecikmenin ve kazaların gerçekleştiği yerler olarak belirtmiş ve bundan dolayı ayrıntılı şekilde analizlerinin yapılarak planlanmasının ve ona göre inşa edilmesinin gerekliliğini vurgulamıştır.

Kavşaklarda oluşan araç gecikmelerinin fazla olması, sürücü davranışlarını etkilemektedir. Uzun süreli gecikmeler, sürücülerin kullanacakları rota tercihlerinde ve trafiğin yollara bölünmesinde önemli bir role sahip olduğu için trafiği yüksek oranda etkilemektedir (Başkan 2004). Kavşak performanslarının artırılması, motorlu taşıtlar ve yayaların güvenle seyahat edebilmesi için kavşakların denetimi üzerine yoğunlaşmıştır. Trafik denetleme yöntemleri; trafik tıkanıklıklarını düşürmek ve araçların kavşaklardan güvenle ve en kısa sürede geçebilmesini sağlamayı amaçlamaktadır (Çakıcı 2014). Bu bilincin gelişmesiyle birlikte; trafik akışının sağlıklı olması, can ve mal kayıplarının engellenmesi, zaman ve yakıt kayıplarının en aza indirilmesi için yenilikçi mühendislik çalışmaları yürütülmektedir (Güncü 2019).

Kent içi yollarda genellikle eşdüzey (hemzemin) kavşaklar uygulanmaktadır. Katlı kavşaklar, trafik yoğunluğunu azaltmak ve kavşak performansı açısından en uygun çözüm olmasına rağmen, yüksek yapım maliyetleri sebebiyle öncelikli olarak başka çözümler aranmaktadır. Eşdüzey kavşakların geometrik yapılarında ve denetimlerindeki düzenlemelerle daha uygun çözümlere ulaşmak mümkündür. Bu sebeple, eşdüzey kavşakların ayrıntılı şekilde planlanıp, tasarımlarının hassasiyetle yapılması gerekmektedir. Eşdüzey kavşakların tasarım, planlama ve uygulama gibi aşamalarının doğru yapılmaması durumunda, çok büyük maddi ve manevi kayıplar yaşanır. Çözüm yollarından en önemlisi eşdüzey kavşak kontrolünün trafik ışıkları ile sağlanmasıdır.

Trafik ışıkları güvenlik bakımından kavşağa katkı sağlamaktadır, ancak; araçların ve yayaların bekleme sürelerini arttırması ve gecikmeye sebep olması kavşaklar için en büyük dezavantajıdır. Bu sebeple, kavşakta taşıtların bekleme durumuna ait trafik yoğunluğunun saptanmasında ve ışıklı kavşakların sinyal zamanlarındaki düzenlemelerde gecikme çok önemli bir faktördür (Şimşir vd. 2013). Bir taşıtın; bir kavşakta, kavşağın geometrik özellikleri, diğer taşıtlar ve trafik ışıkları ya da kavşak denetimi sebepleriyle kaybettiği zaman gecikme olarak tanımlanmaktadır. Bundan dolayı, kavşak performansı analizlerinde gecikme parametresine dikkat edilmektedir.

Sinyal planları, trafik kuralları ve trafik unsurlarının kesişimleri ile ilgili düzenlemelerin yanı sıra kavşak geometrileri de performans, güvenlik ve çevreye etki bakımından büyük önem arz etmektedir. Aydın vd. (2017), geometrik yanlışlıklar nedeniyle kavşakların gereğinden fazla büyük olduğu durumlarda, gerekenden daha uzun yeşil sinyal süreleri arası kayıp zamanın ve kavşak içinde bulunması istenmeyen trafik akımı dalgalanmalarının oluştuğunu belirtmiştir. Tüm bunların, bilhassa kavşağa yaklaşım kollarında ve kavşak içerisinde trafik karmaşasına sebep olduğunu ifade etmiştir.

Kavşak tasarımı ve sinyalizasyon; artan nüfus, motorlu araç kullanımı ve kentleşme ile birlikte ortaya çıkan trafik sorunlarını minimuma indirmek için, güncel olarak üzerine çalışılması gereken konulardır. Bu nedenle, bu tez çalışmasında bir mikro simülasyon programı yardımıyla, bir kavşağa ait trafik modellemesi oluşturulmuştur. Gecikme parametresine bağlı olarak mevcut durum değerlendirilmesi yapıp, kavşakta bulunan trafik sorunlarına farklı çözüm önerileri sunulmuştur.

Bu tez çalışmasında; çalışma alanı olarak belirlenen Antalya ili, TÜİK 2019 nüfus verilerine göre 2.511.700 kişi ile Türkiye'nin 5. Büyük ili konumundadır (TÜİK 2019). İklim koşulları, yaşam kalitesi, iş imkanları ve coğrafi koşulları sebebiyle göç alımı konusunda Türkiye'de ilk sırada yer almaktadır. Hem ülke hem de il bazında nüfus artışları ve buna bağlı olarak da trafik yoğunluğunda oluşan artışlar dikkat çekmektedir. Nüfus artışının yanı sıra motorlu taşıt kullanımının artması da trafik yoğunluğunu ve oluşabilecek yeni sorunları tetiklemektedir. Ekim 2020 TÜİK verilerine göre, Antalya iline kayıtlı 1.150.356 motorlu kara taşıtı bulunmaktadır. Türkiye genelinde motorlu taşıt sayısı bakımından Antalya 4. Sırada yer almaktadır. Kişi başına düşen araç sayısı ise 0.458'dir. Bu değer Türkiye geneline bakıldığında ise 0.288'dir (TÜİK 2020).

Özellikle, Antalya'nın yaşanabilirliği yüksek şehirlerden birisi olması ve turizm şehri olması sebebiyle, araç ve insan yoğunluğu artışına paralel olarak şehir içi ulaşım yollarının verimli kullanılması gerekmektedir. Bundan dolayı Antalya ili için mikro ve makro ölçekte trafiğin modellenmesi ve trafik analizlerinin yapılması büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada Antalya ili Konyaaltı ilçesinde trafik yoğunluğu yaşanan bir kavşak için mikro-simülasyon programı yardımıyla trafik modellemesi, mevcut durum performans analizi, alternatif sinyalizasyon planı ve kavşak geometrisi önerisi üzerine çalışılmıştır. Yapılan analizler sonucunda sinyalizasyon düzenlemesinin ve kavşak geometrisi önerisinin performansları değerlendirilerek, mevcut durum ile aralarında kıyaslama yapılmıştır.

Bu tez çalışması 4 ana kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısım, mevcut durumdaki trafik verilerinin elde edilmesi için yapılan çalışmalardan oluşmaktadır. Bu verilerin elde edilmesi için kavşağa kamera kurulumu yapılarak haftanın 3 günü sabah ve akşam birer saat olmak üzere görüntü kaydı alınmıştır. İkinci aşama, kamera kayıtlarından elde edilen görüntülerin izlenerek kavşağa ait verilerin elde edildiği bölümdür. Elde edilen veriler tablolar halinde sunulmuştur.

Üçüncü kısım, mevcut durum ile önerilen senaryoların PTV Vissim programında modellenerek, kavşak performans analizlerinin yapıldığı bölümdür. Yapılan analizler sonucunda performans kriterleri olarak gecikme, kuyruk uzunlukları, bekleme süreleri, yakıt tüketimleri, gaz salınımları, seyahat süreleri ve hizmet düzeyleri baz alınarak kavşağın mevcut durumu ve önerilen senaryolarına ait performansları analiz edilmiştir.

Dördüncü kısım, mevcut durum ve önerilen senaryoların analiz sonuçlarının karşılaştırıldığı ve yorumlandığı bölümdür. Performans parametreleri mevcut durum ve önerilen senaryolar açısından değerlendirilerek önerilen senaryoların mevcut duruma göre hangi parametreler açısından ne kadar verimli olduğu belirlenmiştir. Geçmişte yapılmış bazı çalışmalar sunulmuş ve bu tez çalışmasının gelecekte yapılabilecek çalışmalara ışık tutması açısından değerlendirmeler yapılmıştır.

2. KAYNAK TARAMASI

Teknoloji ve sanayideki gelişmelerin yanı sıra insanların, zamanla yarışının gittikçe artmasıyla araç kullanımları da artmakta ve trafik sorunları ortaya çıkmaktadır. Karayolları ulaşımında yol ağları kentler arası yollar ve kent içi yollar olarak ikiye ayrılır. Yol ağları oluşturulurken; birbirleriyle bağlanacak yerleşim yerleri ve bu yerleşim yerlerinin özellikleri göz önünde bulundurulmaktadır. Büyük yerleşim yerlerinin, daha küçük yerleşim yerlerine bağlanmasında ve kent içi ana yolların birbirleriyle ve tali yollarla bağlanmasında oluşacak trafik çatışmalarının kontrol altında tutulması için kavşaklar tasarlanmaktadır. Hem şehir içi hem de şehir dışı seyahatlerde meydana gelen trafik kazalarının %40-%60'ı, farklı yönlerden gelen trafik akımlarından oluşan eşdüzey kavşaklarda gerçekleşmektedir (Yayla 2004). Trafik kazalarının da yüksek oranda kavşaklarda meydana gelmesinden dolayı kavşak analizlerinin iyi yapılması hayati önem taşımaktadır.

Analiz yöntemleri, değerlendirilmek istenen parametrelere ve incelenecek kavşağa göre farklılık gösterebilmekle beraber, matematiksel hesaplamalar ve modellemeler ya da simülasyon programlarından oluşmaktadır. Analiz yöntemi örnekleri, kavşaklar ve kavşak performans parametreleri hakkında genel bilgilendirmeler, kaynak taraması şeklinde bu bölümde yer almaktadır. Ülkemizde ve dünyada kavşak analizleri konusunda birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalardan bazıları yeni bir hesaplama yöntemi oluşturma, bazıları mevcut yöntemleri geliştirme, bazıları da yöntemleri birbirleriyle kıyaslayarak analizcilere kılavuz oluşturma şeklinde yapılmıştır. Özetle bu bölümde, kavşak analizi yöntemlerinden kavşak sorunlarının tespiti ve çözümlerine, yeni hesaplama yöntemi tasarımı ve mevcut yöntemlerin karşılaştırılmasına kadar çeşitli çalışmalardan bahsedilmiştir.

Suzuki vd. (2011), çalışmalarında geometrinin iyileştirilmesi ile sinyalizasyon kavşaklarda hem kullanım özelliklerindeki hem de trafik çatışma riskindeki değişiklikleri saptamışlardır. Bununla birlikte kullanıcıların davranışları, trafik güvenliği ve kavşağın boyutları arasındaki ilişkiyi netleştirmek için sola / sağa dönüşlü araçlar ile yayalar arasındaki trafik çatışmalarını ölçmek için değerlendirme modeli geliştirmişlerdir. Çalışma sonucunda, geliştirdikleri risk tahmin modeli ile sola / sağa dönüşlü araçların kavşaklardan geçme süresi ne kadar uzun sürerse, bu araçların yayalarla çatışma riskinin de o kadar yüksek olduğunu ortaya çıkarmışlardır. Duyarlılık analizi yoluyla, kavşak geometrisinin daha da iyileştirilmesiyle trafik çatışma riskinin azaltılabileceğini doğrulamışlardır. Kavşak geometrisinde yapılan kompakt değişikliklerin sürücüler ve yayalar için riskli durumları ortadan kaldırmada etkili olduğunu savunmuşlardır.

Akmaz (2012), yapmış olduğu çalışmada Konya'da şehir içi trafiği açısından önem arz eden bazı kavşakları incelemiştir. İlgili çalışmada; kavşak hizmet düzeyini, kavşak kapasitesini artırmayı ve gecikme sürelerini en alt seviyeye getirmeyi amaçlamıştır. Bu amaçla, çalıştığı kavşaklarda yeni devre süreleri önermiştir. Çalışmada yöntem olarak Sidra programını kullanmıştır. Kavşaklarda kamera ile görüntü kaydı yapmış ve bu görüntülerden trafik sayımları yapmıştır. Kavşaklara ait geometri ve sinyalizasyon bilgileri elde edildikten sonra, verileri programa girdi olarak eklemiştir. Çalışma sonucunda, elde ettiği analiz sonuçlarını karşılaştırmıştır. Çalışmada karşılaştırmış olduğu Amerikan ve Avustralya yöntemleri ile elde ettiği değerlerin,

birbirine yakın çıktığı sonucuna varmış ve sunulan devre süreleri sayesinde, kavşakların kapasitelerinde artma ve gecikme değerlerinde azalma gözlemlemiştir.

Murat (1999)'ın yaptığı çalışma kapsamında, Ege Bölgesi'nin gelişen sanayi kentlerinden olan Denizli'deki kent içi sinyalizasyon kavşaklarının kontrol düzenleri ele alınmış ve araştırılmıştır. Bazı kavşaklar için yeni devre süreleri ve faz düzenleri önerilmiş ve kavşak kapasitelerinin artırılması yönünde yapılabilecekler tartışılmıştır. Kavşakların belirli periyotlarla etüt edilmesi ve simülasyon çalışması yapılarak kavşağın en uygun yönetim biçimi veya kontrolü ile ilgili stratejiler geliştirilmesi önerilmiştir.

Çetinkaya (2008), Ankara'da şehir içinde bulunan Adnan Kahveci Işıklı Kavşağı'nda çalışmıştır. Kavşağa ait trafik verilerini elde etmek için kamera görüntüleri kaydetmiştir. Sinyalizasyon ve kavşak kapasitesi hesaplamaları için; Yolların Kapasitesi El Kitabı (HCM: Highway Capacity Manual 1985) Yöntemi'ni, Sidra Intersection 3.2 programını, Avustralya Yöntemi'ni ve Webster (İngiliz) Yöntemi'ni kullanmıştır. Sayımlardan elde ettiği verilerle, mevcut durumdaki ışık devre süreleri için, kavşağın gecikme süresini ve kapasitesini hesaplamıştır. Sonrasında, kavşak için yeni bir devre süresi hesaplamış ve bu yeni durum için de gecikme ve kapasite analizi yapmıştır. Kullanılan metotların birçoğu ile, mevcut devre süresi yerine önerilen iki farklı devre süresinin de kavşaktaki gecikmeyi azaltacağı sonucuna varmıştır.

Şimşir vd. (2013), çalışmalarında bir kavşaktaki trafik lambalarının sinyalizasyon sürelerini ve trafik yoğunluğunu incelemişlerdir. 4 fazlı bir kavşak için; araç yoğunluklarını, bekleme sürelerini ve cadde isimlerini değişken olarak tanımladıkları bir model oluşturmuşlardır. Modelde parametre olarak; kavşakta oluşan kuyruklanmada bekleyen ortalama araç sayısını, trafik hacmini ve kırmızı ışık bekleme sürelerini kullanmışlardır. Oluşturdukları modeli, kavşaklardaki araç yoğunluklarına bağlı olarak çalıştırmışlardır. Çalışma sonucunda modelin, iki konuda faydalı olduğunu göstermişlerdir. Bu konulardan birincisi; kırmızı ışıkta meydana gelen kuyruklanmanın saptanmasıdır. İkincisi ise; kırmızı ışıklardaki bekleme sürelerinin değişken (dinamik) olması durumuna ait trafik yoğunluğunun gözlemlenmesidir.

Vaiana vd. (2012), çalışmalarında, dönel kavşaklarda, simülasyon sürecinde kinematik ve davranışsal parametrelerin etkisini değerlendirmişlerdir. Gözlenen gerçeklik ile simüle edilen gerçeklik arasında en iyi uyumu sağlamayı hedeflemişlerdir. Bu amaçla, gözlemledikleri performans ile Vissim yazılımı kullanarak elde ettikleri performanslar arasında karşılaştırma yapmışlardır. Vissim ile oluşturulan simülasyonda; durma hattı, azaltılmış hız bölgeleri, kritik boşluk değeri, kavşaktan çıkış hızı parametreleri için değerler sunmuşlardır. Böylelikle, elde ettikleri değerlerle, çalıştıkları kavşak tipi için bir kalibrasyon yapmışlardır. Yapmış oldukları kalibrasyon işleminin, bu çalışmada incelenen kavşaktan farklı geometrik özelliklere ve trafik koşullarına sahip dönel kavşaklarda uygulanabilirliği üzerine çalışılabileceğini belirtmişlerdir.

Çakıcı ve Murat (2016), çalışmalarında, sinyalizasyon dönel kavşaklarda faz planı ve devre süresi hesaplaması için bir yaklaşım önermişlerdir. Önerdikleri hesap yaklaşımının etkinliğini ölçebilmek için farklı tip kavşakları ve farklı faz planlarını göz önünde bulundurmuşlardır. Bu amaçla gecikme performans kriterini dikkate alarak değerlendirmeler yapmışlardır. Kavşak yaklaşım kollarından sola dönüşler için birbirinden farklı oranlara sahip 12 tip senaryo oluşturmuşlardır. Oluşturdukları

senaryolara göre, farklı tipteki kavşaklar ile sinyalize dönel kavşaklar arasında karşılaştırmalar yapmışlardır. Bundan farklı olarak, aynı tipteki kavşaklarda faz düzenlerinde değişiklik yaparak, faz sayılarının ve faz değişikliklerinin kavşaktaki ortalama araç gecikmesine etkisini araştırmışlardır. Çalışmada, Vissim mikrosimülasyon programını kullanarak, her durum için kavşaktaki ortalama taşıt gecikmesini hesaplamışlardır. Sinyalize dönel kavşaklardaki sinyal süresi optimizasyonu içinse Sidra Intersection programını kullanmışlardır. Çalışmalarının sonucunda; faz sayısındaki artışa da paralel olarak, araçların sola dönüş oranları arttıkça sinyalize kavşaklardan ziyade diğer kavşak alternatiflerinin tercih edilebileceğini ifade etmişlerdir.

Özen (2020), Mersin’de bulunan, trafik ışıklarıyla kontrol edilen 39 adet dört kollu kavşak üzerinde çalışmalar yapmıştır. Çalışmasında; 2014 ve 2016 yılları arasında gerçekleşen ve yalnızca araçların karıştığı trafik kazaları ile kavşak geometrisi, trafik hacmi ve trafik denetimi özellikleri arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Bu amaç doğrultusunda, Poisson ve Negatif Binom (NB) regresyon modellerini kullanmıştır. Modellerde; trafik akımı, yol geometrisi ve trafik kontrol özelliklerine ait parametreleri kullanmıştır. Çalışma sonucunda, kavşak yaklaşım kollarındaki şerit sayısı fazlalığının kazalarda artışa sebep olduğunu belirtmiştir.

Arshi vd. (2018), yaptıkları çalışmada; trafik levhası kontrollü, sinyal kontrollü ve dönel kavşak türlerini karşılaştırmışlardır. Ortalama araç gecikmelerini değerlendirme ölçütü olarak dikkate almışlardır. Dönüş yapan araçlar ile yayaların, kavşak performansına önemli etkilerinin olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Cheng vd. (2016), çalışmalarında sinyalize dönel kavşakların kapasitesini hesaplamak amacıyla bir model geliştirmişlerdir. İlgili çalışmada, dönel kavşağın yaklaşım kollarında uygulanan farklı yeşil sürelerinin, kavşak kapasitesine etkisini incelemişlerdir. Geliştirdikleri kapasite yönteminin doğruluğu için, gerçek sinyal zamanlama şeması ve trafik akış verileri kullanmışlardır. Çalışma sonucunda, önerdikleri yöntemin doğruluğunu kanıtlamışlardır.

Saidallah vd. (2016), yaptıkları çalışmada ticari veya açık kaynaklı olarak en çok kullanılan 11 farklı simülasyon programına genel bir inceleme yapmışlardır. İhtiyaca uygun programın seçilebilmesine yardımcı olması ve yeni trafik simülasyon programlarının geliştirilebilmesi için, bu programların farklı karakteristiklerine dayalı karşılaştırmalar yapmışlardır. Çalışmalarındaki trafik simülasyon programlarının karşılaştırması Çizelge 2.1’de gösterilmiştir. Çizelge 2.1’de kısaltmaları bulunan özelliklere ait lejant Çizelge 2.2’de gösterilmiştir. Çalışma sonucunda; kullanıcıların, yapacakları çalışmaları uygun simülasyon programını seçmelerine kılavuz olacak bilgiler sunmuşlardır.

Çizelge 2.1. Trafik simülasyon programlarının karşılaştırılması (Saidallah vd. 2016)

Simülasyon Programları		AIMSUN	ARCHSIM	CORSIM	MATSim	MITSIMLab	Paramics	SimTraffic	SUMO	TRANSIMS	TransModeler	VISSIM
Nitelikler												
Model	I	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	E	✓								✓	✓	
	A	✓									✓	
Kategori	O				✓	✓			✓	✓		
	C	✓	✓	✓			✓	✓			✓	✓
Sistem	D		✓	✓			✓			✓		
	C	✓			✓				✓			✓
Görselleştirme	2D	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	3D	✓		✓			✓	✓			✓	✓
Altyapı	Zorluk	E						✓				✓
		M										
		D	✓	✓					✓			
	Esneklik	F	✓				✓					✓
		L			✓	✓		✓			✓	
		VL		✓	✓				✓	✓		
Araçlar ve yayalar	T											
	D											
	R	✓		✓			✓	✓				✓
	E	✓		✓			✓	✓			✓	✓
	O	✓					✓					✓
Kapsam alanı	I		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓
	R	✓		✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
	O	✓								✓	✓	
Dedektörler	WD	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	WL	✓					✓					✓
CBS	Y	✓			✓						✓	✓
	P											
	N		✓	✓		✓		✓				

Çizelge 2.2. Karşılaştırma çizelgesi lejantı (Saidallah vd. 2016)

Kriter		Kısaltma	Anlam
Model		I E A	Mikroskobik Mezoskopik Makroskopik
Kategori		O C	Açık Kaynak Ticari
Sistem		D C	Ayrık Sürekli
Görselleştirme		2D 3D	İki Boyutlu Üç Boyutlu
Altyapı	Zorluk	E M D	Kolay Orta Zor
	Esneklik	F L VL	Esnek Sınırlı Çok Sınırlı
Araçlar ve Yayalar		T D R E O	Tip Boyut Öncelik Yaya Diğer Taşıtlar (Otobüs ve
Kapsam Alanı		I R O	Şehir Bölge Ülke
Dedektörler		WD WL	Kablolu Sensör Kablosuz Sensör
CBS		Y P N	Evet Kısmen Hayır

Özge (2010), yaptığı tez çalışmasında; Kağıthane İlçesi Cendere yolunda bulunan kavşaklardaki kapasite ve işletim problemlerini ele alarak yaşanan tıkanıklıkları ve sorunları çözümlmeyi amaçlamıştır. Mevcut durum etütlerinden yararlanarak, sorunlu olan yerlerde video kameralar ile trafik verileri elde etmiştir. Bu veriler ile birlikte, PTV Vissim mikrosimülasyon programını kullanarak kavşağın simülasyon modelini oluşturmuştur. Yaptığı analizler sonucunda, tespit ettiği sorunlara çözüm olarak, sinyalizasyonla ve geometri ile ilgili öneriler geliştirmiştir. Bu önerileri de modelleyerek mevcut durum ile karşılaştırmasını yapmıştır. Çözüm önerilerinin kamuya ve çevreye etkilerini araştırmıştır. Ayrıca, incelediği kavşaklardaki kesişimlerin hizmet düzeyindeki değişimlerine, taşıtların gaz emisyonlarına ve yakıt tüketimlerine göre değerlendirmeler

yaparak optimum çözümü bulmaya çalışmıştır. Çalışma sonucunda, simülasyon programı ile yapmış olduğu analizler ışığında, önerdiği alternatiflerin, performans artırma hedefleri doğrultusunda doğru katkılar sağladığını göstermiştir.

Naghawi vd. (2018), yaptıkları çalışmada gecikme, uzun kuyruklanma ve yüksek gaz emisyonu problemlerini barındıran, sinyalize bir kavşak ele almışlardır. Bu sinyalize kavşağın işletim ve güvenlik özelliklerinde geliştirmeler yapmayı amaçlamışlardır. Bu amaçla, geleneksel kavşaklardan farklı olarak Superstreet arteriyel kavşak tasarımının uygulanması durumunu incelemişlerdir. Çalışmada sinyalizasyon düzenlemeleri için Synchro programını ve Superstreet kavşak tasarımı ile geleneksel tasarımın analizleri yapmak ve sonuçları karşılaştırmak için Vissim programını kullanmışlardır. Önermiş oldukları Superstreet kavşak tasarımının, maksimum kuyruk uzunluklarında %97 ve araç başına ortalama taşıt gecikmesinde %87'lik azalmalar sağladığı sonucuna ulaşmışlardır. Bununla birlikte, kavşağa ait hizmet düzeyinde de önemli derecede iyileştirme sağlamışlardır. Superstreet kavşak tasarımının yoğun trafik altında nasıl performans gösterdiğini araştırmak için, gelecek beş yıl için trafik talebi oluşturarak analiz yapmışlardır. Analiz sonuçlarında, Superstreet kavşak tasarımının, yoğun trafik hacmi altında bekledikleri performansı göstermediğini görmüşlerdir.

Özinal ve Uz (2021), literatürde yer alan çalışmalar ışığında; dönel kavşakların her bir geometrik elemanının, kavşak güvenliğiyle olan ilişkilerini ve farklı farklı ülkelerin standartlarındaki kavşak tasarım kriterlerini incelemişlerdir. Dönel kavşak tasarımında; geometrinin fiziki koşullar bakımından uygun planlanması ve kavşağın geometrik elemanlarının birbirleri ile uyumlu olacak şekilde tasarlanması gerektiğini belirtmişlerdir. Ülkemizde de bu konuyla alakalı çalışmaların hız kazanması gerektiğini ve trafik güvenliği açısından ülkemiz koşullarına uygun olacak şekilde kılavuz hazırlanmasının önemini vurgulamışlardır.

Baş vd. (2020), yaptıkları çalışmada sabah ve akşam saatlerinde sayım yaparak, trafiğin ciddi yoğunlukta olduğu zirve saatlerinin trafik hacimlerini belirlemişlerdir. Bu çalışmada, AIMSUN programını kullanarak kavşağın mevcut durumunu ve farklı kavşak tipleri ile tasarımlarını simüle etmişlerdir. Gecikme süresi ve bekleme süresi parametreleri bakımından mevcut durumu değerlendirmişlerdir. Modern dönel kavşak ve farklı düzey kavşak tasarımları ile yeni analizler yaparak, çalışma alanı için en uygun kavşak tipinin hangisi olacağını belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda, en verimli çözüm olarak farklı düzey kavşak belirlemelerine karşın, farklı düzey kavşakların yapım maliyetlerinin yüksekliği sebebiyle, çözüm tercihlerini modern dönel kavşak yapılmasından yana kullanmışlardır.

Boz ve Gülgen (2018), çalışmalarında SUMO (Simulation of Urban Mobility) programını kullanarak, Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa Kampüsü'nün ana girişi ve bağlantılarında yapılan kavşak düzenlemelerinin sonuçlarını değerlendirmişlerdir. Hayata geçirilmesi planlanan projelerin yüksek maliyetlerinden kaçınabilmek için, planlama aşamasında yüksek doğrulukla mevcut durum ve yeni durum kavşak analizlerinin yapılmasının önemini vurgulamışlardır. Bu sebeple, simülasyon programlarından faydalanılmasını desteklemişlerdir. Program çıktısı olarak elde ettikleri araç izi, trafik yoğunluğu bilgisi gibi verilerin hem akademik hem de kamu ve özel sektörde kullanılabilirliğini göstermişlerdir.

Çakıcı ve Murat (2015), yaptıkları çalışmada sinyalizasyon dönel kavşakları ele almışlardır. Oluşturdukları 4 farklı senaryo için, farklı trafik hacimlerine ve sola dönüş oranlarına sahip 50 farklı durumu incelemişlerdir. Bu amaçla, ortalama taşıt gecikmesi performans kriterini dikkate alarak, oluşan durumu Vissim simülasyon programını kullanarak analiz etmiş ve elde ettikleri sonuçları karşılaştırmışlardır. Çalışmaları sonucunda, kavşağa geliş kollarına ait trafik hacimlerinin ve sola dönüş oranlarının artmasıyla, ortalama taşıt gecikmelerinde artış olduğunu belirtmişlerdir. Buna karşın, kavşaktaki ortalama taşıt gecikmelerinin, oluşturdukları örnek durumlar için sinyal süreleri ve faz planlarında yapılan düzenlemelerle büyük ölçüde azaltılabileceğini sonucuna varmışlardır.

Lu ve Sun (2019), çalışmalarında, sinyalizasyon bir kavşağı ele almışlardır ve bu kavşağın en yoğun trafik hacmine sahip olduğu dönem için trafik akışını değerlendirmek için inceleme yapmışlardır. Kavşaktan elde ettikleri verileri VISSIM programında kullanarak kavşağın modelini oluşturmuşlardır. Kavşağın kapasitesini artırmayı ve gecikme değerlerini minimuma indirmeyi amaçlayarak bu doğrultuda yeni bir sinyal şeması oluşturmuşlardır. Önerdikleri sinyal şeması ile kavşağın hizmet düzeyinde ve kapasitesinde artış, gecikme sürelerinde düşüş sağlayarak trafik sıkışıklığını çözmek için ideal bir sinyal şeması sundukları sonucuna varmışlardır.

Eva ve Andrea (2017), yaptıkları çalışmada, kapasite sorunu yaşayan tek şeritli bir dönel kavşak için turbo dönel kavşak önerileri geliştirerek, bu kavşak türlerini birbirleriyle karşılaştırmışlardır. Çalışmanın yöntemi olarak iki adet kapasite modeli ve Vissim mikrosimülasyon programını kullanmışlardır. Çalışma sonucunda, önerdikleri iki tür turbo dönel kavşağın, bekleme sürelerini %70 ila %90 oranında azaltabildiğini ve kapasite artışı sağlayabildiğini göstermişlerdir.

Eraslan (2008), yapmış olduğu tez çalışmasında, mevcut bir ışıklı kavşağın kapasitesini Amerikan ve Avustralya yöntemleri ile belirlemiş ve bunları karşılaştırmıştır. Ayrıca kavşak için ideal devre süresini ve buna göre oluşacak gecikmeleri hesaplamak için analizler yapmıştır. Analizlerde kullanmak üzere, kamera kayıtlarından faydalanarak trafik verilerini elde etmiştir. Yaptığı çalışmada, benzetim programı olarak Synchro (Amerikan Yöntemi) ve Sidra (Avustralya Yöntemi) kullanmıştır. Yapmış olduğu çalışma sonunda, daha az gecikme süreleri sağlayan sinyal faz planı önermede, Sidra programının Synchro'ya nazaran daha verimli olduğunu belirtmiştir.

Camcı (2019), yaptığı çalışmada, kavşak tasarımı için trafik simülasyon programlarının kullanımının etkisini araştırmıştır. Sakarya'da bulunan, Serdivan Sapak Camii Kavşağı ve D-100 Dört Yol Sanayi Kavşağı'nı geleneksel yöntemlerle incelemiş ve araç sayımları yaparak güzergahlardaki trafik hacimlerini elde etmiştir. İncelediği kavşakların, Vissim simülasyon programında modelini oluşturmuş ve trafik verilerini programa girmiştir. Çalışma sonucunda, Serdivan Sapak Camii Kavşağı için; trafik hacmindeki artışların, kavşak içinde beklemekte olan taşıtların toplam kuyruk uzunluklarına büyük ölçüde etki ettiği sonucuna varmıştır. Alternatif olarak seçmiş olduğu köprü geçişli katlı kavşak tasarımında, bu kuyruk uzunluklarının azaldığını tespit etmiştir. D-100 Dört Yol Sanayi Kavşağı için; mevcut faz ve sinyalizasyon durumunun kavşak performansı bakımından en uygun çözüm olduğunu tespit etmiştir. Çalışmanın sonucunda yorum olarak; simülasyon programlarının, birçok farklı senaryoyu analiz

etmesinin, kullanıcıların çok kısa sürede ve minimum maliyetle en iyi çözümü bulmaları konusunda büyük avantaj sağladığını ifade etmiştir.

Öğütveren (2019), çalışmasında kavşak seçiminde dikkate alınacak kriterlerden bahsetmiş ve dönel kavşakların geometrik tasarımları ile ilgili parametreleri açıklamıştır. Vissim programını kullanarak, modern dönel kavşaklara ait geometri parametrelerinden birisi olan merkez ada çapının, kavşak performansı ile ilişkisini incelemiştir. Kavşak performansını değerlendirmede; ortalama hız, ortalama duruş sayıları ve ortalama gecikme parametrelerini kullanmıştır. Çalışmanın bir kısmında dört kollu trafik ışıkları ile kontrol edilmeyen bir dönel kavşağa ait merkez ada çapını değiştirerek kavşağın performansını hesaplamıştır. Merkez ada çapının büyütülmesinin kapasiteyi arttırdığı, ancak buna bağlı olarak kavşaktaki gecikme değerinin her zaman azalmadığı sonucuna ulaşmıştır.

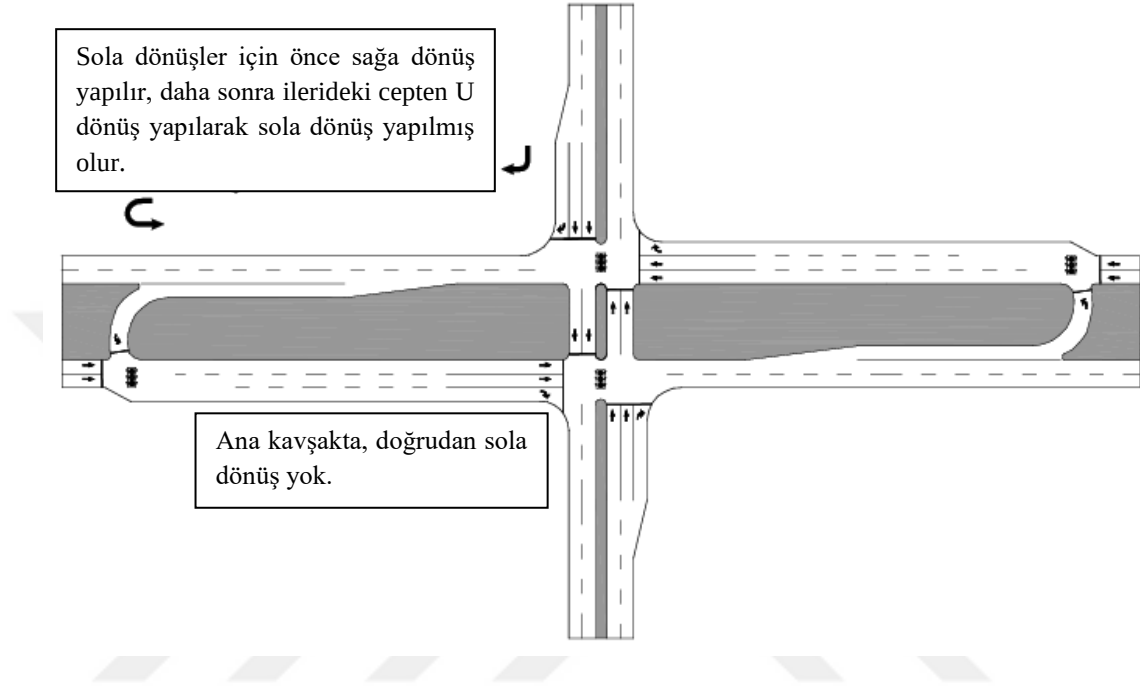
Erol (2018), yaptığı çalışmada, gecikme ve hız parametreleri bakımından, sinyalizasyon kavşakları ile modern dönel kavşakların performanslarını kıyaslamıştır. Bu amaçla, iki kavşak üzerinde çalışmıştır. Vissim programını kullanarak kavşak performans analizleri yapmıştır. Kavşak performansı iyileştirmesi için Transyt-7F programından faydalanarak, mevcut ışık sürelerinde düzenlemeler yapmış ve mevcut faz planını değiştirmiştir. Ayrıca ışıklı kavşağın kontrol türünü modern dönel kavşak olarak değiştirerek benzetimini yapmış ve analiz etmiştir. Çalışmasında, modern dönel kavşakların daha düşük gecikmeler ortaya koyduğu sonucuna ulaşmıştır. Öte yandan sinyal optimizasyonu ile kavşak performanslarının artırılabilirliğini ifade etmiştir.

Ahadi (2019), Afganistan'ın Mezar-ı-Şerif kentinde bulunan iki kavşakta; üç durum için çalışma yapmıştır. Bunlar; mevcut durum, sinyalizasyon düzenlemesi ile yenilenmiş durum, geometrik açıdan yenilenmiş durumdur. Bu amaçla, VISSIM ve SIDRA yazılımlarını kullanarak, gecikme süreleri ve kuyruklanma uzunlukları parametreleri bakımından kavşak analizleri yapmıştır. Elde ettiği bulgulara göre, kavşaklar arası iletişimin iyi şekilde planlanmasıyla, bu kavşaklarda oluşturulan sinyal koordinasyonunun; geometrik bakımdan iyileştirme yapılmasına gerek olmadan, kavşağın toplam taşıt gecikmeleri değerlerinde %3,36'lık azalmayı sağladığı sonucuna varmıştır.

Bayata ve Bayrak (2018), çalışmalarında, Vissim programını kullanarak Karayolları 12. Bölge Müdürlüğü'nce yapılması planlanan bir kavşağın, yapıldıktan sonra bölge ve çevre trafiği için yaratacağı etkileri araştırmışlardır. Mevcut ve yeni kavşak durumlarını, Vissim simülasyon programında modellemişlerdir. Gecikme değerleri, seyahat süreleri, kuyruk uzunlukları, yakıt tüketimleri ve gaz salınımları (Nox, VOC, CO) parametreleri bakımından mevcut ve yeni kavşak durumlarını karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda, yeni yapılması planlanan kavşak performansı ile ilgili; kuyruk uzunlukları için %83, gecikme ve seyahat süresi için %35 ve gaz salınımları için %23'lük azalmalar elde etmişlerdir.

Zainab ve Jalal (2021), çalışmalarında, trafik hacmi ve kuyruk uzunlukları parametrelerini dikkate alarak yaptıkları kalibrasyon ve doğrulama işlemi ile, Vissim ve Paramics programlarının U dönüş alanlarındaki trafiğin benzetiminde ne kadar geçerli olduklarını araştırmışlardır. Karmaşık trafik alanlarına örnek olan kavşak tiplerinden Medyan U Dönüslü kavşak için kalibrasyon ve doğrulama işlemi üzerine çalışmışlardır.

Yöntem olarak; VISSIM ve PARAMICS programlarını kullanmışlardır ve bu yöntemler arasında karşılaştırma yapmışlardır. Video kamera yoluyla elde ettikleri verileri geliştirdikleri modelin doğrulanması için kullanmışlardır. Oluşturdukları modellere uygulanan kalibrasyon ve doğrulama süreci sonunda hem VISSIM hem de PARAMICS modellerinin, çalışılan alandaki gerçek trafik için geçerli bir yaklaşım sağladığını görmüşlerdir. Medyan U Dönüş tipi kavşak için örnek görsel Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Medyan U dönüşü kavşağı örneği (Reid vd. 2014)

Yavuzylmaz ve Dünder (2017), yaptıkları çalışmada, 15 Temmuz Şehitler Köprüsü giriş ve çıkışlarında Avrupa’dan Anadolu yakasına geçişteki trafik koşullarını incelemiş ve köprü’nün çıkışındaki gişelerin trafiğe etkisini araştırmışlardır. Bu sebeple, kamera görüntüleri yardımıyla elde ettikleri trafik verileri ile, PTV Vissim programında modelleme oluşturarak analizler yapmışlardır. Çalışmanın devamında, gişelerin olmaması durumunda trafik yoğunluğu ve akımında meydana gelecek değişimleri gözlemlemişlerdir. Birinci durum olarak; gişeler kaldırılıp ek şerit kullanımına devam edilmesi halinde, trafik akımında büyük bir değişiklik olmadığını görmüşlerdir. Gişelerin yine kaldırıldığı ancak ek şerit kullanımının uygulanmadığı ikinci durumda ise; duraklama gecikmelerinde %28,17, taşıt başına ortalama gecikme değerinde %16,26 ve ortalama duraklama sayısının %13,15 oranlarında azaldığını, ortalama hız değerinin %16,32 arttığını hesaplamışlardır. Çalışmanın sonucunda, köprü giriş ve çıkışlarında görülen trafik yoğunluklarının, gişe sahasının kaldırılmasıyla iyileşebildiği ancak yine de karşılaşılan olumsuzlukların devam edeceğini ifade etmişlerdir.

James vd. (2021), Kerala’daki Kottayam semtinde bulunan Kuruppanthara Kavşağı’nda çalışma yapmışlardır. Kavşaktaki etkin olmayan sinyalizasyon ve yetersiz alandan kaynaklı kuyruklanmalar ile kavşağı etkileyen alanlardaki otobüs duraklarının doğru konumlandırılmaması sebebiyle oluşan trafik yoğunluğunu incelemişlerdir. Çalışmalarında, bu problemleri giderebilmek adına iki kavşak modeli her modele uygun sinyal planı geliştirmişlerdir. Mevcut model ve geliştirdikleri iki kavşak modeli arasında

VISSIM programı analizleri ile karşılaştırmalar yaparak, en ideal kavşak modelini ve seçmişlerdir. Çalışma sonucunda; sağa dönüş yapan araçların, düz giden araçların seyahatlerini kesintiye uğratmadığı ve kuyruk uzunluklarında düşüş sağlayan özel bir şerit bulduklarını ve kavşak kollarındaki şeritlerin doğru kullanımıyla kavşak performansının artırılabilceğini belirtmişler.

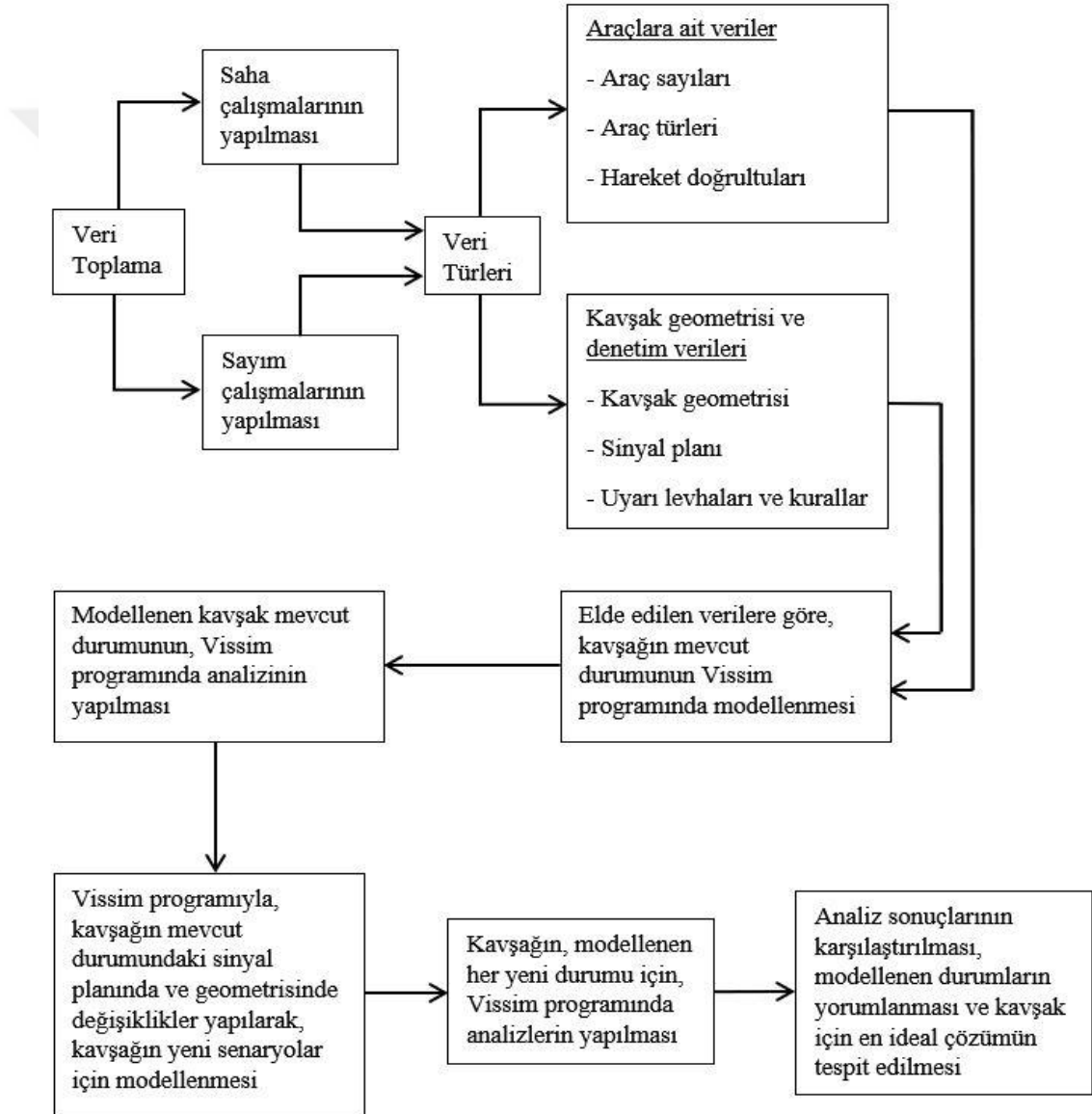
Wang vd. (2022), yaptıkları çalışmada, kentsel bir otoyolda bulunan köprülÜ (farklı düzey) kavşağın rampa kısmı ile yer kavşağı arasındaki bağlantıda meydana gelen trafik sıkışıklıklarına çözüm üretmeyi ve bağlantı uzunluğunun bu sıkışıklığa etkisini belirlemeyi amaçlamışlardır. Bu doğrultuda, saha çalışmalarından elde ettikleri verilere dayanarak, bağlantı kısmının uzunluğunu ve buradaki taşıtların trafik akım özelliklerini etkileyen faktörleri analiz etmişlerdir. Kentsel otoyolun rampası ile kavşak arasındaki bağlantının uzunluğunu hesaplayabilmek için bir model önermişlerdir. Mevcut duruma ve hesapladıkları uzunluğa ait trafik akım durumlarını analiz etmek ve karşılaştırmak için Vissim programını kullanmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre; hesapladıkları uzunluk ile, park sürelerinin, ortalama gecikmenin, kuyruk uzunluklarının ve seyahat sürelerinin önemli ölçüde azaldığını ve trafik işleyişinde iyileşmeler olduğunu belirtmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre, sundukları bağlantı uzunluğu hesaplama modelinin doğruluğunu göstermişlerdir.

3. MATERYAL VE METOT

Tez çalışmasının bu bölümünde, çalışmanın yapıldığı kavşağın geometrisi, yönetimi ve işleyişi hakkında bilgiler verilmiştir. Kavşağın bulunduğu bölge tanıtılmış ve kavşağa ait verilerin nasıl elde edildiği anlatılmıştır. Devamında ise yöntem olarak kullanılan VISSIM mikrosimülasyon programı hakkında bilgiler verilmiş ve programda bir kavşak modeli oluşturmak için izlenen adımlardan bahsedilmiştir.

3.1. Çalışmanın Yol Haritası

Tez çalışmasında izlenen yol haritası genel hatlarıyla, şema olarak Şekil 3.1’de gösterilmiştir.

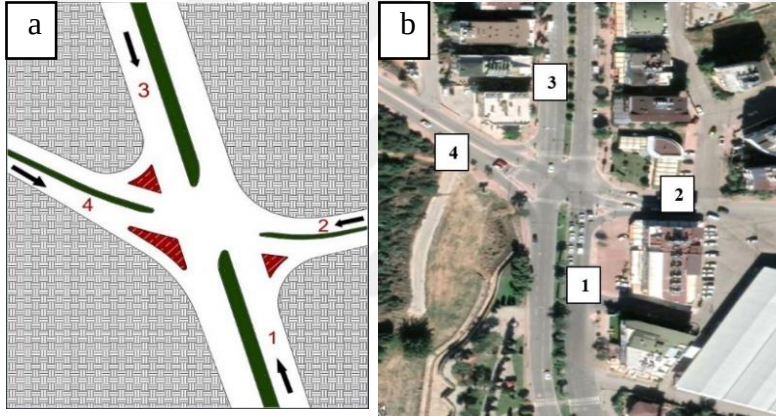


Şekil 3.1. Çalışmanın organizasyon şeması

Çalışmanın ilk aşamasında, kavşağa ait bilgilerin toplanabilmesi için saha çalışmaları yapılmıştır. Yapılan saha çalışmaları ile kavşağa ait video kaydı yapıp, sonrasında görüntüler izlenerek, trafik ve araç verileri elde edilmiştir. Bu veriler ile birlikte, kavşağın mevcut durumu Vissim simülasyon programında modellenmiştir. Modellenen mevcut durum simülasyon programında analiz edilmiştir. Daha sonrasında, kavşak için sinyal planı değişiklikleri ve geometrik düzenlemeler yapılarak, yeni senaryolar oluşturulmuştur. Oluşturulan senaryolar için de Vissim’de modelleme yapılmış ve bu senaryolar analiz edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda, mevcut durum ve yeni senaryolar arasında karşılaştırmalar yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

3.2. Çalışma Alanı

Bu kısımda, tez çalışması için üzerinde çalışılan kavşağa ait trafik akım özellikleri ve kavşağın geometrisi bilgileri verilmiştir. Pınarbaşı Caddesi-732. Sokak kesişimi kavşağı, Antalya’nın Konyaaltı ilçesi, Pınarbaşı Mahallesi’nde bulunmaktadır. Kavşağın trafik akım planı ve uydu görüntüsü Şekil 3.2’de, kavşağın bulunduğu bölgenin uydu görüntüsü ise Şekil 3.3’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Kavşağa ait trafik akım planı ve kavşağın uydu görüntüsü



Şekil 3.3. Kavşağın bulunduğu bölgeye ait uydu görüntüsü

3.2.1. Çalışılan kavşağın geometrik özellikleri ve işleyiş planı

Pınarbaşı Caddesi-732. Sokak kesişimi kavşağı, dört kollu sinyalizasyonlu kavşaktır. Kavşak, dört yaklaşım kolundan oluşmaktadır ve sinyal lambaları ve kanallama yöntemiyle, trafik akışı kontrol edilmektedir. Kavşak sinyalizasyonu, 4 fazlı olacak şekilde tasarlanmıştır. Kavşak yaklaşım kollarına ait geçiş hakları, her yaklaşım kolu için ardışık sırayla verilmektedir. Kavşağın şerit sayıları, şerit numaraları, sinyal lambalarının konumları, şerit hareketleri, yaklaşım kollarına ait akım numaraları ve geometrik planını içeren görsel Şekil 3.4'te verilmiştir. Kavşak yaklaşım kollarına ve şeritlerine ait numaralandırma saat yönünün tersine olacak şekilde sıralı şekilde yapılmıştır. Kavşağın şerit özellikleri ve kavşağın işleyişi, Şekil 3.4'ün alt kısmında açıklanmıştır.



Şekil 3.4. Çalışılan kavşağa ait işleyiş planı

1,3 ve 4 numaralı yaklaşım kollarında, araçların sağa dönüş hareketleri için trafik adaları bulunmaktadır. Araçların sağa dönüş hareketleri, kırmızı flaşlar ile yola kontrollü çıkış uyarısı verilerek sağlanmaktadır. Şekil 3.4'te gösterilen yeşil taralı alanlar orta refüjler, kırmızı taralı alanlar ise trafik adalarıdır. Trafik adaları hem araçların sağa dönüş hareketlerine hem de yayaların kavşağı kullanmasına yardımcı olmaktadır. 4,14 ve 20 numaralı şeritler sağa dönüş ve bir sonraki yola bağlanma şeritleridir.

8 numaralı şerit 2.70 m, 9 ve 10 numaralı şeritler 3 m genişliğindedir. 8,9 ve 10 numaralı üç şeritli yol, yolun devamında daralmakta ve 3.35m genişliğinde iki şeride düşmektedir (Şekil 3.5). 3 numaralı yaklaşım koluna ait üç şerit bulunmaktadır. Kavşağa yaklaşım kısmından önce yol 3.60 m genişliğinde iki şerit olarak gelmektedir (Şekil 3.5). 11 ve 12 numaralı şeritler 3 m genişliğindedir ve düz gidiş ve sola dönüşler için kullanılmaktadır. 13 numaralı şerit, 2.70 m genişliğindedir ve 14 numaralı şerit ile araçların sağa dönüşünü sağlamaktadır. 14 numaralı şerit trafik adasında 4.30 m genişliğindedir ve devamındaki yola bağlandıktan sonra 2.75 m genişliğe düşmektedir. 15 numaralı şerit trafik adasının bulunduğu yerde 2.70 m genişliğindedir, biraz ilerledikten sonra şerit genişliği 2.36 m'ye düşmektedir. 14 ve 15 numaralı şeritlerin devamında yol geniş tek şeride düşmektedir (16 numaralı şerit) (Şekil 3.5). 16 numaralı şerit 4.90 m genişliğinde başlayıp 4 m'ye kadar düşmektedir. 4 numaralı yaklaşım kolu, başlangıçta geniş tek şerit olarak gelmektedir (17 numaralı şerit) ve şerit genişliği 4 m'dir. Kavşağa doğru ilerledikçe şerit genişliği artmaktadır (Şekil 3.5). 17 numaralı şerit üç ayrı şeride bağlanmadan önce genişlemekte ve 5.60 m genişliğe ulaşmaktadır. Kavşağa yaklaşırken şerit sayısı üçe çıkmaktadır. Bu üç şeritten ikisi, araçların düz gidiş ve sola dönüş hareketlerine devam ettikleri şeritlerdir (18 ve 19 numaralı şeritler). Üçüncü şerit ise, sağa dönüş ve sonraki yola bağlantı şeridi olan 20 numaralı şerittir. 18 numaralı şerit 3 m, 19 numaralı şerit 2.50 m genişliğindedir. 20 numaralı şerit ise trafik adasının bulunduğu bölümde 3.80 m genişliğindedir ve diğer yola bağlandıktan sonra geniş bir şeride dönüşmektedir. Oluşan bu kısım 5.35 m genişliğinde olup, 13 numaralı şeridin devamı ile birleşmiş kısımdır. Bu kısmın devamında şerit genişliği 3 m'ye kadar düşmektedir. 21 ve 22 numaralı şeritler ise 3'er m genişlikte dirler. Kavşaktan uzaklaştıkça şerit sayısının ikiye düştüğü görülmektedir (Şekil 3.5). Bu iki şeride ait genişlikler de 3.50 m'dir.



Şekil 3.5. Şerit davranışlarının takibi için kavşağın geniş görüntüsü

Kavşağın geometrik yapısı ve yaklaşım kollarının önceki kısımlarının görülebilmesi için, kavşağın geniş uydu görüntüsü Şekil 3.5'te verilmiştir. Şekil 3.5'te halkalar ile işaretlenen kısımlar, kavşak yaklaşım kollarındaki şerit sayısındaki azalma ve artma bölümlerini göstermektedir.



Şekil 3.6. 1 numaralı yaklaşım koluna ait görüntü

1 numaralı yaklaşım kolundan gelen araçlar; U dönüş, sağa dönüş, sola dönüş ve düz gidiş hareketi yapabilmektedirler. Sağa dönüşler için kanallama yöntemi kullanılarak, trafik ışığı beklemeksizin kontrollü geçiş imkanı verilmiştir (Şekil 3.6). 1 numaralı yaklaşım koluna ait üç şerit bulunmaktadır. 1 ve 2 numaralı şeritler 3 m genişliğinde, 3 numaralı şerit ise sağa dönüş şeridine (4 numaralı şerit) gelene kadar 2.5 m genişliğindedir. 1 ve 2 numaralı şeritler düz devam etme ve sola dönüş yapma imkanına sahiptirler. 3 numaralı şeritte seyreden araçlar, düz devam edebilmekte ve trafik adasından sağa dönebilmektedirler. 3 numaralı şeritte seyreden araçlar, sağa dönüşte 4 numaralı şerit ile devam etmektedirler. 3 numaralı şerit sinyal lambalarına geldiğinde 3 m genişliğindedir. 4 numaralı, şerit trafik adasında 4 m genişliğinde olup, bağlandığı yolda 2.5 m'ye düşmektedir. 5 numaralı şerit 2.87 m genişliğindedir.



Şekil 3.7. 2 numaralı yaklaşım koluna ait görüntü

2 numaralı yaklaşım kolundan kavşağa gelen araçlar; U dönüş, sağa dönüş, sola dönüş ve düz ilerleme imkanlarına sahiptirler. Ancak bu yaklaşım kolu öncesinde, araçların birçok yöne hareket etme imkanına sahip olduğu, ara sokaklar ve geniş bir alan bulunması sebebiyle, bu yaklaşım kolundan kavşağa gelen araçlarda, U dönüş hareketine rastlanmamaktadır (Şekil 3.7). 2 numaralı yaklaşım koluna ait iki şerit bulunmaktadır. 6 numaralı şerit düz gidiş ve sola dönüşler için 7 numaralı şerit ise düz gidişler ve sağa dönüşler içindir. 6 numaralı şerit 2.72 m, 7 numaralı şerit 2.90 m genişliğindedir.



Şekil 3.8. 3 numaralı yaklaşım koluna ait görüntü

3 numaralı yaklaşım kolundan kavşağa gelen araçlar; sola dönüş, U dönüş, düz gidiş ve sağa dönüş ile seyahatlerine devam edebilmektedirler. Araçların sağa dönüş hareketleri için bir trafik adası bulunmaktadır ve sağa dönüşler kanallama yöntemi ile sağlanmaktadır. Buradan seyahatlerine devam edecek araçlar, önce yolu kontrol ettikten sonra kontrollü şekilde yola bağlanmaktadır ve hareketlerine trafik ışığı beklemeden devam etmektedirler (Şekil 3.8).



Şekil 3.9. 4 numaralı yaklaşım koluna ait görüntü

4 numaralı yaklaşım kolundan kavşağa gelen araçlar; sola-sağa dönüş, düz gidiş ve U dönüş hareketi imkanlarına sahiptirler. Bu yaklaşım kolunda da sağa dönüşler için bir trafik adası mevcuttur. Trafik adasıyla ayrılan bu kısımda da kanallama yöntemi uygulamasıyla, sağa dönüş yapacak araçların, yolu kontrol ettikten sonra, hareketlerine trafik ışığı beklemeden devam etmeleri sağlanmaktadır (Şekil 3.9).

Tez çalışmasında incelenen kavşak, sinyalizasyon dört kollu eşdüzey bir kavşaktır. Bu kavşağa ait sinyal planı Çizelge 3.1’de gösterilmiştir, sinyal grupları ve kırmızı, yeşil, sarı ve kırmızı-sarı ışık süreleri renklendirilmiş şekilde verilmiştir.

3.2.2. Kavşağın mevcut sinyal planı

Çalışılan kavşağa ait mevcut sinyal planı ve sinyal gruplarının anlatıldığı bu bölümde, Çizelge 3.1’de mevcut sinyal planı Şekil 3.10’da sinyal gruplarının kavşaktaki yerleri gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Kavşak mevcut sinyal planı

Sinyal Grupları	Işık Süreleri (s)															
	2	2	23	2	2	2	13	2	2	2	23	2	2	2	15	2
Grup 1																
Grup 2																
Grup 3																
Grup 4																
Grup 5																
Grup 6																
Grup 7																
Devre Süresi (s)															98	

Kırmızı boyalı alanlar, kırmızı ışığı temsil etmektedir. Yeşil boyalı alanlar, yeşil ışığı; sarı boyalı alanlar, sarı ışığı ve kırmızı-sarı boyalı alanlar, kırmızı-sarı geçişli ışığı temsil etmektedir. Kırmızı kesik çizgili olarak taralı alanlar ise kırmızı yanıp sönen ışığı temsil etmektedir (Çizelge 3.1). Kırmızı yanıp sönen ışık yani kırmızı flaş, araçların, bir sonraki yol katılma hareketlerini kontrollü geçişle yapmaları için konulmaktadır.

Daha önce tanımlandığı üzere faz; birinci yeşil ışığın yanmasından ikinci yeşil ışığın yandığı ana kadar geçen süredir. Yeşil süresi; Grup 1 için 23 s (birinci faz), Grup 2 için 13 s (ikinci faz), Grup 3 için 23 s (üçüncü faz), Grup 4 için 15 s (dördüncü faz)’dir. Grup 5,6 ve 7’de kırmızı flaş uygulaması bulunmaktadır. Bu sinyalizasyon kavşak 4 fazla işletilmektedir. Fazlar arasında bulunan koruma süreleri 6 s’dir. Devre (periyot) süresi ise 98 s’dir. Çizelge 3.1’deki sinyal gruplarının kavşakta bulundukları yerler Şekil 3.10’da gösterilmiştir.



Şekil 3.10. Sinyal gruplarının yerleri ve numaraları

3.3. Kavşağa ait verilerinin elde edilmesi

Kavşağa dair verilerin elde edilebilmesi için öncelikle sahada kamera kurulumu yapılarak video kayıtları alınmıştır. Bu kayıtlar bilgisayar ortamına aktarılarak daha sonra sayım işlemleri yapılmıştır. Bu bölümde sahada ve ofiste yapılan veri temini çalışmalarından bahsedilmiştir.

3.3.1. Saha (kavşak) çalışmaları

Çalışmanın yapıldığı kavşak; Antalya ili Konyaaltı ilçesi Pınarbaşı Mahallesinde, Pınarbaşı Caddesi üzerinde bulunmaktadır. 732. Sokak ile Pınarbaşı Caddesi kesişiminde yer alan bu kavşak, hafta içi en yoğun olduğu gözlemlenen üç gün sabah 08:00-09:00 ve akşam 17:00-18:00 arası kamera kurulumu yapılarak kayıt altına alınmıştır. Kavşağa

kameranın kurulabilmesi için, Antalya Valiliği ve Antalya İl Emniyet Müdürlüğü'nden, gerekli resmi yazışmalar yapılarak, izinler alınmıştır.

Kamera, içe içe geçen borular ve kameranin sabitlenebileceği bir başlık sayesinde, 6 m yüksekliğe çıkarılarak kavşağın görüntü kaydı için iyi bir açı yakalanmaya çalışılmıştır. Kavşağın orta bölümünde herhangi bir alan bulunmadığı için, kavşağı geniş açıyla görebilecek yol kenarı trafik levhalarından faydalanılarak, kamera sistemi bu levhalara sabitlenmiştir. Bu şekilde kamera sisteminin stabilizasyonu sağlanmış ve kavşak verilerinin elde edilmesi için gerekli ortam hazırlanmıştır. Kavşağa kamera kurulumu için yapılan çalışmalar Şekil 3.11'de gösterilmiştir.

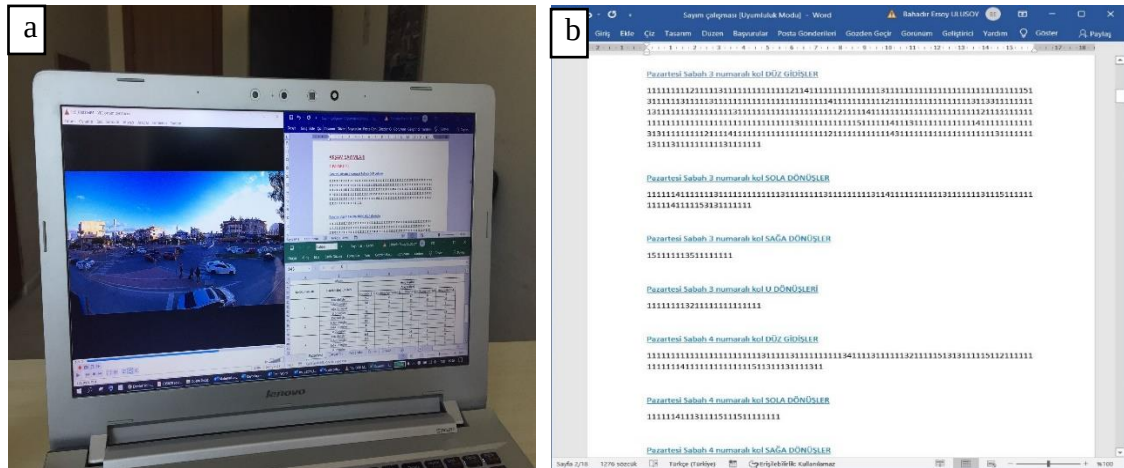


Şekil 3.11. Saha çalışmaları; **a)** Kamera ve direk sisteminin yerleşimi; **b)** Başka bir güne ait kamera ve sistem konumu; **c)** Kamera ayarlarının yapılması ve kameranin kurulum için hazırlanması; **d)** Akşam sayımlarından bir tanesine ait kamera ve sistem konumu

3.3.2. Sayım çalışmaları

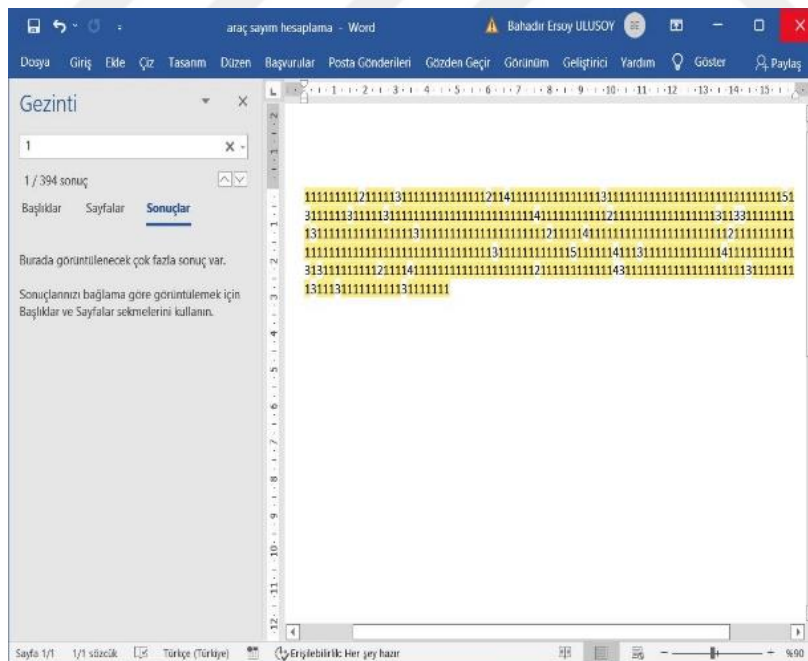
Tez çalışması kapsamında; kavşaktaki kamera çekimleriyle elde edilen görüntü kayıtları bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Aktarılan görüntüler izlenerek kavşağın işleyişi, yaşanan problemler, araç sayıları, araçların cinsleri ve hareket doğrultularıyla ilgili incelemeler yapılmıştır (Şekil 3.12a). Sayımlar tek bir kişi tarafından yapıldığı için,

görüntüler kavşağa ait her yaklaşım kolu ve araçların hareket doğrultuları için ayrı ayrı tekrar izlenmiştir.



Şekil 3.12. Trafik sayım çalışmaları; **a)** Araçlara ait verilerin, kamera kayıtları izlenerek not alınması; **b)** Araç sayımlarının not alındığı çalışma ekranı

Kavşak yaklaşım kolları numaralandırılarak, araçların sayılarına ve cinslerine göre hareket doğrultuları için tablolar oluşturulmuştur. Oluşturulan bu tablolara, “Bulgular ve Tartışma” bölümünde yer verilmiştir. Araç sınıflandırılması için; otomobil (1), otobüs/ağır vasıta (2), minibüs (3), kamyonet (4) ve motosiklet (5) olacak şekilde araç cinsleri belirlenmiştir.



Şekil 3.13. Sayımların, araç türlerine göre ayrıştırılması

Kavşaktaki sayımların daha kısa sürede ve verimli olabilmesi için, sayılan kavşak kolu ve gittiği güzergah başlığı altında, geçen araç cinslerinin numaraları yazılarak not

edilmiştir. Sayım başlıkları, “Pazartesi sabah 1 numaralı akım kolu için düz gidişler” ve benzeri şekilde her gün, her akım kolu ve her güzergah için oluşturulmuştur (Şekil 3.12b). Araçlar, cinslerine göre numaralarına basılarak, sayım başlıkları altında not edilmiştir. Daha sonra bu notlardaki her bir araç numarası için, ayrı bir Word sayfasında notlar, “Ctrl+F” komutu ile aratılarak o başlığa ait araçların cinslerine göre sayım verileri elde edilmiştir (Şekil 3.13).

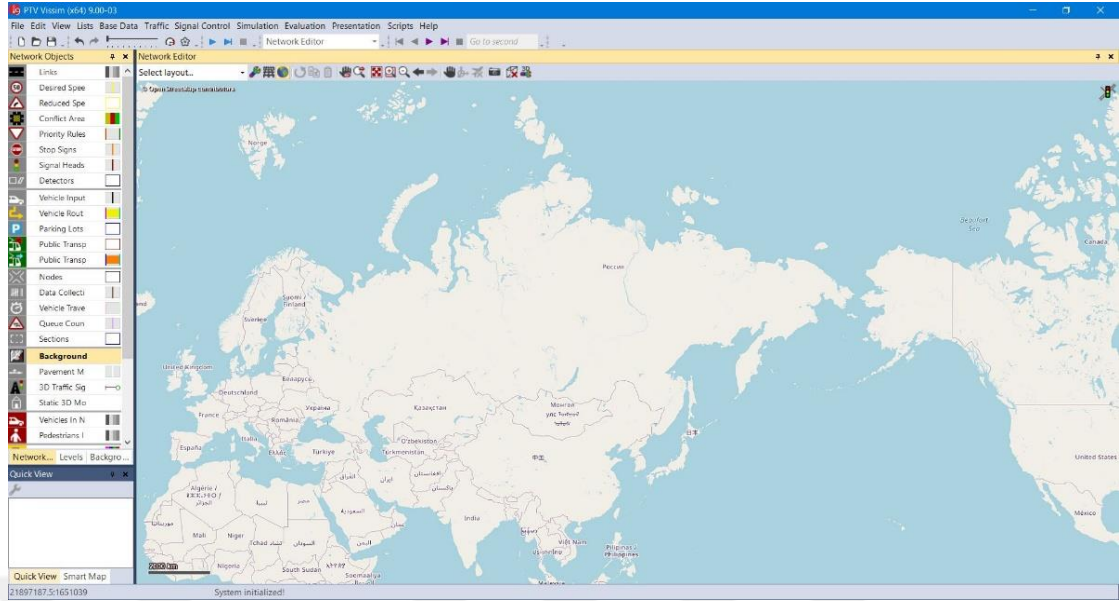
Kavşaktaki trafiğin modellenenebilmesi için, elde edilen verilerin VISSIM programına girilmesi gerekmektedir. Bu sebeple her veri; araçların cinsleri, sayıları ve hareket doğrultusu oranları şeklinde, yapılan her sayım işlemi ardından titizlikle tablolardaki yerlerine yazılarak program için düzenli hale getirilmiştir.

3.4. Vissim Programı ile Kavşak Modelleme

Bu tez çalışmasında, kavşağın mevcut durumu, farklı senaryolara ait senaryoları ve çözüm önerileri için analizler, Vissim programı kullanılarak yapılmıştır. Vissim, yaygın olarak kullanılmakta olan trafik simülasyon programlarından birisidir. Genellikle kent içi yol ağlarının analizlerinde, yaya, bisiklet, toplu taşıma, özel araç kullanımlarının oluşturduğu trafiği ve birbirleriyle olan etkileşimlerini modelleyebilme imkanı sunan bir mikrosimülasyon programıdır. Kolay ve anlaşılır arayüze sahip olan Vissim; 3 boyutlu görselleştirme, sürücü davranışlarını modelleme, seyahat süresi, gecikme, hizmet düzeyi, egzoz emisyonları, kuyruklanma gibi kavşak performans parametreleri bakımından anlaşılır analiz sonuçları vermesi, sinyal, faz planı oluşturma ve düzenleme imkanı sunması gibi özellikleri ile oldukça tercih edilen bir trafik simülasyon programıdır. Vissim’de trafiğin modellenmesinde adımlar temel olarak;

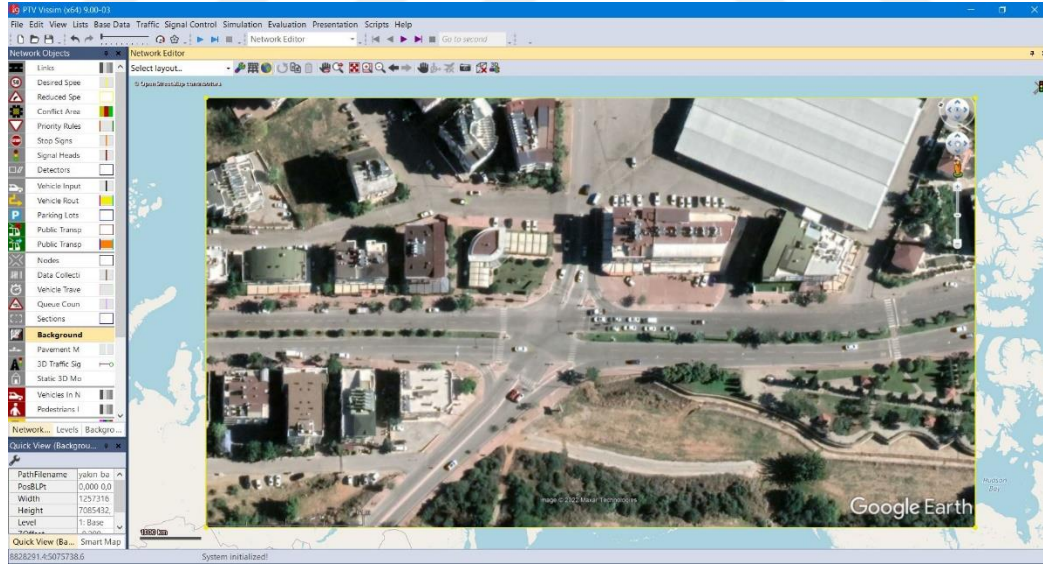
- ✓ Arka plan yerleştirilmesi (eğer bir uydu görüntüsü ya da Autocad vb. çizim kullanılacaksa),
- ✓ Arka plan ölçeklendirilmesi,
- ✓ Yolların ve bağlantılarının çizilmesi,
- ✓ Araç sayılarının yollara atanması,
- ✓ Araç güzergahlarının tanımlanması,
- ✓ Çakışma alanlarının düzenlenmesi,
- ✓ Hız kurallarının tanımlanması,
- ✓ Sinyal ve faz planının tanımlanması (modellenen kavşakta sinyalizasyon varsa) şeklinde izlenebilir.

Aşağıda, Vissim’de modelleme yaparken izlenecek adımların görsellerine ve anlatımlarına yer verilmiştir. Vissim programı arayüzü Şekil 3.14’te gösterilmiştir.



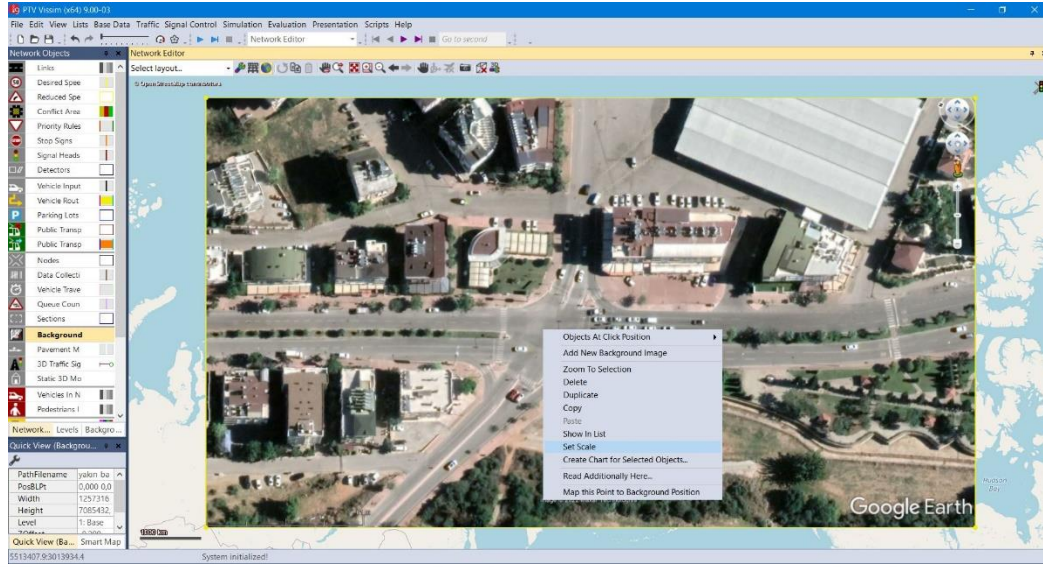
Şekil 3.14. Vissim programı arayüzü

Vissim programı başlatıldıktan sonra açılan arayüzün sol kısmında, programda kullanılabilecek modelleme araçlarının olduğu sekmeler bulunmaktadır. “Background Images” sekmesi ile modelin oluşturulmasında altlık olarak kullanılacak arka planın, programa ekleme işlemi yapılmaktadır. Arka plan ekleme işlemi Şekil 3.15’te gösterilmiştir.



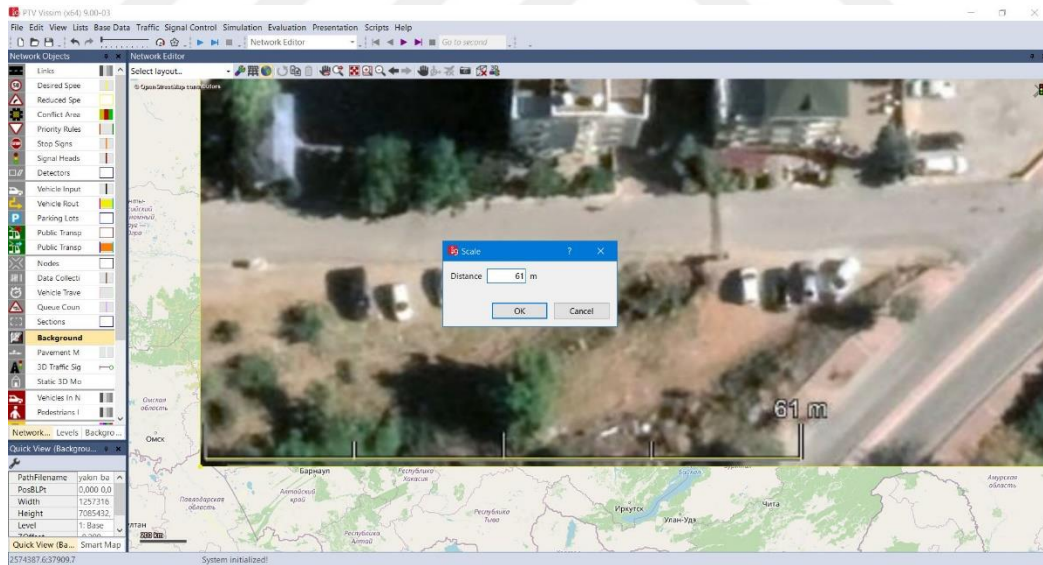
Şekil 3.15. Arka plan ekleme işlemi

Arka plan ekleme işlemi yapıldıktan sonra; programın, bu altlık (eklenen arka plan) üzerinde yapılacak çizimleri, altlığa uygun ölçekte algılayabilmesi için ölçeklendirme işlemi yapılması gerekmektedir. Ölçeklendirme işlemi için, arayüz ekranında herhangi bir yere fare ile sağ tık yaparak açılan menüden “Set Scale” seçeneği seçilir (Şekil 3.16).



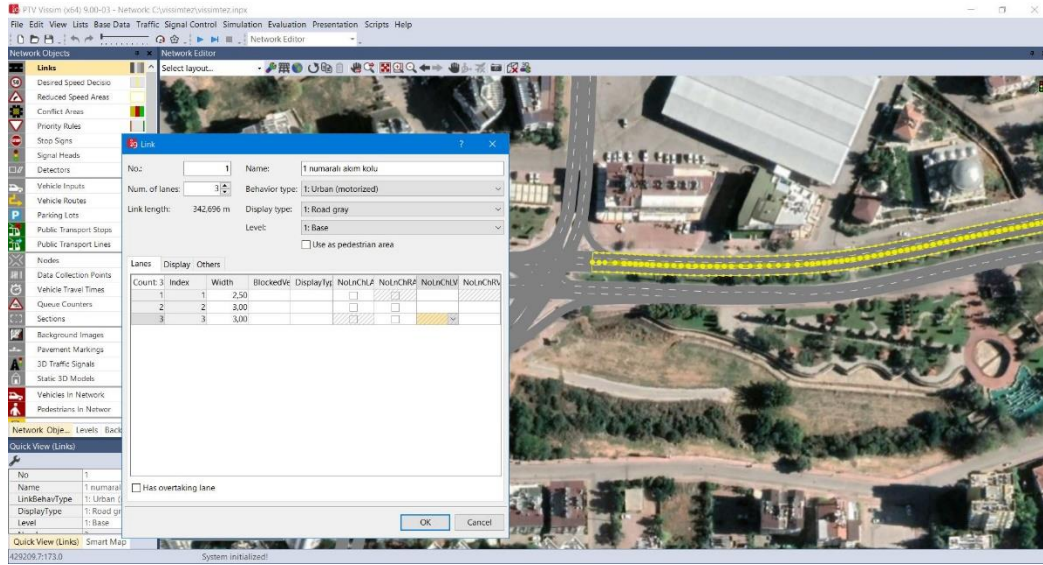
Şekil 3.16. Ölçeklendirme komutunun seçilmesi

“Set Scale” komutu seçildikten sonra, eklenen altlık görüntüsünün ölçeklendirilmesine yardımcı olan, görüntünün üzerinde bulunan uzunluğun başından itibaren, fare sağ veya sol tık basılı tutulur, uzunluğun sonunda serbest bırakılır. Bu işlem yapıldıktan sonra, otomatik olarak ekranda küçük bir pencere açılır. Açılan bu pencereye, ölçümü yapılan, altlığın üzerinde bulunan uzunluğun değeri girilir (Şekil 3.17).



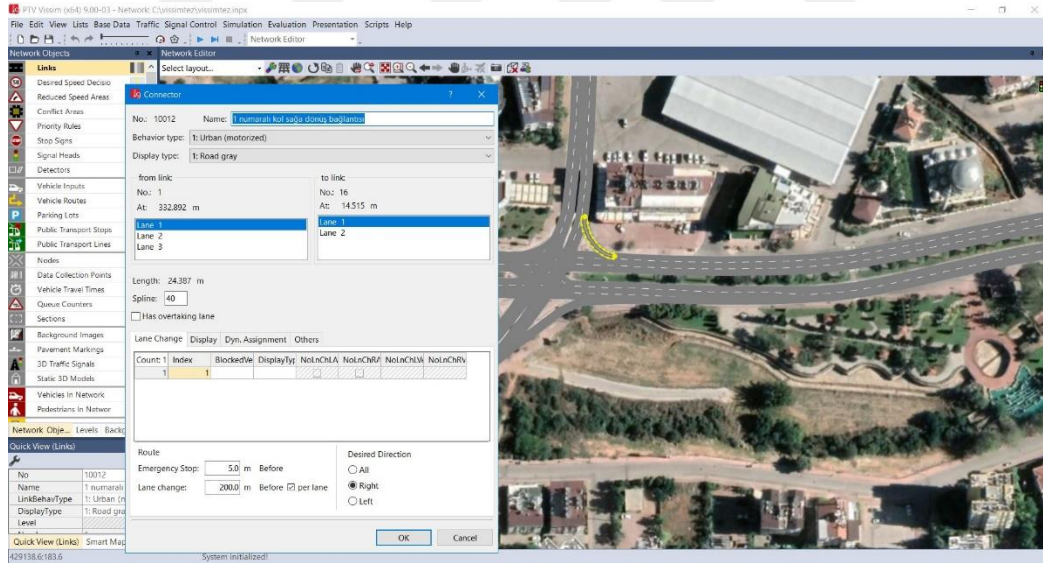
Şekil 3.17. Ölçeklendirme için altlığa ait değerin girilmesi

Kavşak arka planı yerleştirilip, ölçeklendirilmesi yapıldıktan sonra, sol taraftaki menüde bulunan “Links” sekmesinden, kavşak kollarının ve yol bağlantılarının çizimi yapılır. Yolların çizimine ait görsel Şekil 3.18’de verilmiştir. Kavşak geometrik özelliklerine göre şerit sayıları, şerit genişlikleri ve yolun özellikleri, ayrı ayrı her yol için linkler üzerinde ayarlanır.



Şekil 3.18. Linklerin (yolların) çizimi

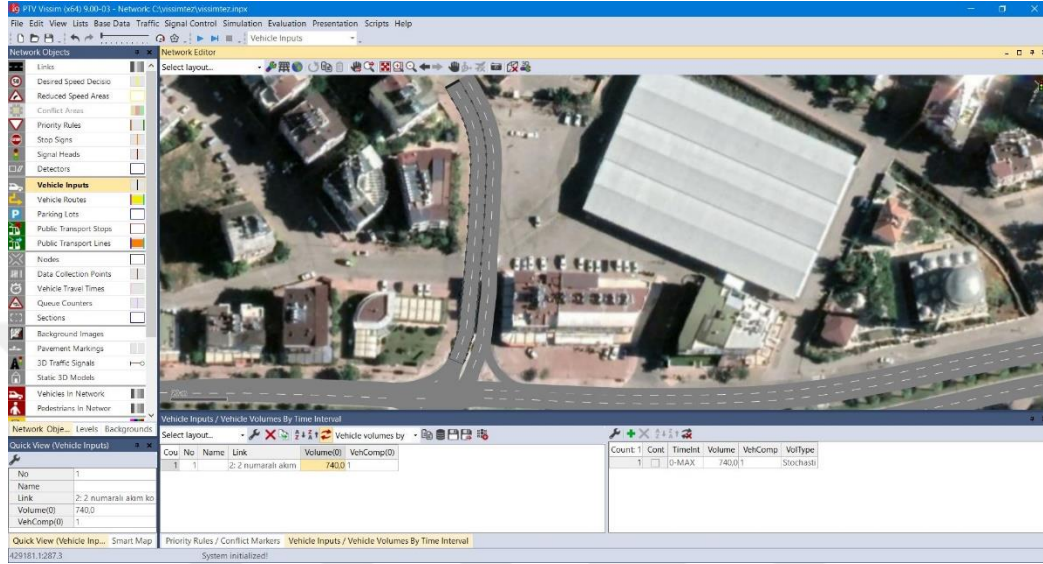
Yollar çizildikten sonra, aralarındaki geçişlerin, sola dönüş, sağa dönüş, düz gidiş ve U dönüş hareketlerinin hepsinin tanımlanabilmesi için, linkler arasında ayrı ayrı connector (bağlantı) çizilmesi gerekmektedir. Bağlantı çizimine ait görsel Şekil 3.19’da gösterilmiştir.



Şekil 3.19. Connector (bağlantı) çizimi

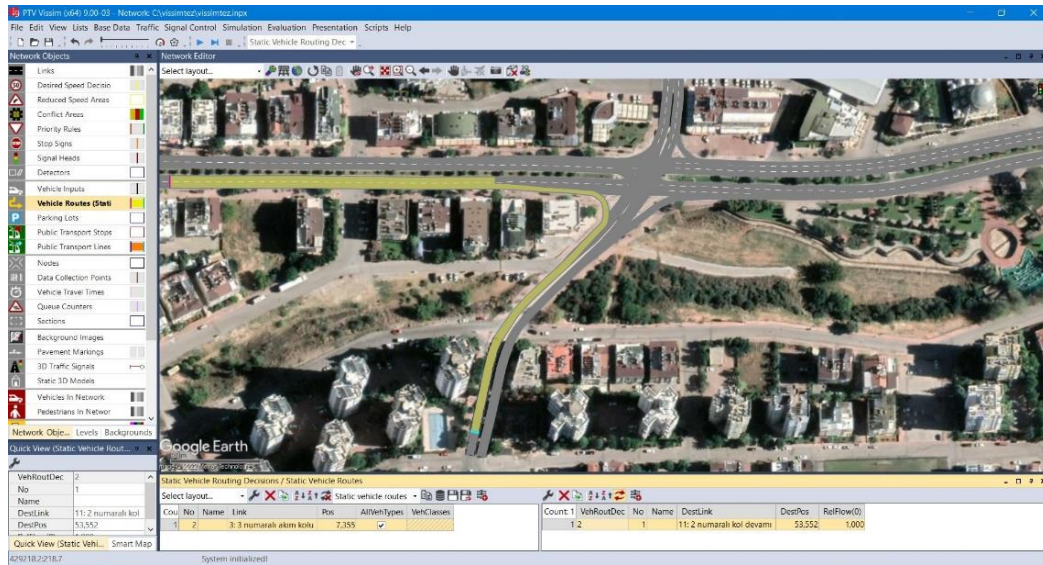
Bağlantı çiziminde dikkat edilecek hususlardan birisi, bağlantının hangi şeritler arasında olacağıdır. Bunun ayarlanması için, bağlantı üzerine fare ile sol çift tık işlemi yapıldığında açılan pencereden, lane (şerit) eşleşmeleri için tanımlama yapılmaktadır. Ayrıca, açılan penceredeki “Spline” kısmı ile de bağlantıyı oluşturan noktaların sıklığı ayarlanarak, otomatik olarak daha oval olması sağlanabilmektedir.

Modellenecek kavşağa ait taşıt türleri ve sayılarının, programa girilmesi için sol taraftaki menüde bulunan “Vehicle Inputs” sekmesi kullanılır. Bu işlemden önce, kavşağı kullanan taşıtların, üst menüde bulunan “Traffic” sekmesindeki “Vehicle Compositions” kısmından, türleri ve özellikleri tanımlanmaktadır. Trafik hacminin girilmesi işlemi, her yaklaşım kolu için ayrı ayrı tanımlanmalıdır. Araç girişlerinin yapılması işlemine ait görsel Şekil 3.20’de gösterilmiştir.



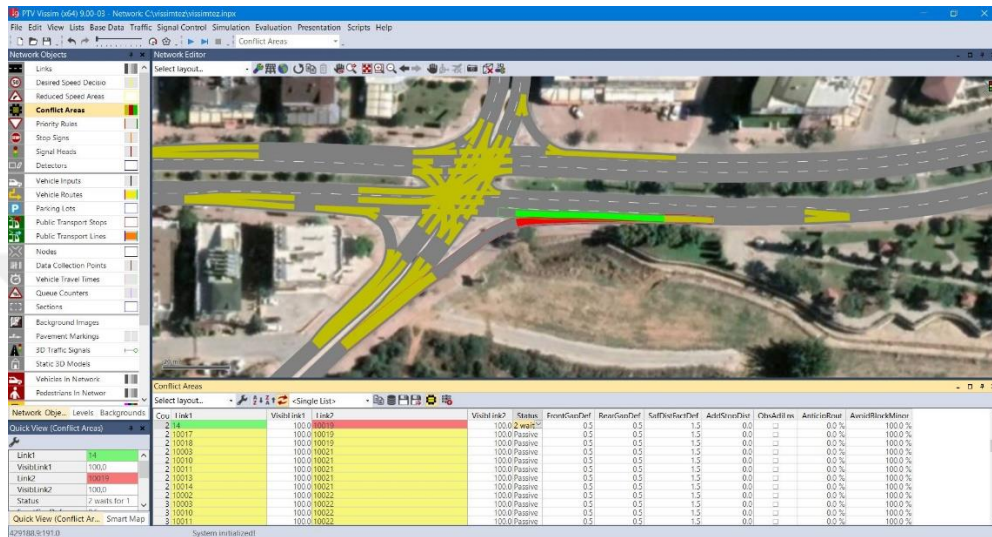
Şekil 3.20. Araç girişlerinin yapılması

Araç girişlerinin yapılması işleminden sonra, araç rotaları tanımlanır. Araçların, nereden nereye seyahat edeceklerinin tanımlandığı bu işlem, sol menüde bulunan “Vehicle Routes” sekmesi ile yapılmaktadır. 3 numaralı yaklaşım kolundan sağa dönüş hareketi için tanımlanan rotalama işlemine ait görsel, Şekil 3.21’de gösterilmiştir.



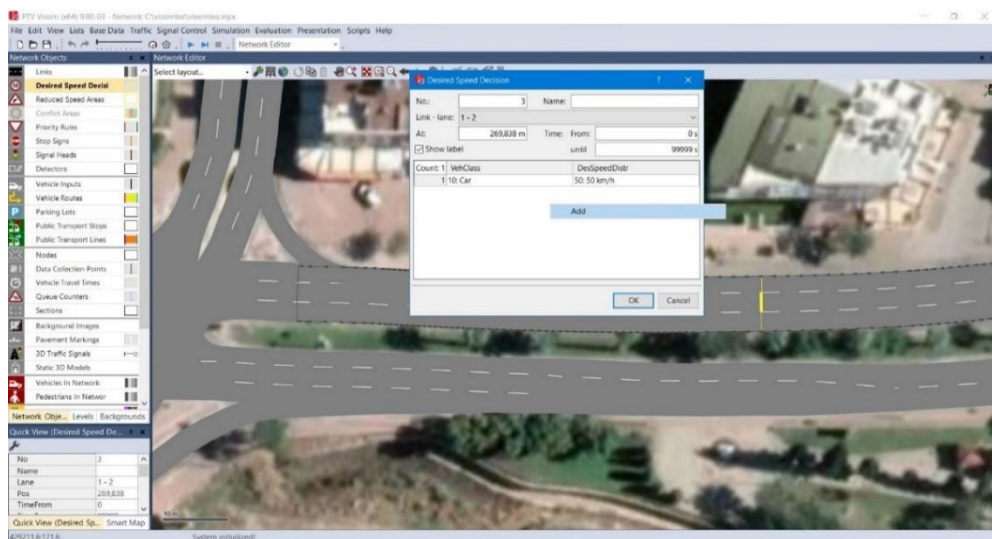
Şekil 3.21. Araç güzergahlarının (rotalarının) tanımlanması

Kavşak kollarından gelen araçların, kavşağa katılımları ya da kavşaktan ayrılımları esnasında, birbirleriyle kesiştikleri bölgeler oluşmaktadır. Bu kesişimler, kavşağı kullanan araçların güvenliği bakımından çeşitli yöntemlerle yönetilmektedir. Bunlar; trafik levhaları, geçiş öncelikleri ve sinyalizasyon gibi yöntemlerdir. Simülasyon programında, araçların uyması için geçiş önceliklerinin tanımlanması gerekmektedir. Bu işlem, sol menüde bulunan “Conflict Areas” sekmesi ile yapılmaktadır (Şekil 3.22). Programda, geçiş önceliği tanımlanan şerit için yeşil renk, aynı yola bağlanacak aracın, kontrollü geçmesinin sağlandığı şerit için kırmızı renk görselleştirmesi bulunmaktadır.



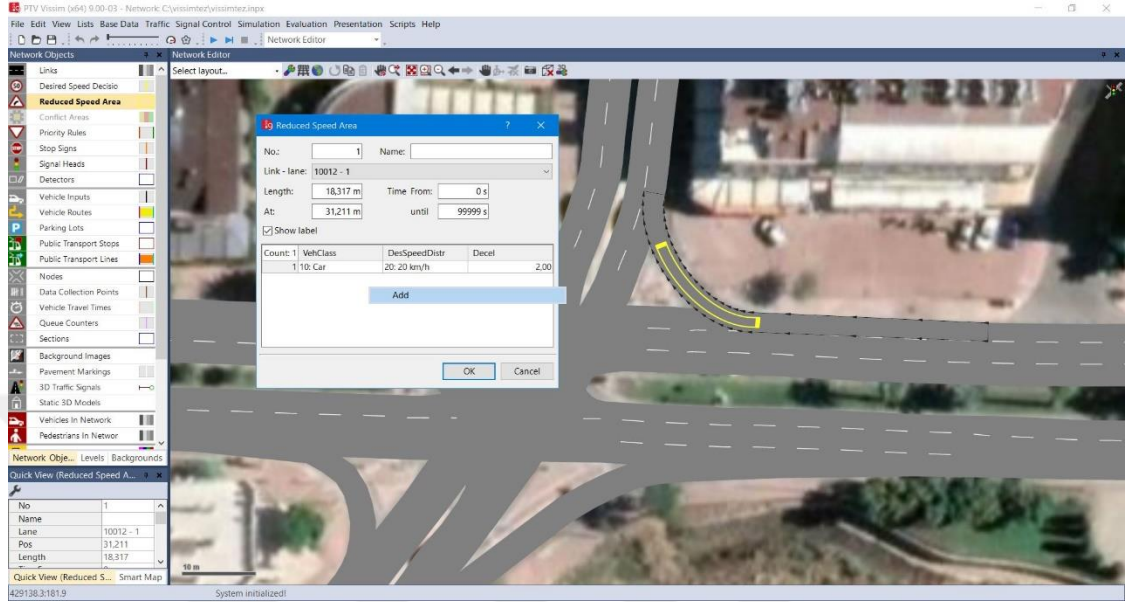
Şekil 3.22. Yollarda oluşan çakışma alanlarının düzenlenmesi

Araçların, kavşağa yaklaşımlarında yavaşlamaları, kavşaktan uzaklaşmalarında normal hızlarına dönmeleri ve yolun hangi kesiminden itibaren hızlarını hangi değere getireceklerinin tanımlanması için, sol menüde bulunan “Desired Speed Decision” sekmesi kullanılmaktadır (Şekil 3.23).



Şekil 3.23. İstenilen hız tanımlanması

Kavşak ortasında ve dönüş kısımlarında, araçların belli bir hızda, yavaş şekilde seyahatlerine devam etmelerini sağlamak için tanımlanması gereken azaltılmış hız alanları vardır. Bu tanımlamanın yapılabilmesi için sol menüde bulunan “Reduced Speed Areas” komutu kullanılmaktadır (Şekil 3.24).



Şekil 3.24. Hız azaltma alanlarının tanımlanması



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmanın bu bölümünde, kavşağın mevcut durumuna ait trafik sayım verileri, kavşağı kullanan taşıt türlerinin oranları, kavşak yaklaşım kollarından gelen taşıtların hareket doğrultularına göre sayıları, hareket yüzdeleri, kavşak mevcut durumu için ve farklı senaryolar için yapılan analiz sonuçları, karşılaştırmaları ve yorumları bulunmaktadır.

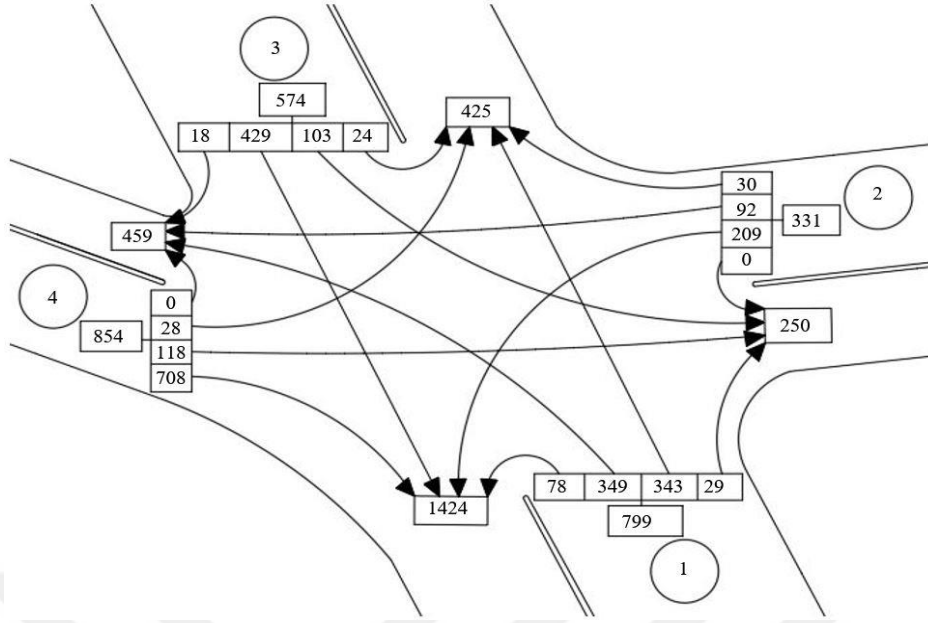
4.1. Mevcut Kavşak Durumuna Ait Trafik Sayım Verileri

Bu kısımda, çalışılan kavşağın mevcut durumuna ait trafik sayım verileri, sayım yapılan farklı günler için ayrı ayrı çizelgeler ve kavşak planı üzerinde gösterimler halinde sunulmuştur. Taşıt türleri sınıflandırması otomobil (1), ağır vasıta/otobüs (2), minibüs (3), kamyonet (4), motosiklet (5) olacak şekilde yapılmıştır.

Çizelge 4.1. Günlere ve araç türlerine göre araç sayımları

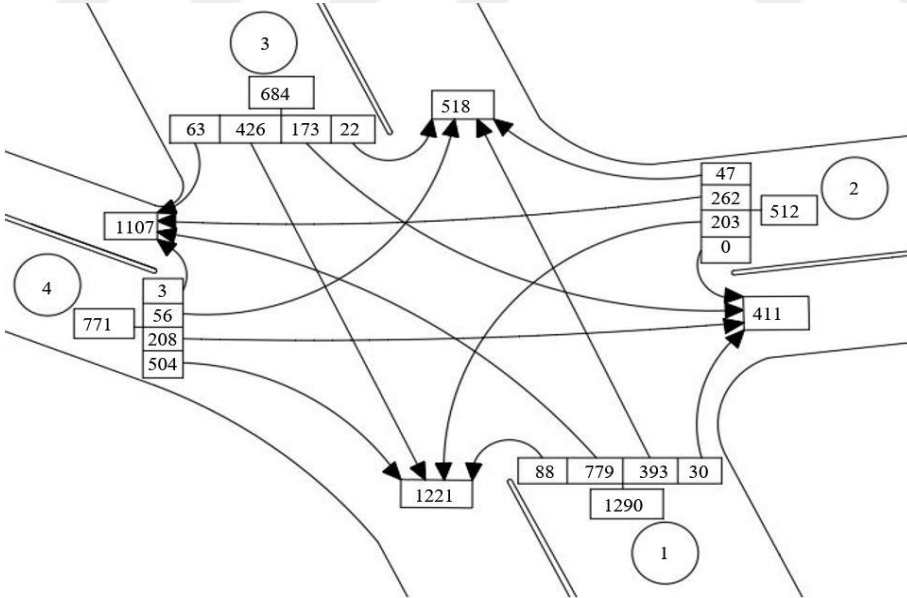
Günler	Araç Sayıları (ta/sa)					
	Araç Türleri					Toplam
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	
PS	2288	31	134	65	40	2558
PA	2805	41	173	62	176	3257
ÇS	2285	31	98	55	93	2562
ÇA	2618	29	155	57	188	3047
CS	2616	30	159	72	111	2988
CA	2425	34	151	55	192	2857

Çizelge 4.1’de incelenen günlere ve araç türlerine göre araç sayımları gösterilmiştir. Çizelge 4.1’de veriler; Pazartesi sabahı (PS), Pazartesi akşamı (PA), Çarşamba sabahı (ÇS), Çarşamba akşamı (ÇA), Cuma sabahı (CS), Cuma akşamı (CA) şeklinde sıralanmıştır. Çizelge 4.1’de görüldüğü üzere, kavşağı kullanan araç sayısının en fazla olduğu zaman Pazartesi akşamı, en az olduğu zaman ise Pazartesi sabahıdır.



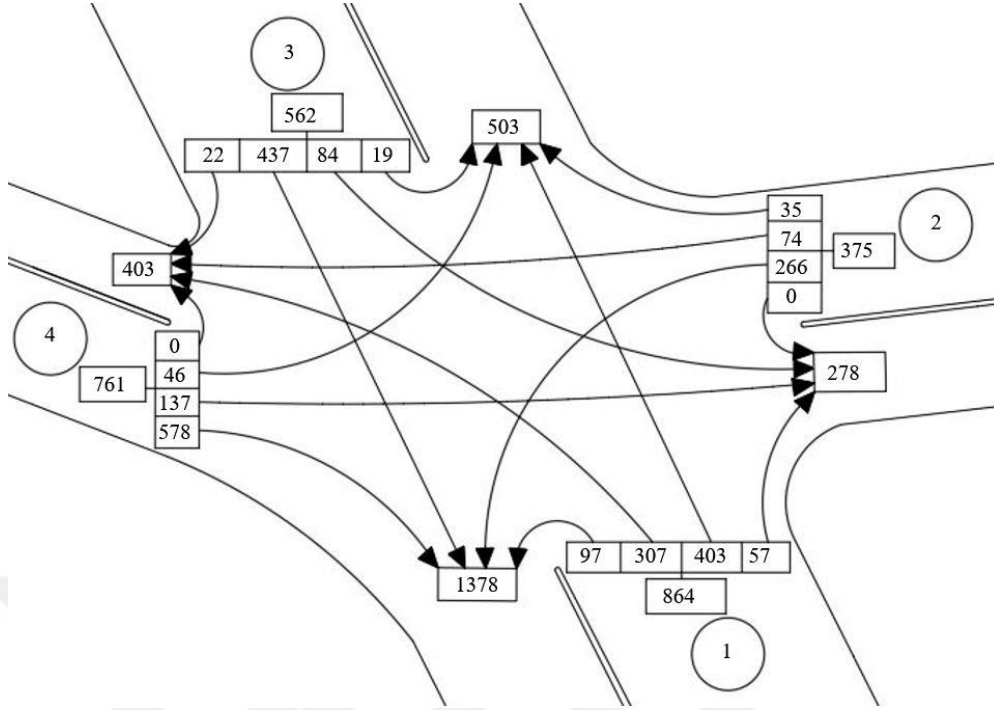
Şekil 4.1. Taşıtların sayıları ve hareketleri (Pazartesi sabah)

Şekil 4.1’de Pazartesi günü sabah, kavşak yaklaşım kollarından gelen taşıtların sayıları, bu taşıtların kaç tanesinin hangi yöne gittiği ve kavşak çıkışlarında toplanan taşıtların sayısı gösterilmiştir. Pazartesi sabah sayımlarına ve taşıtların hareketlerine bakıldığında, kavşağın 1 yönüne doğru çıkışına daha çok trafik talebi olduğu görülmektedir (Şekil 4.1).

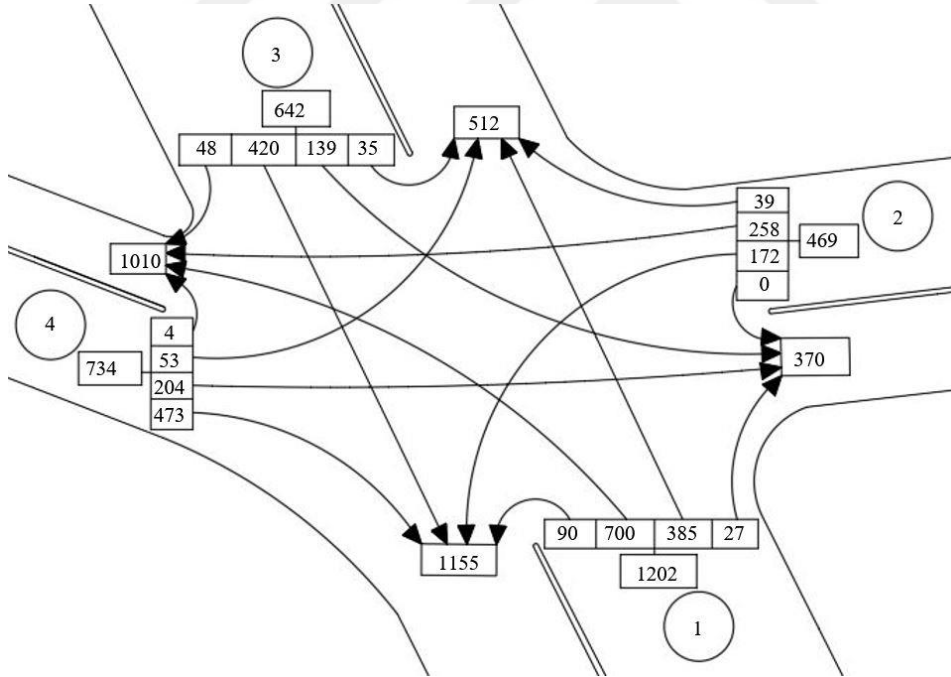


Şekil 4.2. Taşıtların sayıları ve hareketleri (Pazartesi akşam)

Şekil 4.2’de Pazartesi akşam sayımına ait trafik sayımları ve taşıtların hareketleri gösterilmiştir. Pazartesi akşam sayımlarında, taşıtların hareketlerinin Pazartesi sabahına göre 4 yönüne doğru arttığı görülmektedir. Çarşamba sabah sayımlarına ait trafik sayımları ve taşıtların hareketleri Şekil 4.3’te, akşam sayımlarına ait gösterim ise Şekil 4.4’te verilmiştir.

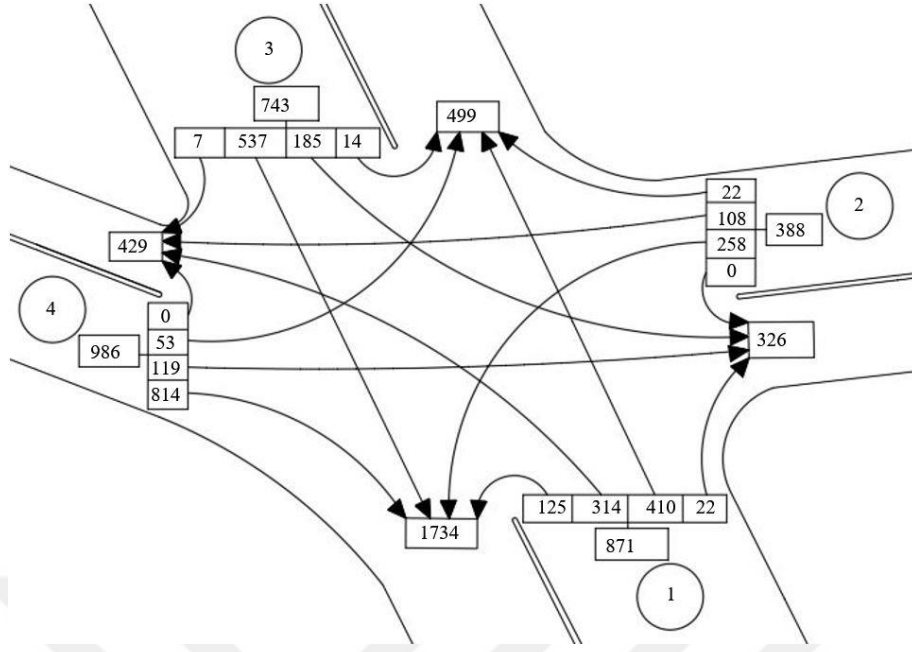


Şekil 4.3. Taşıt sayıları ve hareketleri (Çarşamba sabah)

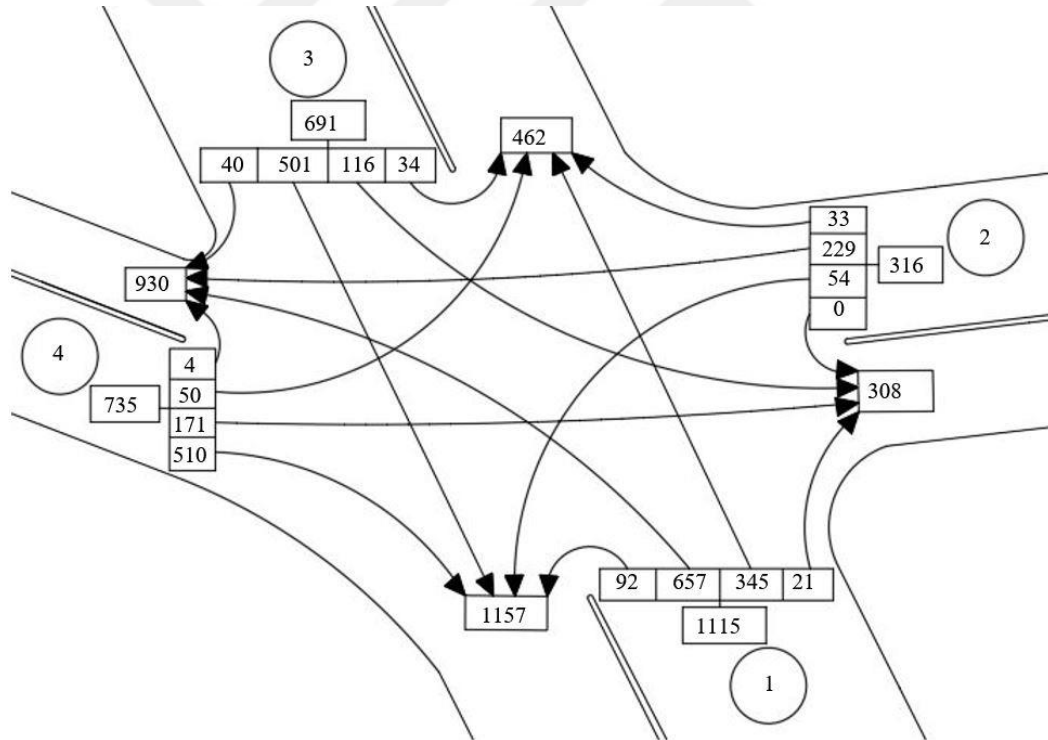


Şekil 4.4. Taşıt sayıları ve hareketleri (Çarşamba akşam)

Şekil 4.3'te ve Şekil 4.4'te, Çarşamba günü sabah ve akşam trafik sayımlarına bakıldığında, Pazartesi gününe benzer şekilde, akşam saatlerinde, kavşağın 4 yönüne doğru trafik talebinin arttığı görülmektedir. Cuma sabahına ait trafik sayımları ve taşıt hareketleri Şekil 4.5'te, akşam sayımlarına ait gösterim ise Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.5. Trafik sayımları ve taşıt hareketleri (Cuma sabah)



Şekil 4.6. Trafik sayımları ve taşıt hareketleri (Cuma akşam)

Kavşak yaklaşım kollarından gelen taşıtların türlerine göre oranları, her sayım zamanı ve kavşak yaklaşım kolları ve kavşak toplamı için çizelgeler halinde sunulmuştur. Çizelge 4.2’de, incelenen günler için kavşağı kullanan taşıt türlerinin oranları gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Kavşağı kullanan taşıt türleri oranları

Kol Numaraları	Taşıt Türlerinin Oranları (%)				
	Otomobil	Ağır vasıta/Otobüs	Minibüs	Kamyonet	Motosiklet
PS	89.44%	1.21%	5.24%	2.54%	1.56%
PA	86.12%	1.26%	5.31%	1.90%	5.40%
ÇS	89.19%	1.21%	3.83%	2.15%	3.63%
ÇA	85.92%	0.95%	5.09%	1.87%	6.17%
CS	87.55%	1.00%	5.32%	2.41%	3.71%
CA	84.88%	1.19%	5.29%	1.93%	6.72%

Kavşak yaklaşım kollarından gelen taşıtların rotalarına göre hareket yüzdeleri, her sayım zamanı için çizelgeler halinde sunulmuştur. Çizelge 4.3'te Pazartesi günü sabah, Çizelge 4.4'te akşam saati için hareket doğrultularına göre taşıt yüzdeleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. Trafik akım kollarına göre hareket yüzdeleri (Pazartesi sabah)

Kol numaraları	Hareket Doğrultuları	Taşıt Oranları (%)
1	Düz Gidişler	42.93%
	Sola Dönüşler	43.68%
	Sağa Dönüşler	3.63%
	U dönüşler	9.76%
2	Düz Gidişler	27.79%
	Sola Dönüşler	63.14%
	Sağa Dönüşler	9.06%
	U dönüşler	0.00%
3	Düz Gidişler	74.74%
	Sola Dönüşler	17.94%
	Sağa Dönüşler	3.14%
	U dönüşler	4.18%
4	Düz Gidişler	13.82%
	Sola Dönüşler	3.28%
	Sağa Dönüşler	82.90%
	U dönüşler	0.00%

Çizelge 4.3'ten Pazartesi günü sabah trafiğinde, 1 numaralı akım kolundan gelen araçların düz gidiş ve sola dönüş ağırlıklı olduğu görülmektedir. 2 numaralı kol için, sola dönüşler, 3 numaralı kol için ise düz gidişler ağırlıktadır. 4 numaralı akım kolundan gelen taşıtların yüksek oranda sağa dönüş hareketi yaptığı görülmektedir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.4. Trafik akım kollarına göre hareket yüzdeleri (Pazartesi akşam)

Kol numaraları	Hareket Doğrultuları	Taşıt Oranları (%)
1	Düz Gidişler	30.47%
	Sola Dönüşler	60.39%
	Sağa Dönüşler	2.33%
	U dönüşler	6.82%
2	Düz Gidişler	51.17%
	Sola Dönüşler	39.65%
	Sağa Dönüşler	9.18%
	U dönüşler	0.00%
3	Düz Gidişler	62.28%
	Sola Dönüşler	25.29%
	Sağa Dönüşler	9.21%
	U dönüşler	3.22%
4	Düz Gidişler	26.98%
	Sola Dönüşler	7.26%
	Sağa Dönüşler	65.37%
	U dönüşler	0.39%

Çizelge 4.4'ten Pazartesi günü akşam trafiğinde, 1 numaralı akım kolundan gelen araçların sola dönüş ağırlıklı olduğu görülmektedir. 2 ve 3 numaralı akım kolları için ise düz gidişler ağırlıktadır. 4 numaralı akım kolundan gelen taşıtlarda sabah trafiğinde olduğu gibi sağa dönüş hareketi daha fazla görülmektedir. (Çizelge 4.4). Çizelge 4.5'te Çarşamba günü sabah, Çizelge 4.6'da akşam saatindeki trafik için hareket doğrultularına göre taşıt yüzdeleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. Trafik akım kollarına göre hareket yüzdeleri (Çarşamba sabah)

Kol numaraları	Hareket Doğrultuları	Taşıt Oranları (%)
1	Düz Gidişler	46.64%
	Sola Dönüşler	35.53%
	Sağa Dönüşler	6.60%
	U dönüşler	11.23%
2	Düz Gidişler	19.73%
	Sola Dönüşler	70.93%
	Sağa Dönüşler	9.33%
	U dönüşler	0.00%
3	Düz Gidişler	77.76%
	Sola Dönüşler	14.95%
	Sağa Dönüşler	3.91%
	U dönüşler	3.38%
4	Düz Gidişler	18.00%
	Sola Dönüşler	6.04%
	Sağa Dönüşler	75.95%
	U dönüşler	0.00%

Çizelge 4.5'te görüldüğü üzere, Çarşamba günü sabah trafiği için, 1 numaralı akım kolundan gelen taşıtlarda düz gidişler, 2 numaralı akım kolunda sola dönüşler, 3 numaralı akım kolunda düz gidişler ve 4 numaralı akım kolunda sağa dönüşler ağırlıktadır.

Çizelge 4.6. Trafik akım kollarına göre hareket yüzdeleri (Çarşamba akşam)

Kol numaraları	Hareket Doğrultuları	Taşıt Oranları (%)
1	Düz Gidişler	32.03%
	Sola Dönüşler	58.24%
	Sağa Dönüşler	2.25%
	U dönüşler	7.49%
2	Düz Gidişler	55.01%
	Sola Dönüşler	36.67%
	Sağa Dönüşler	8.32%
	U dönüşler	0.00%
3	Düz Gidişler	65.42%
	Sola Dönüşler	21.65%
	Sağa Dönüşler	7.48%
	U dönüşler	5.45%
4	Düz Gidişler	27.79%
	Sola Dönüşler	7.22%
	Sağa Dönüşler	64.44%
	U dönüşler	0.54%

Çizelge 4.6’da Çarşamba günü akşam trafiğinde, 1 numaralı akım kolundan gelen taşıtların sola dönüş, 2 numaralı akım kolundan düz gidiş, 3 numaralı akım kolundan düz gidiş, 4 numaralı akım kolundan sağa dönüş hareketlerinin ağırlıkta olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.7’de Cuma günü sabah, Çizelge 4.8’de akşam saatindeki trafik için hareket doğrultularına göre taşıt yüzdeleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.7. Trafik akım kollarına göre hareket yüzdeleri (Cuma sabah)

Kol numaraları	Hareket Doğrultuları	Taşıt Oranları (%)
1	Düz Gidişler	47.07%
	Sola Dönüşler	36.05%
	Sağa Dönüşler	2.53%
	U dönüşler	14.35%
2	Düz Gidişler	27.84%
	Sola Dönüşler	66.49%
	Sağa Dönüşler	5.67%
	U dönüşler	0.00%
3	Düz Gidişler	72.27%
	Sola Dönüşler	24.90%
	Sağa Dönüşler	0.94%
	U dönüşler	1.88%
4	Düz Gidişler	12.07%
	Sola Dönüşler	5.38%
	Sağa Dönüşler	82.56%
	U dönüşler	0.00%

Çizelge 4.7’de Cuma sabah trafiğinde, 1 numaralı akım kolundan gelen taşıtların düz gidiş, 2 numaralı akım kolundan sola dönüş, 3 numaralı akım kolundan düz gidiş, 4 numaralı akım kolundan sağa dönüş hareketlerinin ağırlıkta olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.8. Trafik akım kollarına göre hareket yüzdeleri (Cuma akşam)

Kol numaraları	Hareket Doğrultuları	Taşıt Oranları (%)
1	Düz Gidişler	30.94%
	Sola Dönüşler	58.92%
	Sağa Dönüşler	1.88%
	U dönüşler	8.25%
2	Düz Gidişler	72.47%
	Sola Dönüşler	17.09%
	Sağa Dönüşler	10.44%
	U dönüşler	0.00%
3	Düz Gidişler	72.50%
	Sola Dönüşler	16.79%
	Sağa Dönüşler	5.79%
	U dönüşler	4.92%
4	Düz Gidişler	23.27%
	Sola Dönüşler	6.80%
	Sağa Dönüşler	69.39%
	U dönüşler	0.54%

Çizelge 4.8’de Cuma akşam trafiğinde, 1 numaralı akım kolundan gelen taşıtlarda sola dönüş, 2 numaralı akım kolundan düz gidiş, 3 numaralı akım kolundan düz gidiş, 4 numaralı akım kolundan sağa dönüş hareketlerinin ağırlıkta olduğu görülmektedir.

4.2. Kavşağın Vissim Modeli için Kalibrasyon (GEH)

Pınarbaşı caddesi ve 732. Sokak kesişimi kavşağına ait geometrik özellikler (şerit genişliği, şerit sayısı vb.) ve kavşağın diğer trafik özellikleri, sahada ve bilgisayar ortamında yapılan çalışmalar ile elde edilerek Vissim mikrosimülasyon programında, simülasyon için kavşağın modellenmesi yapılmıştır.

Modelleme işlemlerinin geçerlilik gösterebilmesi için, oluşturulan modellerin kalibrasyonunun yapılması gerekmektedir. Bu tez çalışmasında, kalibrasyon işleminin kontrolü için GEH (Geoffrey E. Havers) formülü (Denklem 4.1) kullanılmıştır. GEH formülü ile, sahada gözlenen araç hacimleri ile simülasyon çıktısı olarak elde edilen araç hacimleri arasında karşılaştırma yapılmaktadır. Bu karşılaştırma ile de GEH kriterlerinin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilerek, modelin geçerliliği irdelenir.

$$GEH = \sqrt{\frac{2(M - C)^2}{M + C}} \quad (4.1)$$

Burada;

M: Gözlenen değerler

C: Simülasyon değerleri

Kalibrasyonun yapılabilmesi için kavşak trafik sayımlarından elde edilen araç sayıları, birim otomobil değerlerine dönüştürülmüştür. Bu dönüşüm için TS6407’de bulunan birim oto katsayıları tablosu kullanılmıştır. (Çizelge 4.9)

Çizelge 4.9. Birim oto katsayıları (TS6407 2013)

Araç Cinsi	Şehir içi Yollarda	Dönel Kavşaklarda	Işıklı Kontrollü Kavşaklarda
Özel otomobil, taksi, sepetli motosiklet, triportör, yüksüz 1500 kg'a kadar olan pikap	1	1	1
Minibüs, Dolmuş, Taksi	1.15	1.3	1.27
Yüksüz 1500 kg'a kadar ağır ticari kamyon, at arabası	2	2.8	1.75
Kent içi ve dışı yolcu otobüsü (körüklü dahil), servis otobüsü, trolleybüs, tramvay	3	2.8	2.25
Motosiklet, moped	0.75	0.75	0.33
Bisiklet	0.33	0.5	0.2

Çalışılan kavşak, ışıklı kontrollü kavşak olduğundan dolayı Çizelge 4.9’da bu kavşağa uygun katsayı değerleri ele alınmıştır. Kullanılan birim oto katsayı değerleri ile Pazartesi Sabah sayımları için bir örnek olacak şekilde birim oto çevrimleri Çizelge 4.10’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.10. Pazartesi sabah araç sayımları için birim oto çevrimi

Pazartesi Sabah	Kol Numarası	Araç Türleri					Toplam
		Otomobil	Otobüs / Ağır Vasıta	Minibüs	Kamyonet	Motosiklet	
		Birim oto Katsayıları					
		1	2.25	1.27	1	0.33	
Gözlenen Sayım Değerleri	1	702	12	43	27	15	799
	2	302	0	14	10	5	331
	3	521	8	29	10	6	574
	4	763	11	48	18	14	854
	Toplam	2288	31	134	65	40	2558
Birim oto Çevrimi	1	702	27	54.61	27	4.95	815.56
	2	302	0	17.78	10	1.65	331.43
	3	521	18	36.83	10	1.98	587.81
	4	763	24.75	60.96	18	4.62	871.33
	Toplam	2288	69.75	170.18	65	13.2	2606.13

Birim oto çevrimleri bütün sayım zamanlarına ait trafik sayımları için yapılmıştır. Daha sonra, birim oto değerleri Vissim’de her sayım zamanı için modelde girilerek mevcut durum için analizler yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda program çıktısı

olarak elde edilen simülasyon araç sayıları ile gözlenen araç sayıları arasında kalibrasyon kontrolü yapılmıştır. Kontroller neticesinde, oluşturulmuş olan modellerin GEH kriterlerini sağladığı görülmüştür. Pazartesi Sabah sayımları için yapılan kontrol, Çizelge 4.11’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.11. Kalibrasyon ve doğrulama değerleri (GEH)

Kol Numarası	Gözlenen Değerler	Simülasyon Değerleri	GEH Değerleri	Kriter GEH <5
1	815.56	819.61	0.14150	Evet
2	331.43	321.42	0.55412	Evet
3	587.81	576.50	0.46884	Evet
4	871.33	846.86	0.83492	Evet
Toplam	2606.13	2564.38	0.82110	Evet

4.3. Kavşağın Mevcut Durumuna Ait Analiz Sonuçları

Trafik sayımlarından ve kavşak ile ilgili elde edilen verilerin Vissim mikrosimülasyon programına girilmesiyle kavşak mevcut durumu modellenmiştir. Kavşağın Vissim’de modellenmesinin ardından, kavşakta sayım yapılan her güne ait analizler yapılmıştır ve sonuçları çizelgeler halinde sunulmuştur. Ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi, ortalama seyahat süresi, egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri bakımından kavşak analiz sonuçları için çizelgeler aşağıda gösterilmiştir. Araçların hareket doğrultuları, kavşak kol numaralarına göre çizelgelerde sıralanarak belirtilmiştir. Çizelgelerin en alt satırında ise kavşak geneli için değerler gösterilmiştir.

Çizelge 4.12’de Pazartesi sabah için mevcut duruma ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.12. Pazartesi günü sabah analizi sonuçları (mevcut durum)

Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	25.86	86.73	D	35.70	27.88	44.67
1-4	25.86	86.73	D	38.05	28.02	74.73
1-1	25.86	86.73	D	35.86	27.00	72.74
1-2	14.16	89.52	A	4.68	2.64	80.02
2-3	16.04	70.55	C	33.80	26.33	75.57
2-4	16.04	70.55	D	39.64	29.65	68.04
2-1	16.04	70.55	D	48.13	36.50	98.28
3-3	16.68	58.97	C	26.10	20.63	27.70
3-4	10.66	59.82	A	0.82	0.00	87.77

Çizelge 4.12'nin devamı

3-1	16.68	58.97	D	38.37	24.38	70.23
3-2	16.68	58.97	C	30.10	24.05	64.85
4-3	5.36	37.62	D	37.37	29.82	57.89
4-4	5.36	37.62	F			74.87
4-1	0.00	0.00	A	3.73	0.06	73.35
4-2	5.36	37.62	D	38.51	31.10	0.00
Kavşak	12.68	89.52	C	27.79	19.59	-

Çizelge 4.12'de görüldüğü üzere, Pazartesi günü sabah trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 27.79 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de "C" dir. Çizelge 4.13'te Pazartesi günü sabah trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.13. Pazartesi günü sabah analizi egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri (mevcut durum)

Hareket	CO Emisyonu (g)	NOx Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	763.40	148.53	176.92	10.92
1-4	647.94	126.06	150.16	9.27
1-1	145.93	28.39	33.82	2.09
1-2	34.63	6.74	8.03	0.50
2-3	49.43	9.62	11.46	0.71
2-4	163.12	31.74	37.80	2.33
2-1	388.96	75.68	90.15	5.56
3-3	41.07	7.99	9.52	0.59
3-4	10.34	2.01	2.40	0.15
3-1	845.42	164.49	195.94	12.09
3-2	150.29	29.24	34.83	2.15
4-3	33.41	6.50	7.74	0.48
4-4	0.00	0.00	0.00	0.00
4-1	852.34	165.83	197.54	12.19
4-2	146.54	28.51	33.96	2.10
Kavşak	4097.94	797.31	949.74	58.63

Çizelge 4.13'te görüldüğü üzere, Pazartesi sabah kavşak genelinde CO emisyonu 4097.94 g, NOx emisyonu 797.31 g, VOC emisyonu 949.74 g, yakıt tüketimi değeri ise 58.63 galon'dur.

Çizelge 4.14'te Pazartesi akşam trafiği için mevcut duruma ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.14. Pazartesi günü akşam analizi sonuçları (mevcut durum)

Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	282.60	353.50	F	300.96	225.61	295.75
1-4	282.60	353.50	F	360.39	271.50	340.58
1-1	282.60	353.50	F	350.05	268.18	394.10
1-2	285.27	356.28	F	256.14	181.90	396.84
2-3	38.73	100.62	E	65.79	54.06	107.63
2-4	38.73	100.62	E	78.97	59.04	107.51
2-1	38.73	100.62	E	78.17	61.85	128.21
3-3	21.12	77.86	D	36.93	29.40	34.94
3-4	16.55	78.53	A	8.11	2.83	90.16
3-1	21.12	77.68	D	40.66	26.65	72.91
3-2	21.12	77.68	C	32.88	25.98	75.59
4-3	18.11	173.70	D	43.08	34.51	60.81
4-4	18.11	173.70	D	52.58	42.55	81.35
4-1	0.00	0.00	A	6.80	2.38	79.27
4-2	18.11	173.70	D	45.18	36.70	82.44
Kavşak	94.62	356.28	F	142.65	106.69	-

Çizelge 4.14'te görüldüğü üzere, Pazartesi günü akşam trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 142.65 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de “F” dir. Çizelge 4.15'te Pazartesi günü akşam trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.15. Pazartesi günü akşam analizi egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri (mevcut durum)

Hareket	CO Emisyonu (g)	NOx Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	3825.81	744.36	886.67	54.73
1-4	5515.34	1073.08	1278.23	78.90
1-1	460.52	89.60	106.73	6.59
1-2	183.09	35.62	42.43	2.62
2-3	103.26	20.09	23.93	1.48
2-4	607.27	118.15	140.74	8.69
2-1	475.86	92.59	110.29	6.81
3-3	43.91	8.54	10.18	0.63
3-4	67.42	13.12	15.63	0.96
3-1	875.68	170.38	202.95	12.53
3-2	257.86	50.17	59.76	3.69

Çizelge 4.15'in devamı

4-3	77.13	15.01	17.88	1.10
4-4	3.39	0.66	0.78	0.05
4-1	647.62	126.00	150.09	9.26
4-2	324.18	63.07	75.13	4.64
Kavşak	12096.18	2353.48	2803.41	173.05

Çizelge 4.15'te görüldüğü üzere, Pazartesi akşam kavşak genelinde CO emisyonu 12096.18 g, NOx emisyonu 2353.48 g, VOC emisyonu 2803.41 g, yakıt tüketimi değeri ise 173.05 galondur.

Çizelge 4.16'da Çarşamba sabah trafiği için mevcut duruma ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.16. Çarşamba günü sabah analizi sonuçları (mevcut durum)

Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	28.30	88.42	C	33.99	25.93	44.96
1-4	28.30	88.42	D	40.61	30.83	72.88
1-1	28.30	88.42	D	40.61	31.84	75.27
1-2	16.41	91.20	A	5.11	3.16	85.80
2-3	26.85	88.04	D	42.37	34.64	84.84
2-4	26.85	88.04	D	39.24	29.04	67.82
2-1	26.85	88.04	E	67.64	53.48	118.04
3-3	15.63	68.32	C	25.85	19.80	27.19
3-4	9.21	69.17	A	0.55	0.03	87.73
3-1	15.63	68.32	D	38.37	25.05	66.97
3-2	15.63	68.32	C	27.08	21.64	63.71
4-3	9.90	173.73	D	45.79	37.47	58.48
4-4	9.90	173.73	F			76.86
4-1	0.00	0.00	A	4.50	0.84	82.20
4-2	9.90	173.73	D	40.31	32.62	0.00
Kavşak	15.20	173.73	C	31.68	23.14	-

Çizelge 4.16'da görüldüğü üzere, Çarşamba günü sabah trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 31.68 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de "C" dir. Çizelge 4.17'de Çarşamba günü sabah trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.17. Çarşamba günü sabah analizi egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri (mevcut durum)

Hareket	CO Emisyonu (g)	NOx Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	885.52	172.30	205.23	12.67
1-4	579.22	112.70	134.24	8.29
1-1	192.16	37.39	44.54	2.75
1-2	72.05	14.02	16.70	1.03
2-3	65.79	12.80	15.25	0.94
2-4	129.67	25.30	30.05	1.86
2-1	566.31	110.18	131.25	8.10
3-3	28.09	5.47	6.51	0.40
3-4	12.19	2.37	2.82	0.17
3-1	867.65	168.81	201.09	12.41
3-2	119.50	23.25	27.70	1.71
4-3	66.72	12.98	15.46	0.95
4-4	0.00	0.00	0.00	0.00
4-1	713.40	138.80	165.34	10.21
4-2	181.81	35.37	42.14	2.60
Kavşak	4305.11	837.62	997.75	61.59

Çizelge 4.17’de görüldüğü üzere, Çarşamba sabah kavşak genelinde CO emisyonu 4305.11 g, NOx emisyonu 837.62 g, VOC emisyonu 997.75 g, yakıt tüketimi değeri ise 61.59 galon’dur.

Çizelge 4.18’de Çarşamba akşam trafiği için mevcut duruma ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.18. Çarşamba günü akşam analizi sonuçları (mevcut durum)

Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	271.65	358.53	F	300.91	223.08	265.28
1-4	271.65	358.53	F	350.85	262.64	341.51
1-1	271.65	358.53	F	357.61	270.23	384.73
1-2	274.20	361.32	F	225.35	154.60	400.38
2-3	25.81	79.95	E	60.86	50.09	102.75
2-4	25.81	79.95	E	63.68	47.03	92.40
2-1	25.81	79.95	E	57.35	44.58	107.38
3-3	18.86	74.33	C	32.26	25.95	34.57
3-4	12.91	75.19	A	7.15	1.94	86.54

Çizelge 4.18’in devamı

3-1	18.86	74.33	D	37.35	24.02	74.74
3-2	18.86	74.33	C	34.53	27.68	71.42
4-3	14.90	104.90	D	51.02	40.85	58.92
4-4	14.90	104.90	C	29.26	21.38	79.03
4-1	0.00	0.00	A	5.01	1.08	87.15
4-2	14.90	104.90	D	42.69	34.17	58.69
Kavşak	88.33	361.32	F	138.71	102.77	-

Çizelge 4.18’de görüldüğü üzere, Çarşamba günü akşam trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 138.71 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de “F” dir. Çizelge 4.19’da Çarşamba günü akşam trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.19. Çarşamba günü akşam analizi egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri (mevcut durum)

Hareket	CO Emisyonu (g)	NOx Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	4198.74	816.92	973.10	60.07
1-4	5010.30	974.82	1161.18	71.68
1-1	522.37	101.63	121.06	7.47
1-2	134.02	26.08	31.06	1.92
2-3	80.69	15.70	18.70	1.15
2-4	528.49	102.83	122.48	7.56
2-1	343.99	66.93	79.72	4.92
3-3	66.65	12.97	15.45	0.95
3-4	42.59	8.29	9.87	0.61
3-1	849.89	165.36	196.97	12.16
3-2	206.15	40.11	47.78	2.95
4-3	83.90	16.32	19.44	1.20
4-4	5.16	1.00	1.20	0.07
4-1	592.31	115.24	137.27	8.47
4-2	310.50	60.41	71.96	4.44
Kavşak	11481.72	2233.93	2661.00	164.26

Çizelge 4.19’da görüldüğü üzere, Çarşamba akşam kavşak genelinde CO emisyonu 11481.72 g, NOx emisyonu 2233.93 g, VOC emisyonu 2661.00 g, yakıt tüketimi değeri ise 58.63 galon’dur.

Çizelge 4.20’de Cuma sabah trafiği için mevcut duruma ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.20. Cuma günü sabah analizi sonuçları (mevcut durum)

Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	34.01	96.59	D	36.39	27.68	47.10
1-4	34.01	96.59	D	46.94	36.07	75.34
1-1	34.01	96.59	D	49.08	37.76	81.61
1-2	26.34	99.38	A	7.31	5.00	93.59
2-3	33.04	104.35	D	46.11	38.12	87.77
2-4	33.04	104.35	D	47.37	35.64	75.92
2-1	33.04	104.35	E	78.05	62.48	128.44
3-3	26.59	91.00	C	31.15	23.55	34.28
3-4	20.79	91.85	A	7.27	3.51	94.07
3-1	26.59	91.00	D	44.84	28.57	78.72
3-2	26.59	91.00	D	38.37	30.42	70.37
4-3	6.27	66.78	C	34.53	26.84	58.86
4-4	6.27	66.78	F	0.00	0.00	77.70
4-1	0.00	0.00	A	4.68	0.21	70.62
4-2	6.27	66.78	D	41.45	33.85	0.00
Kavşak	21.01	104.35	C	34.43	24.69	-

Çizelge 4.20’da görüldüğü üzere, Cuma günü sabah trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 34.43 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de “C” dir. Çizelge 4.21’de Cuma günü sabah trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.21. Cuma günü sabah analizi egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri (mevcut durum)

Hareket	CO Emisyonu (g)	NOx Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	946.51	184.16	219.36	13.54
1-4	621.12	120.85	143.95	8.89
1-1	260.57	50.70	60.39	3.73
1-2	32.45	6.31	7.52	0.46
2-3	43.16	8.40	10.00	0.62
2-4	217.79	42.37	50.47	3.12
2-1	564.46	109.82	130.82	8.08
3-3	19.13	3.72	4.43	0.27
3-4	3.85	0.75	0.89	0.06
3-1	1121.04	218.11	259.81	16.04
3-2	294.58	57.31	68.27	4.21
4-3	68.77	13.38	15.94	0.98

Çizelge 4.21'in devamı

4-4	0.00	0.00	0.00	0.00
4-1	983.03	191.26	227.83	14.06
4-2	157.95	30.73	36.61	2.26
Kavşak	5125.82	997.30	1187.96	73.33

Çizelge 4.21'de görüldüğü üzere, Cuma sabah kavşak genelinde CO emisyonu 5125.82 g, NOx emisyonu 997.30 g, VOC emisyonu 1187.96 g, yakıt tüketimi değeri ise 73.33 galon'dur.

Çizelge 4.22'de Cuma akşam trafiği için mevcut duruma ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.22. Cuma günü akşam analizi sonuçları (mevcut durum)

Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	153.13	265.15	F	142.90	107.76	145.38
1-4	153.13	265.15	F	195.52	148.24	185.27
1-1	153.13	265.15	F	176.41	134.42	231.24
1-2	155.59	267.94	F	105.72	71.86	224.71
2-3	16.36	69.45	D	46.41	37.78	88.28
2-4	16.36	69.45	E	57.07	40.53	85.63
2-1	16.36	69.45	D	46.71	37.30	96.01
3-3	22.38	79.12	D	35.09	27.20	31.09
3-4	17.60	79.97	A	4.04	0.71	89.91
3-1	22.38	79.12	D	40.13	26.99	75.97
3-2	22.38	79.12	D	35.69	28.26	73.61
4-3	9.87	92.23	D	46.38	37.87	57.73
4-4	9.87	92.23	C	31.08	22.91	72.68
4-1	0.00	0.00	A	3.83	0.46	82.51
4-2	9.87	92.23	D	36.27	28.79	60.49
Kavşak	53.56	267.94	F	84.35	62.69	-

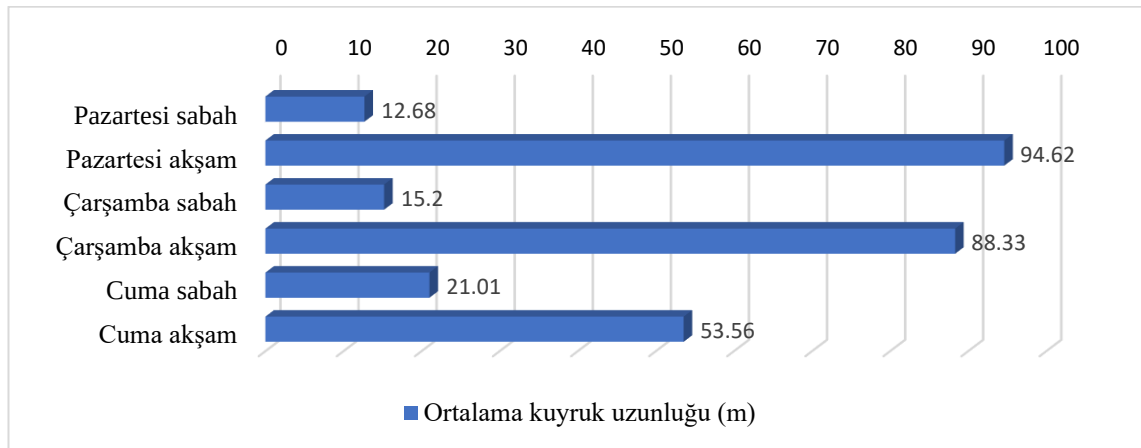
Çizelge 4.22'de görüldüğü üzere, Cuma günü akşam trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 84.35 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de "F" dir. Çizelge 4.23'te Cuma günü akşam trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.23. Cuma günü akşam analizi egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri (mevcut durum)

Hareket	CO Emisyonu (g)	NOx Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	1897.76	369.24	439.82	27.15
1-4	3149.60	612.80	729.95	45.06
1-1	315.32	61.35	73.08	4.51
1-2	71.16	13.84	16.49	1.02
2-3	66.18	12.88	15.34	0.95
2-4	471.32	91.70	109.23	6.74
2-1	89.71	17.45	20.79	1.28
3-3	71.43	13.90	16.55	1.02
3-4	24.82	4.83	5.75	0.36
3-1	1037.40	201.84	240.43	14.84
3-2	173.94	33.84	40.31	2.49
4-3	76.04	14.79	17.62	1.09
4-4	5.27	1.02	1.22	0.08
4-1	619.72	120.58	143.63	8.87
4-2	241.21	46.93	55.90	3.45
Kavşak	7752.34	1508.32	1796.68	110.91

Çizelge 4.23'te görüldüğü üzere, Cuma akşam kavşak genelinde CO emisyonu 7752.34 g, NOx emisyonu 1508.32 g, VOC emisyonu 1796.68 g, yakıt tüketimi değeri ise 110.91 galon'dur.

Şekil 4.7'de, sayım günlerine ve vakitlerine göre ortalama kuyruk uzunlukları karşılaştırılmıştır.

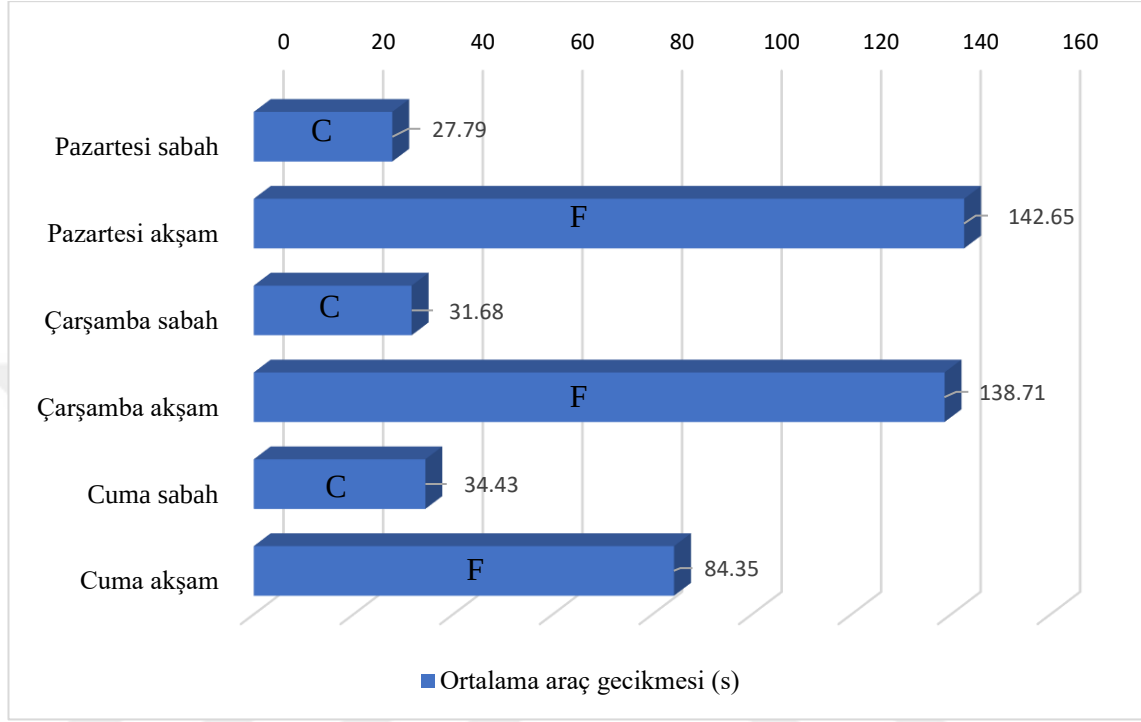


Şekil 4.7. Sayım zamanlarına göre ortalama kuyruk uzunluğu değerleri (mevcut durum)

Pazartesi akşam trafiğine ait ortalama kuyruk uzunluğu değerinin diğer günler ve vakitlere oranlar daha fazla olduğu görülmektedir (Şekil 4.7). Ayrıca Şekil 4.7'ye

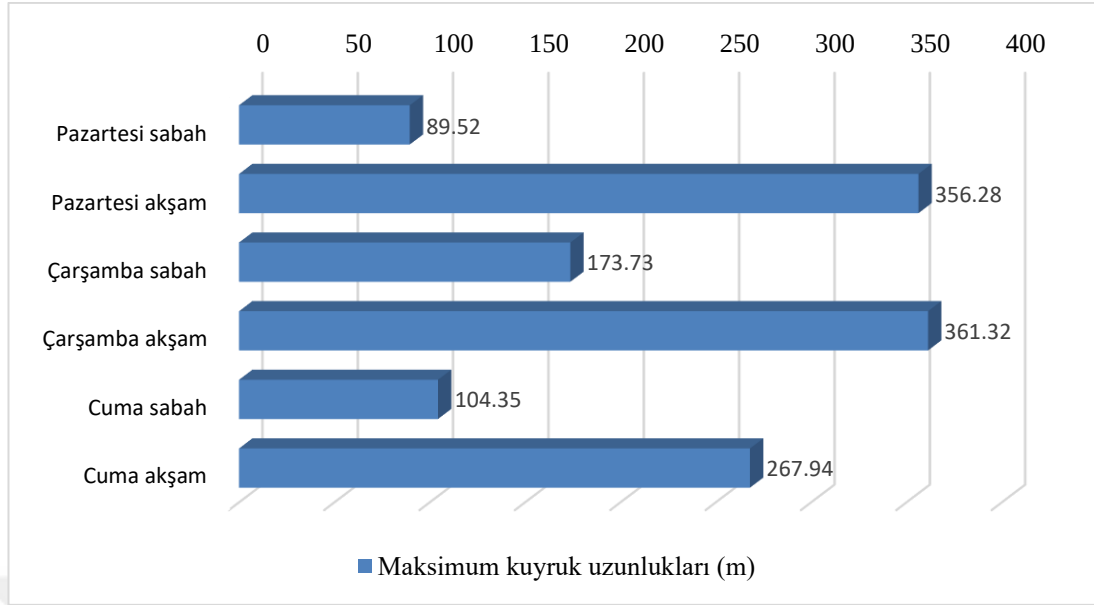
bakarak, akşam trafiği ortalama kuyruk uzunluğu değerlerinin sabah trafiğine oranlar daha fazla olduğu söylenebilir.

Şekil 4.8’de, sayım günlerine ve vakitlerine göre araç gecikmeleri ve hizmet düzeyleri bakımından karşılaştırma gösterilmiştir.



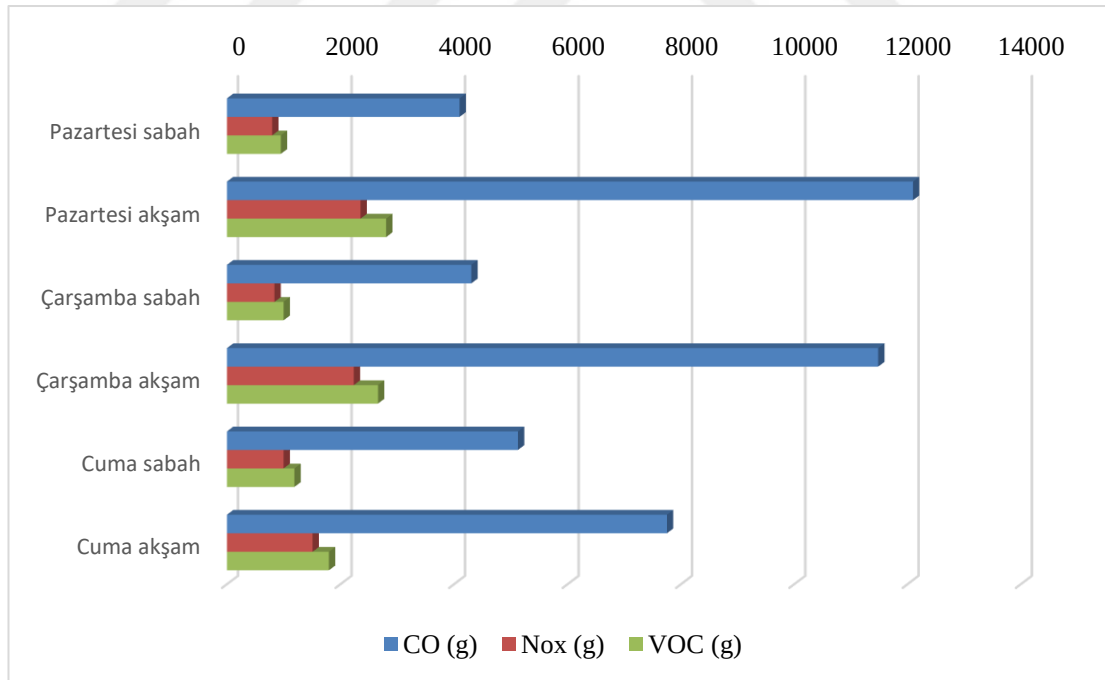
Şekil 4.8. Sayım zamanlarına göre araç gecikmeleri ve kavşak hizmet düzeyleri (mevcut durum)

Şekil 4.8’den görüldüğü üzere akşam saatlerinde kavşağın hizmet düzeyi düşmektedir. Kavşak hizmet düzeyinin düşmesinde artan araç gecikmelerinin etkileri görülmektedir. Şekil 4.9’da, günlere ve vakitlere göre, maksimum kuyruk uzunlukları bakımından karşılaştırma gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Sayım zamanlarına göre maksimum kuyruk uzunlukları (mevcut durum)

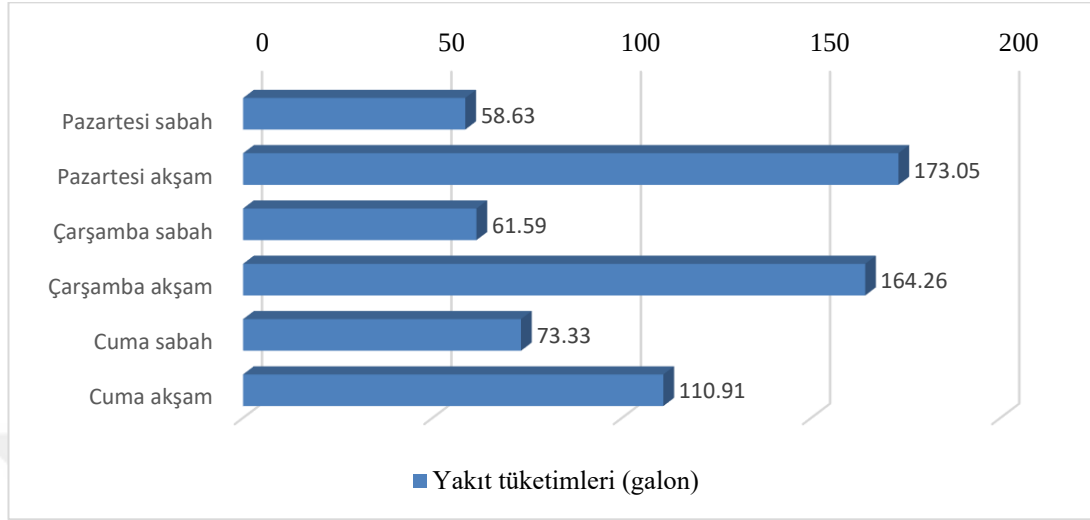
Şekil 4.9’da, özellikle Pazartesi ve Çarşamba günleri akşam saatlerinde kavşakta oluşan maksimum kuyruk uzunluğu değerlerinin diğer zamanlara göre fazla olduğu görülmektedir. Şekil 4.10’da günlere ve vakitlere göre, kavşakta meydana gelen gaz salınımları, Şekil 4.11’de yakıt tüketimleri karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.10. Sayım zamanlarına göre taşıtların egzoz emisyonları (mevcut durum)

Şekil 4.10’den görüldüğü üzere, Pazartesi ve Çarşamba günleri akşam trafiklerinde taşıtlardan yayılan CO gazı, diğer vakitlere göre oldukça yüksektir. Taşıtların kavşağı kullanımlarında maruz kaldıkları uzun bekleme süreleri ve dur-kalk

hareketleri, taşıtların gaz salınımlarıyla birlikte, yakıt tüketimlerini de arttırmaktadır. Şekil 4.11’de, günlere ve vakitlere göre, kavşağı kullanan taşıtların yakıt tüketim değerleri gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Sayım zamanlarına göre taşıtların yakıt tüketimleri (mevcut durum)

4.3.1. Kavşağın mevcut durumu için sabah ve akşam analizlerinin ortalamaları

Kavşağın sabah ve akşam trafiklerine ait analizlerinin ortalamaları ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi, egzoz emisyonları ve yakıt tüketimi parametreleri bakımından ayrı şekilde, çizelgeler halinde gösterilmiştir.

4.3.1.1. Sabah analizlerinin ortalamaları

Kavşağın sabah trafikleri için mevcut duruma ait analiz sonuçlarının ortalamaları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için Çizelge 4.24’te gösterilmiştir.

Çizelge 4.24. Sabah analizlerinin ortalamaları

Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	29.39	90.58	D	35.36	27.16	45.58
1-4	29.39	90.58	D	41.87	31.64	74.32
1-1	29.39	90.58	D	41.85	32.20	76.54
1-2	18.97	93.37	A	5.70	3.60	86.47
2-3	25.31	87.65	D	40.76	33.03	82.73

(Devamı arkada)

Çizelge 4.24'ün devamı

2-4	25.31	87.65	D	42.08	31.44	70.59
2-1	25.31	87.65	E	64.61	50.82	114.92
3-3	19.63	72.76	C	27.70	21.33	29.72
3-4	13.55	73.61	A	2.88	1.18	89.86
3-1	19.63	72.76	D	40.53	26.00	71.97
3-2	19.63	72.76	C	31.85	25.37	66.31
4-3	7.18	92.71	D	39.23	31.38	58.41
4-4	7.18	92.71	A	0.00	0.00	76.48
4-1	0.00	0.00	A	4.30	0.37	75.39
4-2	7.18	92.71	D	40.09	32.52	0.00
Kavşak	16.30	122.53	C	31.30	22.47	-

Çizelge 4.24'te sabah analizlerinin ortalamalarına bakıldığında, kavşakta ortalama araç gecikmesi değerinin 31.30 s ve kavşak hizmet düzeyinin "C" olduğu görülmektedir. Kavşağa ait maksimum kuyruk uzunluğu 122.53 m, ortalama kuyruk uzunluğu ise 16.30 m'dir (Çizelge 4.24). Sabah analizlerine ait egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri ortalamaları Çizelge 4.25'te verilmiştir.

Çizelge 4.25. Sabah analizleri egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri ortalamaları

Hareket	CO Emisyonu (g)	NO _x Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	865.14	168.33	200.50	12.38
1-4	616.09	119.87	142.78	8.82
1-1	199.55	38.83	46.25	2.86
1-2	46.38	9.02	10.75	0.66
2-3	52.79	10.27	12.24	0.76
2-4	170.19	33.14	39.44	2.44
2-1	506.58	98.56	117.41	7.25
3-3	29.43	5.73	6.82	0.42
3-4	8.79	1.71	2.04	0.13
3-1	944.70	183.80	218.95	13.51
3-2	188.12	36.60	43.60	2.69
4-3	56.30	10.95	13.05	0.80
4-4	0.00	0.00	0.00	0.00
4-1	849.59	165.30	196.90	12.15
4-2	162.10	31.54	37.57	2.32
Kavşak	4509.62	877.41	1045.15	64.52

Çizelge 4.25'te görüldüğü üzere, sabah ortalamaları için kavşak genelinde CO emisyonu 4509.6 g, NO_x emisyonu 877.41 g, VOC emisyonu 1045.15 g, yakıt tüketimi değeri ise 64.52 galon'dur.

4.3.1.2. Akşam analizlerinin ortalamaları

Kavşağın akşam trafikleri için mevcut duruma ait analiz sonuçlarının ortalamaları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için Çizelge 4.26’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.26. Akşam analizlerinin ortalamaları

Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	235.79	325.73	F	248.26	185.48	235.47
1-4	235.79	325.73	F	302.25	227.46	289.12
1-1	235.79	325.73	F	294.69	224.28	336.69
1-2	238.35	328.51	F	195.74	136.12	340.64
2-3	26.97	83.34	E	57.69	47.31	99.55
2-4	26.97	83.34	E	66.57	48.87	95.18
2-1	26.97	83.34	E	60.74	47.91	110.53
3-3	20.79	77.10	C	34.76	27.52	33.53
3-4	15.69	77.90	A	6.43	1.83	88.87
3-1	20.79	77.04	D	39.38	25.89	74.54
3-2	20.79	77.04	C	34.37	27.31	73.54
4-3	14.29	123.61	D	46.83	37.74	59.15
4-4	14.29	123.61	D	37.64	28.95	77.69
4-1	0.00	0.00	A	5.21	1.31	82.98
4-2	14.29	123.61	D	41.38	33.22	67.21
Kavşak	78.84	328.51	F	121.90	90.72	-

Çizelge 4.26’da akşam analizlerinin ortalamalarına bakıldığında, kavşakta ortalama araç gecikmesi değerinin 121.90 s ve kavşak hizmet düzeyinin “F” olduğu görülmektedir. Kavşağa ait maksimum kuyruk uzunluğu 328.51 m, ortalama kuyruk uzunluğu ise 78.84 m’dir (Çizelge 4.26). Akşam analizlerine ait egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri ortalamaları Çizelge 4.27’de verilmiştir.

Çizelge 4.27. Akşam analizleri egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri ortalamaları

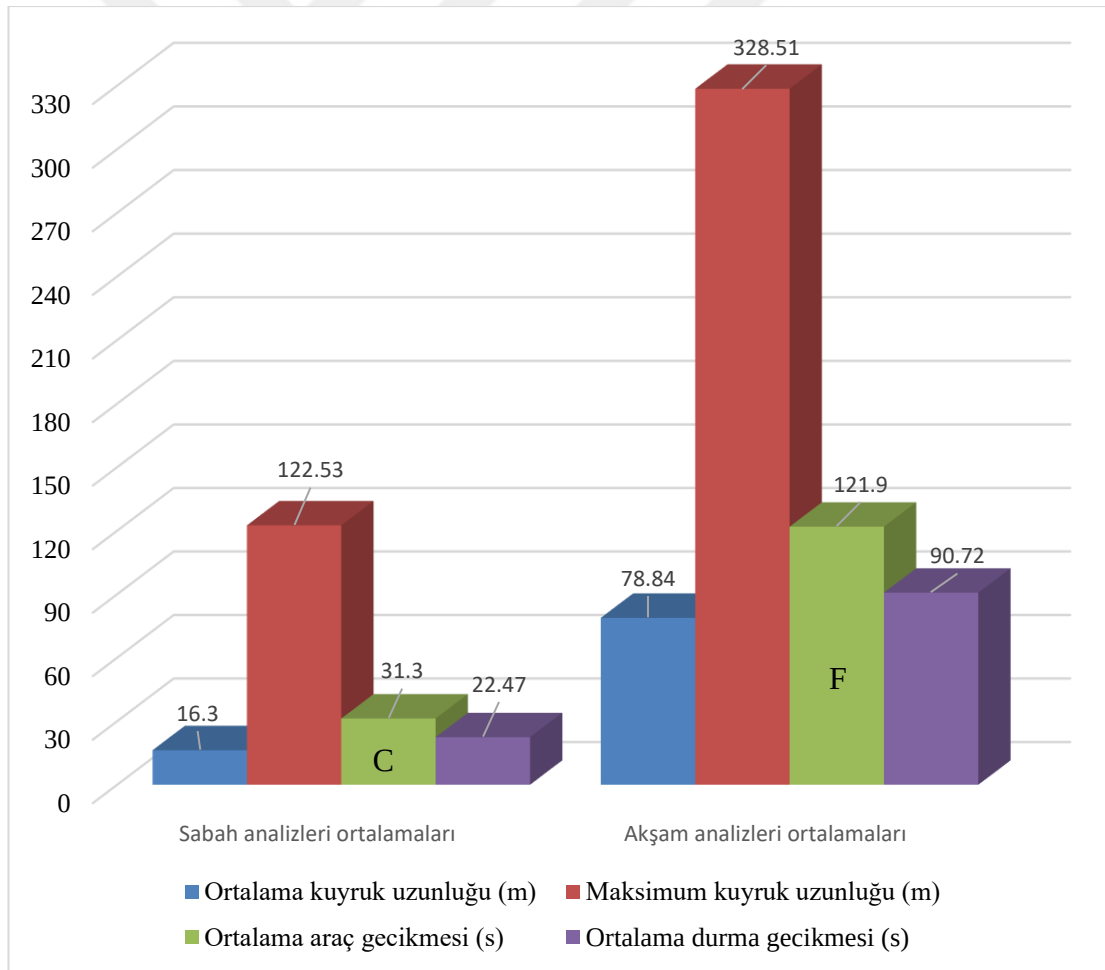
Hareket	CO Emisyonu (g)	NOx Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	3307.44	643.51	766.53	47.32
1-4	4558.41	886.90	1056.45	65.21
1-1	432.74	84.19	100.29	6.19
1-2	129.42	25.18	29.99	1.85
2-3	83.38	16.22	19.32	1.19

(Devamı arkada)

Çizelge 4.27'nin devamı

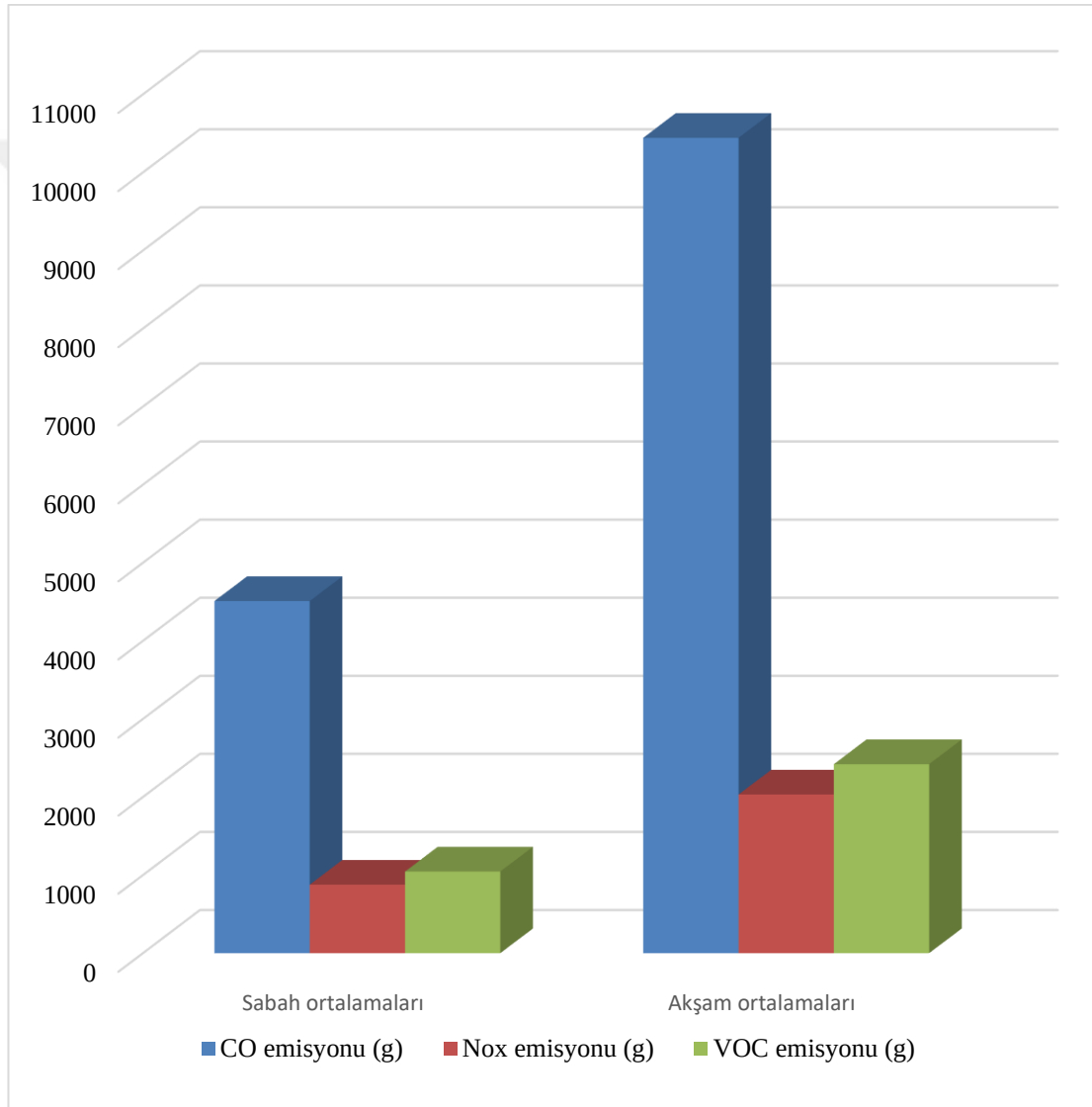
2-4	535.69	104.23	124.15	7.66
2-1	303.19	58.99	70.27	4.34
3-3	60.66	11.80	14.06	0.87
3-4	44.94	8.75	10.42	0.64
3-1	920.99	179.19	213.45	13.18
3-2	212.65	41.37	49.28	3.04
4-3	79.02	15.37	18.31	1.13
4-4	4.61	0.89	1.07	0.07
4-1	619.88	120.61	143.66	8.87
4-2	291.96	56.80	67.66	4.18
Kavşak	10443.41	2031.91	2420.36	149.41

Çizelge 4.27'de görüldüğü üzere, akşam ortalamaları için kavşak genelinde CO emisyonu 10443.41 g, NOx emisyonu 2031.91 g, VOC emisyonu 2420.36 g, yakıt tüketimi değeri ise 149.41 galon'dur.



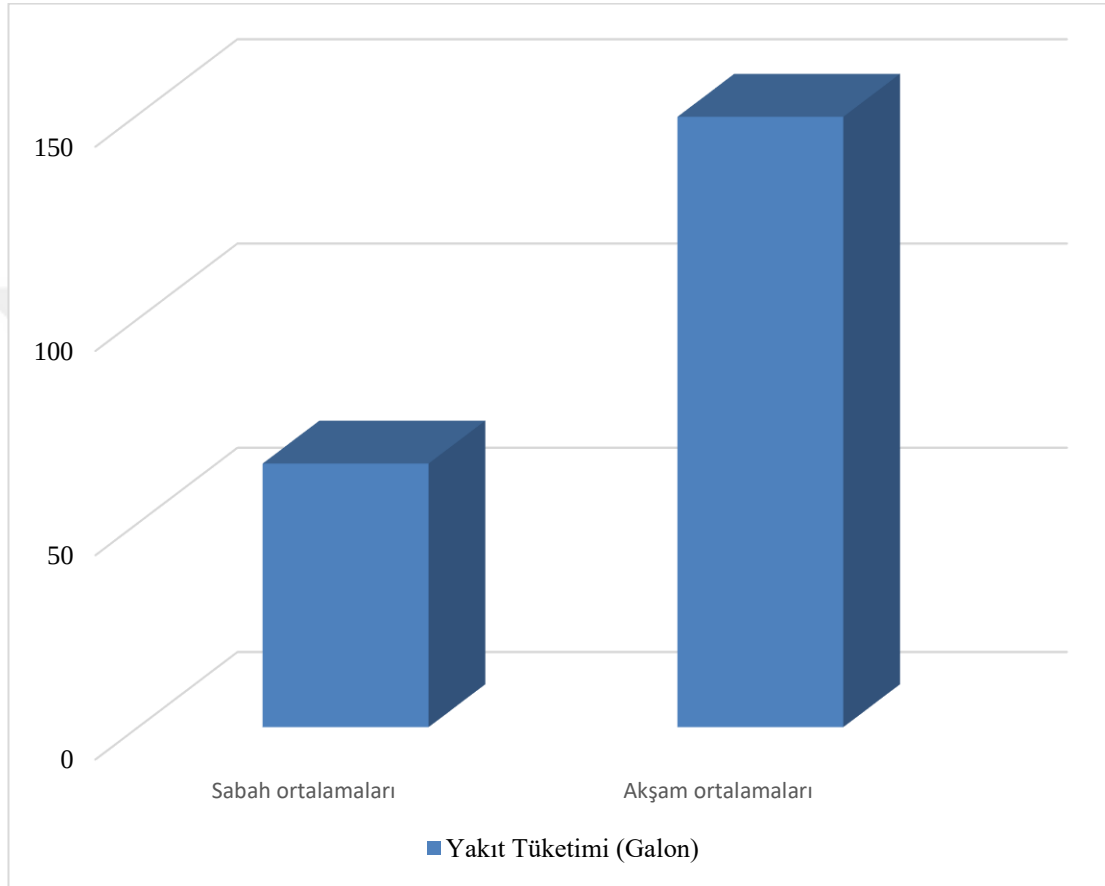
Şekil 4.12. Mevcut durum analiz sonuçlarının sabah ve akşam ortalamalarının, performans parametrelerine bakımından karşılaştırılması

Şekil 4.12’de sabah ve akşam analizleri ortalamalarına ait karşılaştırma gösterilmiştir. Sabah ve akşam trafiği ortalamaları arasında karşılaştırma yapıldığında; kavşağın akşam trafiğinde hizmet düzeyinin düştüğü, kuyruk uzunluklarının ve araç gecikmelerinin arttığı görülmektedir (Şekil 4.12). Şekil 4.12’de, mevcut durum için yapılan analiz sonuçlarına göre, maksimum kuyruk uzunluğunda 328.51 m, ortalama kuyruk uzunluğunda 78.84 m, ortalama araç gecikmesinde 121.9 s ve ortalama durma gecikmesinde 90.72 s değerleri ile akşam ortalamalarının, sabah ortalamalarından yüksek seviyede olduğu görülmektedir. Sabah ortalamalarına göre kavşağın hizmet düzeyi “C” iken, akşam ortalamalarında bu düzey “F” olarak görülmektedir. Şekil 4.13’te sabah ve akşam trafiklerine ait analizlerin ortalamaları için egzoz emisyonları ve Şekil 4.14’te yakıt tüketimleri karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.13. Mevcut durum analiz sonuçlarının sabah ve akşam analizleri ortalamalarının egzoz emisyonları bakımından karşılaştırması

Şekil 4.13'te mevcut durum analiz sonuçlarına göre, sabah ve akşam ortalamaları için CO, NO_x ve VOC emisyonları karşılaştırılması yapılmıştır. Analiz sonuçları karşılaştırıldığında, akşam vakitlerindeki trafiğin sabahlara göre daha yüksek egzoz emisyonu oluşturulduğu görülmektedir. Akşam ortalamalarına ait olan CO (10443.41 g), NO_x (2031.91 g), VOC (2420.36 g) değerlerinin, sabah ortalamalarına ait olan, CO (4509.62 g), NO_x (877.41 g), VOC (1045.15 g) değerlerine göre oldukça yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 4.13).



Şekil 4.14. Mevcut durum analiz sonuçlarının sabah ve akşam analizleri ortalamalarının yakıt tüketimi bakımından karşılaştırması

Şekil 4.14'te mevcut durum analiz sonuçlarının sabah ve akşam ortalamalarının yakıt tüketimlerine göre karşılaştırma grafiği gösterilmiştir. Akşam ortalamalarına ait yakıt tüketiminin (149.41 galon), sabah ortalamalarına ait yakıt tüketiminden (64.52 galon) yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 4.14).

4.4. Kavşakta Farklı Senaryolar için Analiz Sonuçları

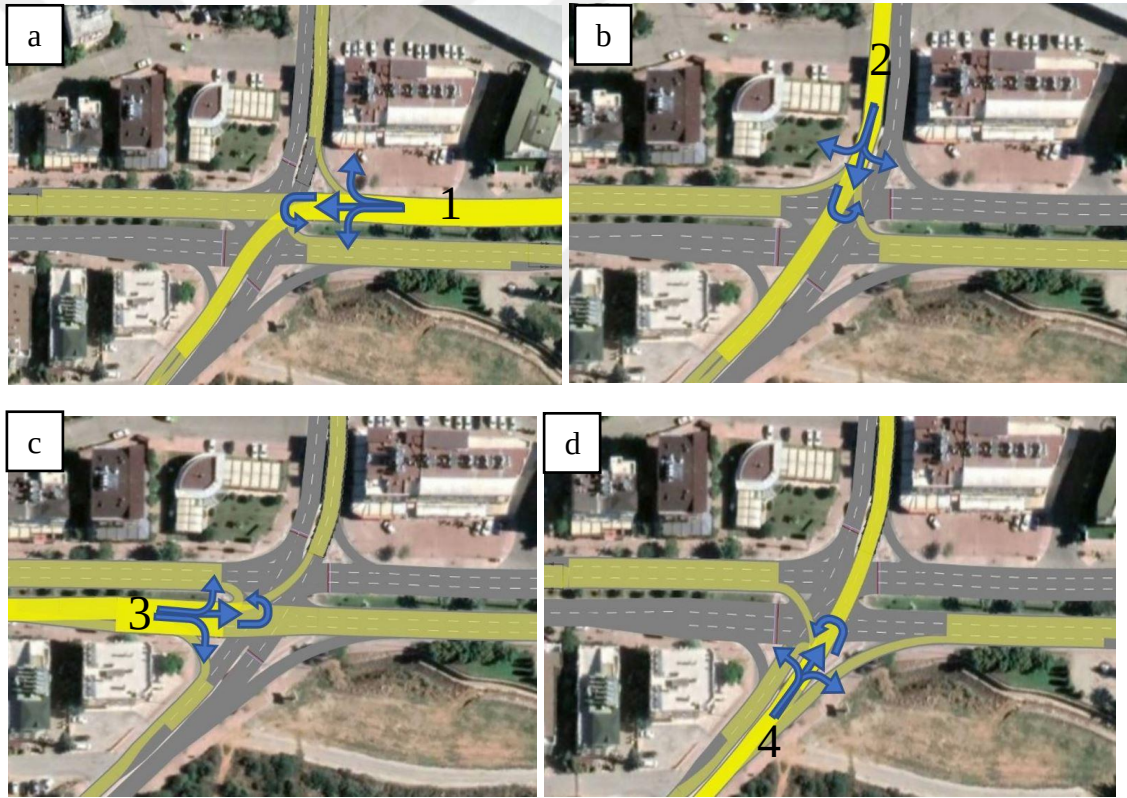
Kavşak mevcut durumu için analizler yapıldıktan sonra, kavşak performansının iyileştirilmesine yönelik farklı senaryolar incelenmiştir. Yeni senaryolar için sinyal planları, sinyal zaman diyagramları ve analiz sonuçları; sayım günleri ve vakitlerine göre çizelgeler ve şekiller halinde sunulmuştur.

4.4.1. Kavşak sinyalizasyonunda yapılan değişiklikler ve analizleri

Tez çalışmasında, kavşağın mevcut durumu ile kıyaslanmak ve iyileştirme önerilerinde bulunmak amacıyla, sinyal planı, faz planı ve geometrik değişiklik ile yeni senaryolar oluşturulmuştur. Bu bölümde, oluşturulan yeni senaryoların anlatımı ve yapılan analizlerin sonuçlarına yer verilmiştir. Bölüm sonunda ise, elde edilen analiz sonuçlarının karşılaştırması yapılarak yorumlanmıştır.

4.4.1.1. Senaryo 1

Senaryo 1’de kavşağın 1 numaralı yaklaşım koluna ait yeşil süresi 10 s uzatılmış, kavşağın geometrisi ve faz planında bir değişiklik yapılmamıştır. Senaryo 1 için oluşturulan sinyal planı Çizelge 4.28’de, Vissim’de oluşturulan sinyal zaman diyagramı Şekil 4.16’da gösterilmiştir. Şekil 4.15’te, çalışılan kavşağa ait 4 fazlı işletim planı için Vissim görselleri gösterilmiştir.



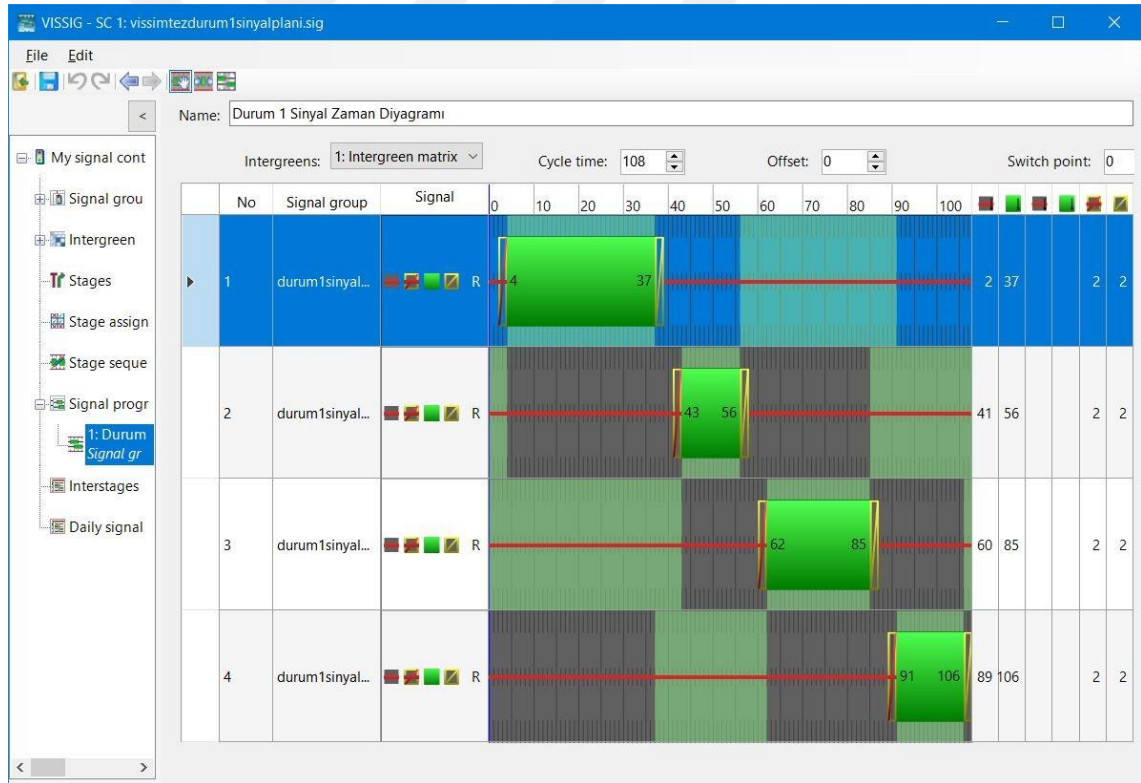
Şekil 4.15. Senaryo 1’e ait 4 fazlı işletim planı Vissim görselleri; **a)** Faz 1gösterimi; **b)** Faz 2 gösterimi; **c)** Faz 3 gösterimi; **d)** Faz 4 gösterimi

Kavşak, 1 numaralı yaklaşım kolu Faz 1, 2 numaralı yaklaşım kolu Faz 2, 3 numaralı yaklaşım kolu Faz 3, 4 numaralı yaklaşım kolu Faz 4 olacak şekilde çalışmaktadır. Faz 1 ile, 1 numaralı yaklaşım kolundan gelen araçlara geçiş hakkı verildikten sonra, sırasıyla 2,3 ve 4 numaralı kollardan gelen araçlar geçiş haklarına sahip olmaktadır.

Çizelge 4.28. Senaryo 1'e ait sinyal planı

Sinyal Grupları	Işık Süreleri (s)															
	2	2	33	2	2	2	13	2	2	2	23	2	2	2	15	2
Grup 1																
Grup 2																
Grup 3																
Grup 4																
Grup 5																
Grup 6																
Grup 7																
Devre Süresi (s)															108	

Çizelge 4.28'de gösterilen, Senaryo 1'e ait sinyal planında, 1 numaralı akım kolu için yeşil süresi 33 s, 2 numaralı akım kolu için 13 s, 3 numaralı akım kolu için 23 s ve 4 numaralı akım kolu için 15 s'dir. Mevcut durumda 98 s olan devre süresi Senaryo 1'de 108 s olarak ayarlanmıştır (Çizelge 4.28).



Şekil 4.16. Senaryo 1 için Vissim'de oluşturulan sinyal zaman diyagramı

Çizelge 4.29'da Pazartesi sabah trafiği için Senaryo 1'e ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.29. Senaryo 1 Pazartesi sabah analiz sonuçları

Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	22.66	80.04	C	30.45	23.15	69.37
1-4	22.66	80.04	C	34.47	25.20	69.12
1-1	22.66	80.04	C	29.01	21.66	73.13
1-2	14.65	82.82	A	4.01	2.60	44.00
2-3	21.43	74.40	D	45.46	37.16	87.23
2-4	21.43	74.40	E	55.39	44.64	83.77
2-1	21.43	74.40	E	59.57	47.26	109.83
3-3	20.33	75.07	C	33.61	27.64	72.11
3-4	14.01	75.92	A	1.42	0.08	28.28
3-1	20.33	75.07	D	45.94	30.61	94.86
3-2	20.33	75.07	D	38.28	32.13	78.48
4-3	5.52	37.78	D	43.71	36.03	79.64
4-4	5.52	37.78	F	0.00	0.00	0.00
4-1	0.00	0.00	A	3.79	0.05	57.90
4-2	5.52	37.78	D	40.48	33.20	76.83
Kavşak	14.09	82.82	C	29.85	21.52	-

Çizelge 4.29’da görüldüğü üzere, Senaryo 1’de Pazartesi günü sabah trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 28.85 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de “C” dir. Çizelge 4.40’ta Senaryo 1 için Pazartesi günü sabah trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.30. Senaryo 1 Pazartesi sabah egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri

Hareket	CO Emisyonu (g)	NOx Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	720.07	140.10	166.88	10.30
1-4	703.78	136.93	163.11	10.07
1-1	135.45	26.35	31.39	1.94
1-2	34.36	6.69	7.96	0.49
2-3	55.29	10.76	12.81	0.79
2-4	179.98	35.02	41.71	2.57
2-1	425.00	82.69	98.50	6.08
3-3	42.66	8.30	9.89	0.61
3-4	10.75	2.09	2.49	0.15
3-1	919.40	178.88	213.08	13.15
3-2	160.57	31.24	37.21	2.30
4-3	34.94	6.80	8.10	0.50
4-4	0.00	0.00	0.00	0.00
4-1	852.47	165.86	197.57	12.20
4-2	149.79	29.14	34.71	2.14
Kavşak	4268.00	830.40	989.15	61.06

Çizelge 4.30’da görüldüğü üzere, Senaryo 1 için Pazartesi sabah kavşak genelinde CO emisyonu 4268.00 g, NOx emisyonu 830.40 g, VOC emisyonu 989.15 g, yakıt tüketimi değeri ise 61.06 galon’dur.

Çizelge 4.31’de Pazartesi akşam trafiği için Senaryo 1’e ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.31. Senaryo 1 Pazartesi akşam analiz sonuçları

Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	82.11	146.69	E	58.52	43.99	100.06
1-4	82.11	146.69	F	86.50	60.91	121.82
1-1	82.11	146.69	F	82.65	63.15	128.61
1-2	73.85	149.48	C	24.58	17.12	64.74
2-3	112.10	187.92	F	204.26	175.14	245.85
2-4	112.10	187.92	F	214.43	176.34	242.76
2-1	112.10	187.92	F	263.26	222.91	312.76
3-3	25.83	78.13	D	44.08	36.31	83.12
3-4	20.04	78.98	A	9.88	4.55	36.68
3-1	25.83	78.13	D	46.67	31.24	95.54
3-2	25.83	78.13	D	44.90	37.35	84.93
4-3	25.96	173.66	D	53.93	44.15	90.12
4-4	25.96	173.66	D	49.97	39.79	79.82
4-1	0,00	0,00	A	9.04	3.67	63.04
4-2	25.96	173.66	E	57.33	48.10	93.75
Kavşak	48.56	187.92	E	79.34	61.00	-

Çizelge 4.31’de görüldüğü üzere, Senaryo 1’de Pazartesi günü akşam trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 79.34 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de “E” dir. Çizelge 4.32’de Senaryo 1 için Pazartesi günü akşam trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.32. Senaryo 1 Pazartesi akşam egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri

Hareket	CO Emisyonu (g)	NOx Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	1120.38	217.99	259.66	16.03
1-4	2222.44	432.41	515.07	31.79
1-1	202.96	39.49	47.04	2.90
1-2	57.76	11.24	13.39	0.83

Çizelge 4.32'nin devamı

2-3	202.59	39.42	46.95	2.90
2-4	1165.58	226.78	270.13	16.67
2-1	992.31	193.07	229.98	14.20
3-3	46.92	9.13	10.87	0.67
3-4	62.51	12.16	14.49	0.89
3-1	936.84	182.28	217.12	13.40
3-2	288.92	56.21	66.96	4.13
4-3	88.23	17.17	20.45	1.26
4-4	3.31	0.64	0.77	0.05
4-1	657.78	127.98	152.45	9.41
4-2	363.82	70.79	84.32	5.20
Kavşak	8261.59	1607.41	1914.70	118.19

Çizelge 4.32'de görüldüğü üzere, Senaryo 1 için Pazartesi akşam kavşak genelinde CO emisyonu 8261.59 g, NOx emisyonu 1607.41 g, VOC emisyonu 1914.70 g, yakıt tüketimi değeri ise 118.19 galon'dur.

Çizelge 4.33'te Çarşamba sabah trafiği için Senaryo 1'e ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.33. Senaryo 1 Çarşamba sabah analiz sonuçları

Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	24.12	84.34	C	32.08	24.51	70.77
1-4	24.12	84.34	C	33.50	25.06	68.15
1-1	24.12	84.34	D	37.41	28.45	82.13
1-2	13.03	87.13	A	4.90	3.06	44.77
2-3	36.41	99.60	D	35.55	27.89	77.43
2-4	36.41	99.60	D	50.26	39.14	78.89
2-1	36.41	99.60	F	88.87	72.85	139.40
3-3	18.42	70.23	C	34.42	28.24	73.14
3-4	11.99	71.08	A	1.77	0.00	28.47
3-1	18.42	70.23	D	42.69	28.19	91.92
3-2	18.42	70.23	D	39.77	33.04	79.86
4-3	8.79	170.27	C	34.70	27.53	71.13
4-4	8.79	170.27	F	0.00	0.00	0.00
4-1	0.00	0.00	A	4.14	0.47	58.12
4-2	8.79	170.27	D	40.25	32.88	76.78
Kavşak	16.11	170.27	C	33.59	24.88	-

Çizelge 4.33'te görüldüğü üzere, Senaryo 1'de Çarşamba günü sabah trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 33.59 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de "C" dir. Çizelge 4.34'te Senaryo 1 için Çarşamba günü sabah trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.34. Senaryo 1 Çarşamba sabah egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri

Hareket	CO Emisyonu (g)	NO _x Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	861.11	167.54	199.57	12.32
1-4	535.25	104.14	124.05	7.66
1-1	183.38	35.68	42.50	2.62
1-2	71.52	13.92	16.58	1.02
2-3	58.10	11.30	13.47	0.83
2-4	144.99	28.21	33.60	2.07
2-1	636.05	123.75	147.41	9.10
3-3	33.87	6.59	7.85	0,48
3-4	12.15	2.36	2.82	0.17
3-1	902.81	175.65	209.24	12.92
3-2	138.45	26.94	32.09	1.98
4-3	56.56	11.01	13.11	0.81
4-4	0.00	0.00	0.00	0.00
4-1	711.54	138.44	164.91	10.18
4-2	186.88	36.36	43.31	2.67
Kavşak	4373.81	850.98	1013.67	62.57

Çizelge 4.34'te görüldüğü üzere, Senaryo 1 için Çarşamba sabah kavşak genelinde CO emisyonu 4373.81 g, NO_x emisyonu 850.98 g, VOC emisyonu 1013.67 g, yakıt tüketimi değeri ise 62.57 galon'dur.

Çizelge 4.35'te Çarşamba akşam trafiği için Senaryo 1'e ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.35. Senaryo 1 Çarşamba akşam analiz sonuçları

Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	54.61	141.75	D	40.60	30.32	86.25
1-4	54.61	141.75	E	58.23	41.04	99.96
1-1	54.61	141.75	D	49.11	36.62	106.77
1-2	42.28	144.54	A	6.24	3.54	53.38
2-3	42.95	111.07	E	65.60	53.99	118.61

Çizelge 4.35'in devamı

2-4	42.95	111.07	F	82.50	64.75	117.79
2-1	42.95	111.07	F	103.62	85.84	129.43
3-3	23.11	72.52	D	43.98	36.34	82.84
3-4	18.33	73.37	A	6.72	1.67	34.33
3-1	23.11	72.52	D	45.88	31.88	95.27
3-2	23.11	72.52	D	40.29	33.48	80.31
4-3	24.73	168.53	E	58.22	47.58	94.33
4-4	24.73	168.53	D	47.05	40.57	76.37
4-1	0.00	0.00	A	8.83	3.80	62.81
4-2	24.73	168.53	D	54.27	45.15	90.63
Kavşak	29.43	168.53	D	48.38	36.11	-

Çizelge 4.35'te görüldüğü üzere, Senaryo 1'de Çarşamba günü akşam trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 48.38 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de "D" dir. Çizelge 4.36'da Senaryo 1 için Çarşamba günü akşam trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.36. Senaryo 1 Çarşamba akşam egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri

Hareket	CO Emisyonu (g)	NOx Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	907.98	176.66	210.43	12.99
1-4	1545.41	300.68	358.16	22.11
1-1	160.36	31.20	37.17	2.29
1-2	33.51	6.52	7.77	0.48
2-3	66.78	12.99	15.48	0.95
2-4	529.54	103.03	122.73	7.58
2-1	564.03	109.74	130.72	8.07
3-3	76.48	14.88	17.72	1.09
3-4	39.95	7.77	9.26	0.57
3-1	909.89	177.03	210.88	13.02
3-2	221.06	43.01	51.23	3.16
4-3	90.20	17.55	20.90	1.29
4-4	6.17	1.20	1.43	0.09
4-1	622.15	121.05	144.19	8.90
4-2	346.64	67.44	80.34	4.96
Kavşak	5963.76	1160.33	1382.16	85.32

Çizelge 4.36'da görüldüğü üzere, Senaryo 1 için Çarşamba akşam kavşak genelinde CO emisyonu 5963.76 g, NOx emisyonu 1160.33 g, VOC emisyonu 1382.16 g, yakıt tüketimi değeri ise 85.32 galon'dur.

Çizelge 4.37’de Cuma sabah trafiği için Senaryo 1’e ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.37. Senaryo 1 Cuma sabah analiz sonuçları

Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	25.54	93.69	C	32.40	24.75	71.01
1-4	25.54	93.69	C	34.56	26.33	69.16
1-1	25.54	93.69	C	31.74	23.35	76.30
1-2	15.24	96.48	A	1.49	0.49	41.20
2-3	41.30	115.34	D	49.24	41.37	90.91
2-4	41.30	115.34	E	60.38	47.19	88.94
2-1	41.30	115.34	F	98.37	80.71	148.73
3-3	31.84	102.71	D	47.98	39.38	87.12
3-4	27.44	103.56	B	14.04	11.45	40.85
3-1	31.84	102.71	D	52.79	35.00	101.84
3-2	31.84	102.71	D	47.33	38.65	87.70
4-3	6.78	48.22	D	41.74	34.19	77.80
4-4	6.78	48.22	F	0.00	0.00	0.00
4-1	0.03	16.49	A	4.76	0.12	58.97
4-2	6.78	48.22	D	43.51	36.12	79.75
Kavşak	21.17	115.34	D	36.28	26.50	-

Çizelge 4.37’de görüldüğü üzere, Senaryo 1’de Cuma günü sabah trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 36.28 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de “D” dir. Çizelge 4.38’de Senaryo 1 için Cuma günü sabah trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.38. Senaryo 1 Cuma sabah egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri

Hareket	CO Emisyonu (g)	NOx Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	872.14	169.69	202.13	12.48
1-4	541.14	105.29	125.41	7.74
1-1	218.17	42.45	50.56	3.12
1-2	29.23	5.69	6.78	0.42
2-3	43.69	8.50	10.12	0.62
2-4	240.61	46.81	55.76	3.44
2-1	638.30	124.19	147.93	9.13
3-3	22.41	4.36	5.19	0.32
3-4	4.24	0.82	0.98	0.06

Çizelge 4.38'in devamı

3-1	1201.40	233.75	278.44	17.19
3-2	319.78	62.22	74.11	4.57
4-3	72.46	14.10	16.79	1.04
4-4	0.00	0.00	0.00	0.00
4-1	984.34	191.52	228.13	14.08
4-2	159.88	31.11	37.05	2.29
Kavşak	5177.43	1007.34	1199.92	74.07

Çizelge 4.38'de görüldüğü üzere, Senaryo 1 için Cuma sabah kavşak genelinde CO emisyonu 5177.43 g, NOx emisyonu 1007.34 g, VOC emisyonu 1199.92 g, yakıt tüketimi değeri ise 74.07 galon'dur.

Çizelge 4.39'da Cuma akşam trafiği için Senaryo 1'e ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.39. Senaryo 1 Cuma akşam analiz sonuçları

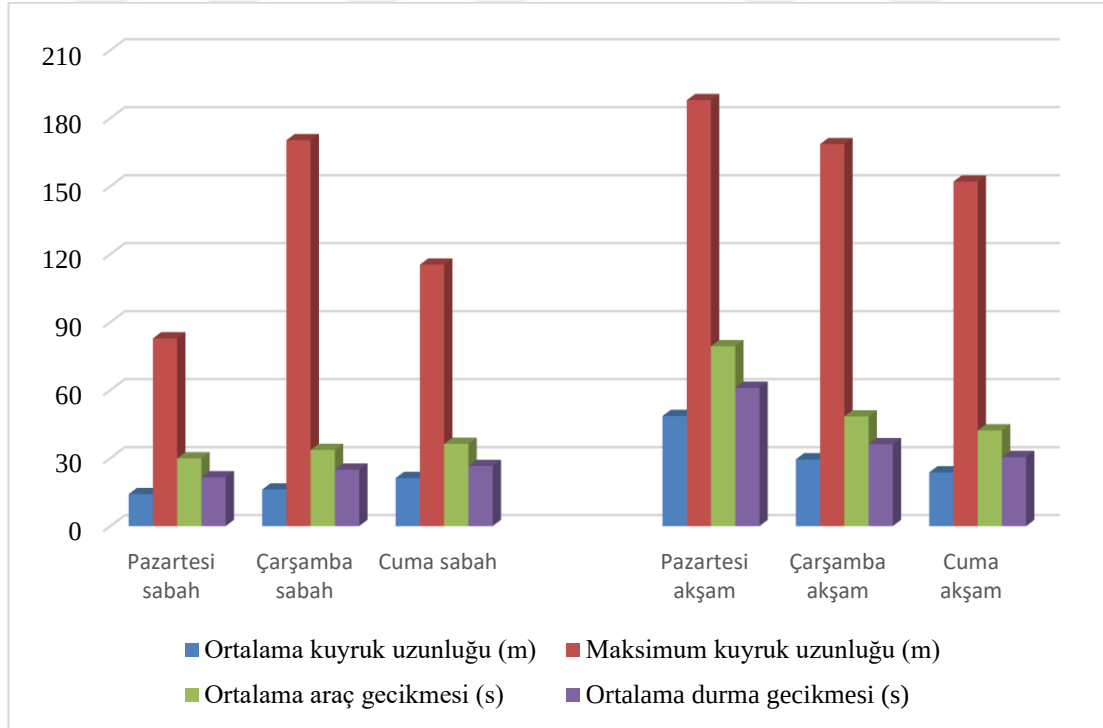
Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	49.19	145.18	D	37.31	28.40	77.18
1-4	49.19	145.18	E	57.68	40.12	92.79
1-1	49.19	145.18	D	50.68	39.24	96.00
1-2	32.11	147.97	A	5.03	2.91	44.97
2-3	20.71	74.31	E	63.41	53.30	105.22
2-4	20.71	74.31	E	68.57	51.26	97.10
2-1	20.71	74.31	D	41.64	31.63	90.89
3-3	26.89	90.78	D	46.00	37.63	84.90
3-4	22.39	91.63	B	12.21	6.08	39.37
3-1	26.89	90.78	D	48.78	34.13	98.47
3-2	26.89	90.78	D	42.04	34.38	82.30
4-3	14.55	152.00	D	50.84	41.54	86.93
4-4	14.55	152.00	D	49.58	43.18	78.91
4-1	0.00	0.00	A	5.27	1.11	59.16
4-2	14.55	152.00	D	48.54	40.14	84.98
Kavşak	23.69	152.00	D	42.19	30.47	-

Çizelge 4.39'da görüldüğü üzere, Senaryo 1'de Cuma günü akşam trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 42.19 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de "D" dir. Çizelge 4.40'da Senaryo 1 için Cuma günü akşam trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

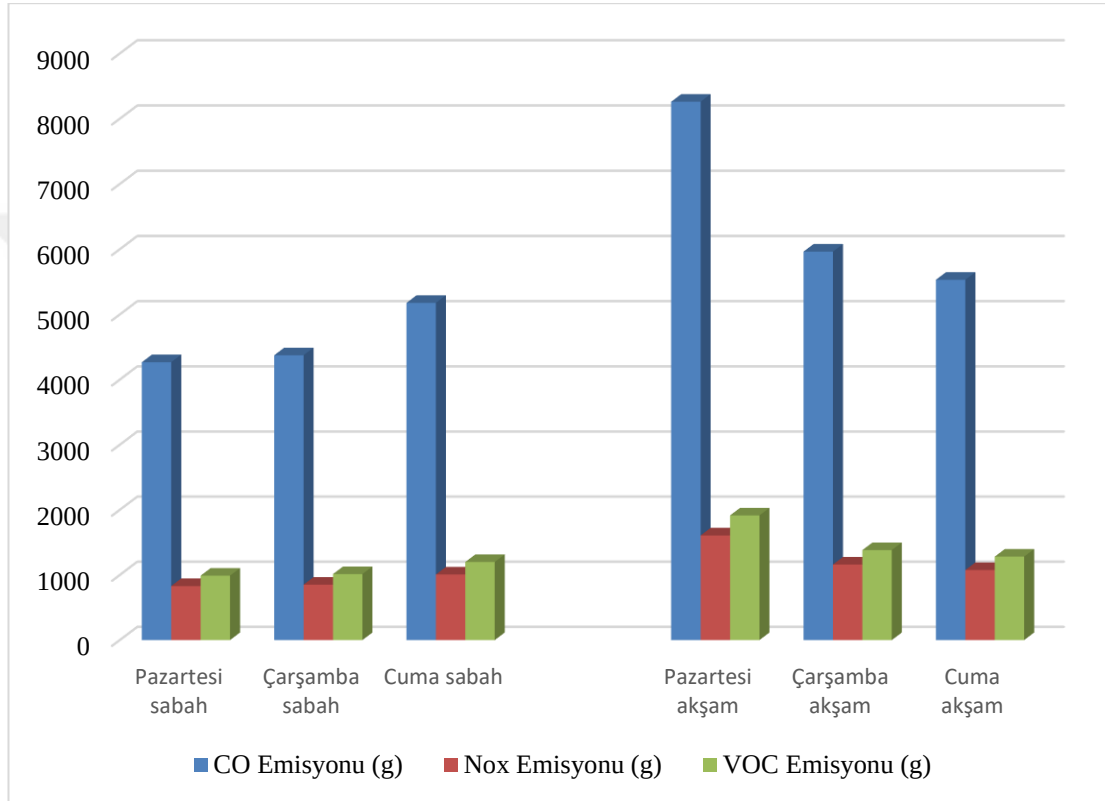
Çizelge 4.40. Senaryo 1 Cuma akşam egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri

Hareket	CO Emisyonu (g)	NOx Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	766.90	149.21	177.74	10.97
1-4	1534.22	298.50	355.57	21.95
1-1	181.55	35.32	42.08	2.60
1-2	27.80	5.41	6.44	0.40
2-3	74.14	14.43	17.18	1.06
2-4	597.20	116.19	138.41	8.54
2-1	87.36	17.00	20.25	1.25
3-3	79.56	15.48	18.44	1.14
3-4	32.40	6.30	7.51	0.46
3-1	1118.99	217.72	259.34	16.01
3-2	184.31	35.86	42.72	2.64
4-3	80.02	15.57	18.54	1.14
4-4	6.32	1.23	1.46	0.09
4-1	634.41	123.43	147.03	9.08
4-2	273.97	53.30	63.50	3.92
Kavşak	5532.16	1076.36	1282.13	79.14

Çizelge 4.40’de görüldüğü üzere, Senaryo 1 için Cuma akşam kavşak genelinde CO emisyonu 5532.16 g, NOx emisyonu 1076.36 g, VOC emisyonu 1282.13 g, yakıt tüketimi değeri ise 79.14 galon’dur.

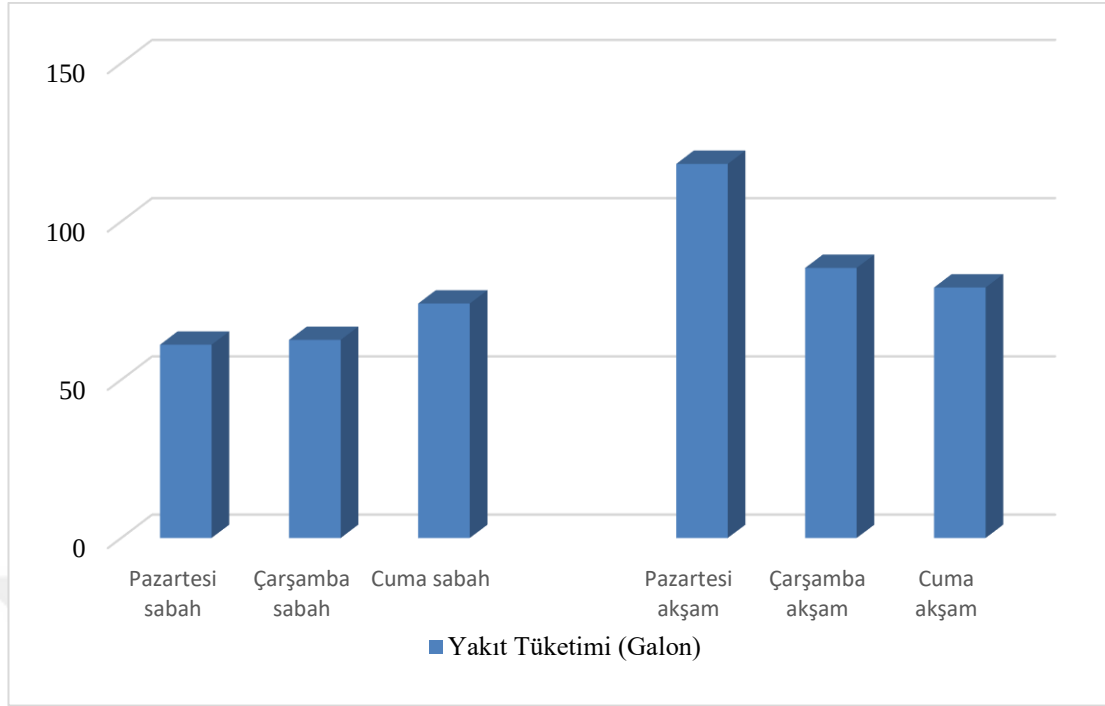
**Şekil 4.17.** Senaryo 1 analiz sonuçlarının günler, vakitler ve performans parametreleri bakımından karşılaştırılması

Şekil 4.17’de, Senaryo 1 için yapılan analiz sonuçlarına göre, maksimum kuyruk uzunluğunda 187.92 m, ortalama kuyruk uzunluğunda 48.56 m, ortalama araç gecikmesinde 79.34 s ve ortalama durma gecikmesinde 61 s ile en yüksek değerlere sahip durumun Pazartesi akşam olduğu görülmektedir. Pazartesi sabah, 82.82 m maksimum kuyruk uzunluğu, 14.09 m ortalama kuyruk uzunluğu, 29.85 s ortalama araç gecikmesi ve 21.52 s ortalama durma gecikmesi ile analizler içerisinde en düşük değerlere sahiptir (Şekil 4.17). Ayrıca, sabah ve akşam analiz sonuçlarına bakıldığında, akşam vakitlerindeki gecikme ve kuyruk uzunluğu değerlerinin sabah vakitlerindekiyle göre yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 4.18. Senaryo 1 analiz sonuçlarının günler, vakitler ve egzoz emisyonları bakımından karşılaştırılması

Şekil 4.18’de Senaryo 1 analiz sonuçlarına göre CO, NOx ve VOC emisyonları karşılaştırılması yapılmıştır. Analiz sonuçları karşılaştırıldığında, akşam vakitlerindeki trafiğin sabahlara göre daha yüksek egzoz emisyonu oluşturulduğu görülmektedir. Emisyonun en fazla meydana geldiği durum CO için 8261.59 g, NOx için 1607.41 g, VOC için 1914.7 g değerleri ile Pazartesi akşam, en az meydana geldiği durum ise CO için 4268 g, NOx için 830.4 g, VOC için 989.14 g değerleri ile Pazartesi sabah olarak görülmektedir. Sabah vakitleri arasında karşılaştırma yapıldığında en fazla emisyonun CO için 5177.43 g, NOx için 1007.34 g, VOC için 1199.92 g değerleri ile Cuma sabah meydana geldiği görülmektedir. Akşam vakitleri analiz sonuçları karşılaştırıldığında ise Pazartesi akşam durumunun CO için 4268 g, NOx için 830.4 g, VOC için 989.14 g değerleri ile en fazla emisyonu sebep olduğu görülmektedir (Şekil 4.18).

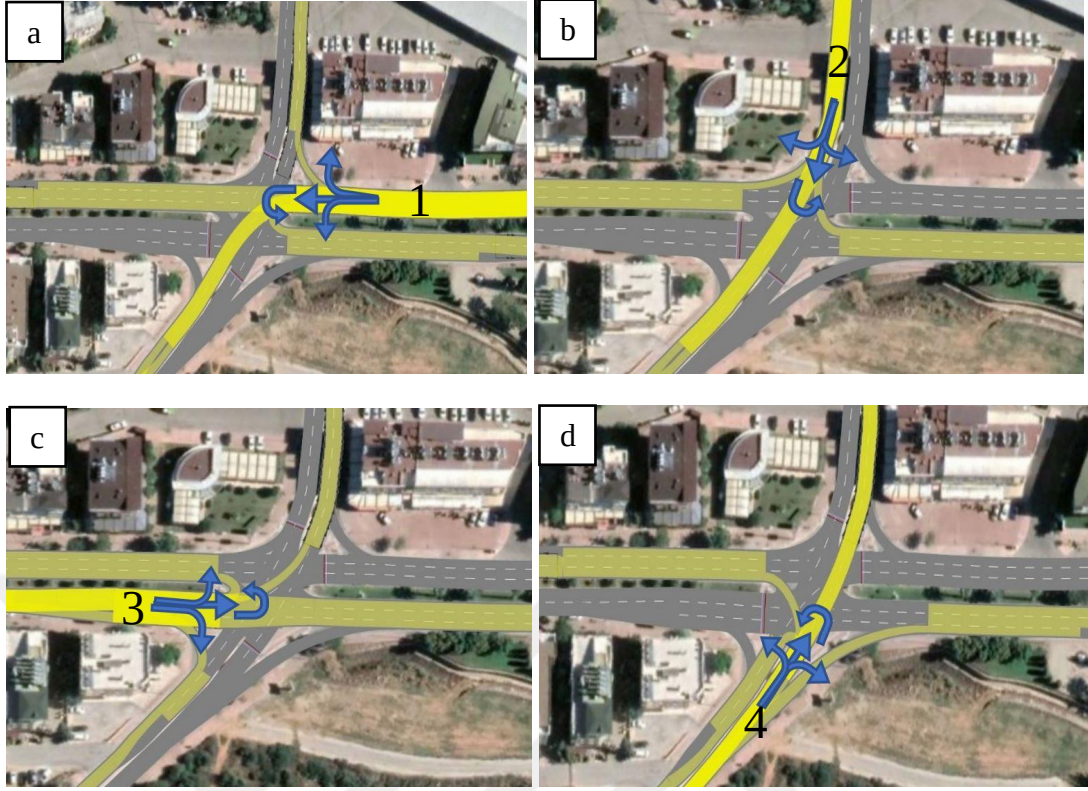


Şekil 4.19. Senaryo 1 analiz sonuçlarının günler, vakitler ve yakıt tüketimleri bakımından karşılaştırılması

Şekil 4.19’da Senaryo 1 analiz sonuçlarının günlere, vakitlere ve yakıt tüketimlerine göre karşılaştırma grafiği gösterilmiştir. Sabah analizleri arasında kıyaslama yapıldığında 74.07 galon değeri ile Cuma sabah durumunun, en fazla yakıt tüketimine sebep olan durum olduğu görülmektedir. Bu kıyaslama akşam analizleri arasında yapıldığında ise Pazartesi akşam durumunun, 118.19 galon değeri ile en fazla yakıt tüketimine sebep olduğu görülmektedir. Tüm günler ve vakitler göz önüne alındığında, Senaryo 1 analiz sonuçlarına göre, en fazla yakıt tüketimine sebep olan gün ve vakit 118.19 galon değeri ile Pazartesi akşam durumudur. Akşam ve sabah vakitleri karşılaştırıldığında ise akşam vakitleri yakıt tüketimlerinin sabahlara göre daha fazla olduğu görülmektedir (Şekil 4.19).

4.4.1.2. Senaryo 2

Senaryo 2’de kavşağın 1 numaralı yaklaşım koluna ait yeşil süresi 20 s uzatılmış, kavşağın geometrisi ve faz planında bir değişiklik yapılmamıştır. Senaryo 2 için oluşturulan sinyal planı Çizelge 4.41’de, Vissim’de oluşturulan sinyal zaman diyagramı Şekil 4.21’de gösterilmiştir. Şekil 4.20’de, çalışılan kavşağa ait 4 fazlı işletim planı için Vissim görselleri gösterilmiştir.



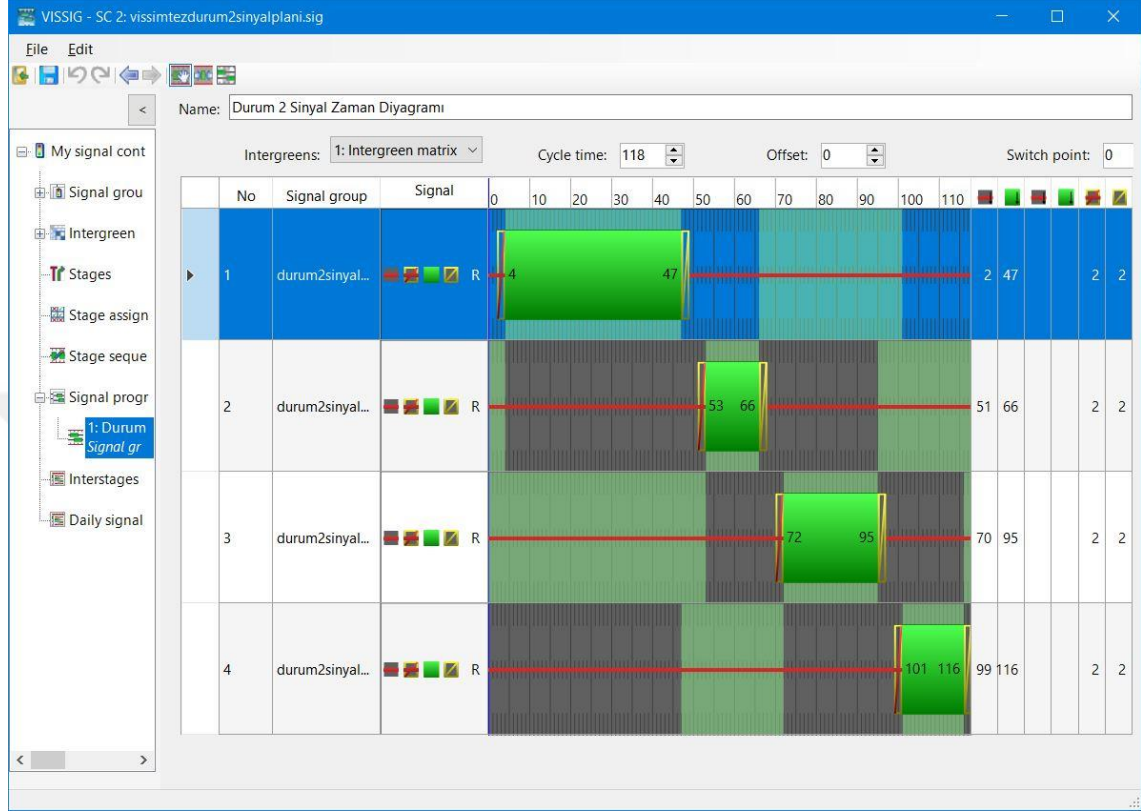
Şekil 4.20. Senaryo 2'ye ait 4 fazlı işletim planı Vissim görselleri; **a)** Faz 1 gösterimi; **b)** Faz 2 gösterimi; **c)** Faz 3 gösterimi; **d)** Faz 4 gösterimi

Kavşak, 1 numaralı yaklaşım kolu Faz 1, 2 numaralı yaklaşım kolu Faz 2, 3 numaralı yaklaşım kolu Faz 3, 4 numaralı yaklaşım kolu Faz 4 olacak şekilde çalışmaktadır. Faz 1 ile, 1 numaralı yaklaşım kolundan gelen araçlara geçiş hakkı verildikten sonra, sırasıyla 2,3 ve 4 numaralı kollardan gelen araçlar geçiş haklarına sahip olmaktadır.

Çizelge 4.41. Senaryo 2'ye ait sinyal planı

Sinyal Grupları	Işık Süreleri (s)															
	2	2	43	2	2	2	13	2	2	2	23	2	2	2	15	2
Grup 1																
Grup 2																
Grup 3																
Grup 4																
Grup 5																
Grup 6																
Grup 7																
Devre Süresi (s)															118	

Çizelge 4.41’de gösterilen, Senaryo 2’ye ait sinyal planında, 1 numaralı akım kolu için yeşil süresi 43 s, 2 numaralı akım kolu için 13 s, 3 numaralı akım kolu için 23 s ve 4 numaralı akım kolu için 15 s’dir. Mevcut durumda 98 s olan devre süresi Senaryo 2’de 118 s olarak ayarlanmıştır (Çizelge 4.41).



Şekil 4.21. Senaryo 2 için Vissim’de oluşturulan sinyal zaman diyagramı

Çizelge 4.42’de Pazartesi sabah trafiği için Senaryo 2’ye ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.42. Senaryo 2 Pazartesi sabah analiz sonuçları

Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	20.62	83.63	C	28.45	21.97	67.26
1-4	20.62	83.63	C	32.18	23.63	66.89
1-1	20.62	83.63	C	27.76	20.90	72.09
1-2	9.69	86.42	A	1.57	0.64	41.58
2-3	26.98	79.51	D	47.88	39.71	89.61
2-4	26.98	79.51	E	56.79	45.82	85.17
2-1	26.98	79.51	E	78.39	64.50	128.70

Çizelge 4.42'nin devamı

3-3	24.13	80.43	D	45.74	38.66	84.36
3-4	18.42	81.29	A	1.37	0.32	28.22
3-1	24.13	80.43	D	51.96	36.42	100.88
3-2	24.13	80.43	D	45.32	38.37	85.35
4-3	6.49	37.61	D	37.81	30.02	73.79
4-4	6.49	37.61	F	0.00	0.00	0.00
4-1	0.00	0.00	A	3.88	0.09	57.99
4-2	6.49	37.61	D	46.79	39.48	83.16
Kavşak	15.19	86.42	C	32.21	23.91	-

Çizelge 4.42'de görüldüğü üzere, Senaryo 2'de Pazartesi günü sabah trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 32.21 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de "C" dir. Çizelge 4.43'te Senaryo 2 için Pazartesi günü sabah trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.43. Senaryo 2 Pazartesi sabah egzoz emisyonları ve yakıt tüketimi

Hareket	CO Emisyonu (g)	NOx Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	687.86	133.83	159.42	9.84
1-4	609.85	118.66	141.34	8.72
1-1	133.77	26.03	31.00	1.91
1-2	32.65	6.35	7.57	0.47
2-3	55.82	10.86	12.94	0.80
2-4	179.24	34.87	41.54	2.56
2-1	467.86	91.03	108.43	6.69
3-3	47.73	9.29	11.06	0.68
3-4	10.74	2.09	2.49	0.15
3-1	951.80	185.18	220.59	13.62
3-2	171.40	33.35	39.72	2.45
4-3	33.51	6.52	7.77	0.48
4-4	0.00	0.00	0.00	0.00
4-1	857.01	166.74	198.62	12.26
4-2	157.39	30.62	36.48	2.25
Kavşak	4255.59	827.98	986.27	60.88

Çizelge 4.43'te görüldüğü üzere, Senaryo 2 için Pazartesi sabah kavşak genelinde CO emisyonu 4255.59 g, NOx emisyonu 827.98 g, VOC emisyonu 986.27 g, yakıt tüketimi değeri ise 60.88 galon'dur.

Çizelge 4.44'te Pazartesi akşam trafiği için Senaryo 2'ye ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.44. Senaryo 2 Pazartesi akşam analiz sonuçları

Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	51.00	160.75	D	36.29	27.34	76.28
1-4	51.00	160.75	D	53.76	36.47	88.76
1-1	51.00	160.75	D	37.38	25.86	82.20
1-2	40.60	163.54	A	6.69	3.26	46.96
2-3	131.04	182.82	F	260.85	227.06	302.59
2-4	131.04	182.82	F	269.54	227.58	297.84
2-1	131.04	182.82	F	315.88	273.25	364.06
3-3	30.61	95.32	E	61.85	53.75	100.66
3-4	24.97	96.17	A	8.37	3.16	35.22
3-1	30.61	95.32	D	52.87	38.07	101.94
3-2	30.61	95.32	E	55.70	47.18	95.94
4-3	38.52	169.88	E	75.74	64.30	111.89
4-4	38.52	169.88	E	67.58	57.53	97.44
4-1	0.00	0.00	B	15.05	8.50	69.32
4-2	38.52	169.88	E	70.42	59.59	106.85
Kavşak	45.25	182.82	E	76.63	60.70	-

Çizelge 4.44'te görüldüğü üzere, Senaryo 2'de Pazartesi günü akşam trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 76.63 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de "E" dir. Çizelge 4.45'te Senaryo 2 için Pazartesi günü akşam trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.45. Senaryo 2 Pazartesi akşam egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri

Hareket	CO Emisyonu (g)	NOx Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	855.82	166.51	198.34	12.24
1-4	1744.70	339.46	404.35	24.96
1-1	143.34	27.89	33.22	2.05
1-2	45.29	8.81	10.50	0.65
2-3	230.29	44.81	53.37	3.29
2-4	1369.05	266.37	317.29	19.59
2-1	1063.64	206.95	246.51	15.22
3-3	52.15	10.15	12.09	0.75
3-4	64.61	12.57	14.97	0.92
3-1	958.36	186.46	222.11	13.71
3-2	312.70	60.84	72.47	4.47
4-3	108.74	21.16	25.20	1.56
4-4	3.82	0.74	0.88	0.05
4-1	721.59	140.39	167.23	10.32
4-2	408.09	79.40	94.58	5.84
Kavşak	8051.78	1566.58	1866.08	115.19

Çizelge 4.45'ta görüldüğü üzere, Senaryo 2 için Pazartesi akşam kavşak genelinde CO emisyonu 8051.78 g, NO_x emisyonu 1566.58 g, VOC emisyonu 1866.08 g, yakıt tüketimi değeri ise 115.19 galon'dur.

Çizelge 4.46'da Çarşamba sabah trafiği için Senaryo 2'ye ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.46. Senaryo 2 Çarşamba sabah analiz sonuçları

Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	21.66	86.00	C	27.07	20.41	65.40
1-4	21.66	86.00	C	29.89	22.92	64.45
1-1	21.66	86.00	C	30.87	23.13	75.27
1-2	13.36	88.79	A	5.09	3.15	44.86
2-3	59.92	132.35	E	77.71	65.79	119.48
2-4	59.92	132.35	F	84.93	69.73	113.55
2-1	59.92	132.35	F	146.73	125.50	197.08
3-3	21.80	81.62	D	43.80	36.97	82.15
3-4	16.74	82.47	A	0.58	0.00	27.32
3-1	21.80	81.62	D	50.04	34.53	99.04
3-2	21.80	81.62	D	43.93	37.59	83.99
4-3	9.88	139.86	D	51.90	43.05	88.32
4-4	9.88	139.86	F	0.00	0.00	0.00
4-1	0.00	0.00	A	4.20	0.42	58.21
4-2	9.88	139.86	D	45.16	37.09	81.73
Kavşak	20.48	139.86	D	40.72	31.50	-

Çizelge 4.46'da görüldüğü üzere, Senaryo 2'de Çarşamba günü sabah trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 40.72 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de "D" dir. Çizelge 4.47'de Senaryo 2 için Çarşamba günü sabah trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.47. Senaryo 2 Çarşamba sabah egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri

Hareket	CO Emisyonu (g)	NO _x Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	794.72	154.62	184.18	11.37
1-4	516.28	100.45	119.65	7.39
1-1	174.46	33.94	40.43	2.50
1-2	72.02	14.01	16.69	1.03

(Devamı arkada)

Çizelge 4.47'nin devamı

2-3	78.56	15.29	18.21	1.12
2-4	196.96	38.32	45.65	2.82
2-1	816.43	158.85	189.22	11.68
3-3	33.98	6.61	7.88	0.49
3-4	11.90	2.31	2.76	0.17
3-1	953.78	185.57	221.05	13.64
3-2	142.21	27.67	32.96	2.03
4-3	70.35	13.69	16.30	1.01
4-4	0.00	0.00	0.00	0.00
4-1	711.55	138.44	164.91	10.18
4-2	192.85	37.52	44.69	2.76
Kavşak	4651.61	905.04	1078.06	66.55

Çizelge 4.47'de görüldüğü üzere, Senaryo 2 için Çarşamba sabah kavşak genelinde CO emisyonu 4651.61 g, NOx emisyonu 905.04 g, VOC emisyonu 1078.06 g, yakıt tüketimi değeri ise 66.55 galon'dur.

Çizelge 4.48'de Çarşamba akşam trafiği için Senaryo 2'ye ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.48. Senaryo 2 Çarşamba akşam analiz sonuçları

Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	42.35	126.49	C	29.68	21.48	69.21
1-4	42.35	126.49	D	42.92	28.69	77.80
1-1	42.35	126.49	D	38.09	29.09	82.64
1-2	26.73	129.28	A	2.83	1.38	42.96
2-3	64.19	134.79	F	137.10	119.83	179.01
2-4	64.19	134.79	F	142.89	120.00	171.37
2-1	64.19	134.79	F	147.27	125.87	197.23
3-3	27.00	88.44	D	43.13	34.86	82.23
3-4	22.51	89.29	A	5.96	1.54	33.42
3-1	27.00	88.44	D	53.49	38.41	102.80
3-2	27.00	88.44	D	46.14	38.33	86.36
4-3	22.25	168.35	E	63.09	52.70	99.22
4-4	22.25	168.35	E	62.40	53.29	91.74
4-1	0.00	0.00	A	8.08	3.19	62.01
4-2	22.25	168.35	D	54.74	45.71	91.17
Kavşak	29.29	168.35	D	52.47	40.38	-

Çizelge 4.48’de görüldüğü üzere, Senaryo 2’de Çarşamba günü akşam trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 52.47 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de “D” dir. Çizelge 4.49’da Senaryo 2 için Çarşamba günü akşam trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.49. Senaryo 2 Çarşamba akşam egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri

Hareket	CO Emisyonu (g)	NOx Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	794.09	154.50	184.04	11.36
1-4	1346.99	262.07	312.18	19.27
1-1	160.44	31.21	37.18	2.30
1-2	31.17	6.06	7.22	0.45
2-3	126.11	24.54	29.23	1.80
2-4	836.79	162.81	193.93	11.97
2-1	571.79	111.25	132.52	8.18
3-3	77.31	15.04	17.92	1.11
3-4	37.73	7.34	8.74	0.54
3-1	961.38	187.05	222.81	13.75
3-2	230.31	44.81	53.38	3.29
4-3	91.82	17.87	21.28	1.31
4-4	7.34	1.43	1.70	0.10
4-1	613.27	119.32	142.13	8.77
4-2	345.88	67.30	80.16	4.95
Kavşak	6123.16	1191.34	1419.10	87.60

Çizelge 4.49’da görüldüğü üzere, Senaryo 2 için Çarşamba akşam kavşak genelinde CO emisyonu 6123.16 g, NOx emisyonu 1191.34 g, VOC emisyonu 1419.10 g, yakıt tüketimi değeri ise 87.60 galon’dur.

Çizelge 4.50’de Cuma sabah trafiği için Senaryo 2’ye ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.50. Senaryo 2 Cuma sabah analiz sonuçları

Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	22.35	87.44	C	29.69	22.75	68.25
1-4	22.35	87.44	C	28.61	21.34	63.29
1-1	22.35	87.44	C	29.98	22.31	74.22
1-2	12.58	90.23	A	3.29	2.08	43.11

(Devamı arkada)

Çizelge 4.50'nin devamı

2-3	70.60	141.00	E	78.22	67.14	119.90
2-4	70.60	141.00	F	88.84	72.92	117.40
2-1	70.60	141.00	F	172.89	146.57	222.97
3-3	39.44	109.35	E	62.91	53.08	102.32
3-4	34.17	110.20	C	24.53	19.78	51.51
3-1	39.44	109.35	E	62.13	43.67	111.41
3-2	39.44	109.35	E	60.27	50.67	100.67
4-3	8.96	126.42	D	47.12	39.23	83.22
4-4	8.96	126.42	F	0.00	0.00	0.00
4-1	0.01	11.42	A	5.25	0.31	59.43
4-2	8.96	126.42	D	49.57	42.09	85.85
Kavşak	26.87	141.00	D	44.66	34.12	-

Çizelge 4.50'de görüldüğü üzere, Senaryo 2'de Cuma günü sabah trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 44.66 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de "D" dir. Çizelge 4.51'de Senaryo 2 için Cuma günü sabah trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.51. Senaryo 2 Cuma sabah egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri

Hareket	CO Emisyonu (g)	NOx Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	848.88	165.16	196.74	12.14
1-4	511.71	99.56	118.59	7.32
1-1	219.22	42.65	50.81	3.14
1-2	30.25	5.89	7.01	0.43
2-3	52.41	10.20	12.15	0.75
2-4	296.74	57.73	68.77	4.25
2-1	857.78	166.89	198.80	12.27
3-3	25.32	4.93	5.87	0.36
3-4	5.13	0.10	1.19	0.07
3-1	1276.50	248.36	295.84	18.26
3-2	356.60	69.38	82.64	5.10
4-3	75.22	14.63	17.43	1.08
4-4	0.00	0.00	0.00	0.00
4-1	994.53	193.50	230.49	14.23
4-2	169.56	32.99	39.30	2.43
Kavşak	5590.85	1087.78	1295.73	79.98

Çizelge 4.51'de görüldüğü üzere, Senaryo 2 için Cuma sabah kavşak genelinde CO emisyonu 5590.85 g, NOx emisyonu 1087.78 g, VOC emisyonu 1295.73 g, yakıt tüketimi değeri ise 79.98 galon'dur.

Çizelge 4.52’de Cuma akşam trafiği için Senaryo 2’ye ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.52. Senaryo 2 Cuma akşam analiz sonuçları

Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	35.65	128.19	C	30.23	22.52	69.42
1-4	35.65	128.19	D	41.55	27.27	76.49
1-1	35.65	128.19	C	34.25	25.13	79.14
1-2	22.80	130.98	A	1.08	0,05	40.94
2-3	22.55	73.90	F	81.60	71.20	123.44
2-4	22.55	73.90	E	67.73	52.46	96.27
2-1	22.55	73.90	E	60.02	50.22	109.37
3-3	31.26	96.23	D	54.74	45.48	93.39
3-4	26.59	97.08	A	7.21	2.81	34.42
3-1	31.26	96.23	E	55.57	39.63	104.56
3-2	31.26	96.23	D	51.11	42.76	91.23
4-3	15.42	173.67	E	56.51	47.07	92.59
4-4	15.42	173.67	E	64.35	54.92	93.67
4-1	0.00	0.00	A	5.14	0.93	59.05
4-2	15.42	173.67	D	51.96	43.34	88.39
Kavşak	22.04	173.67	D	39.45	28.58	-

Çizelge 4.52’de görüldüğü üzere, Senaryo 2’de Cuma günü akşam trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 39.45 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de “D” dir. Çizelge 4.53’de Senaryo 2 için Cuma günü akşam trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.53. Senaryo 2 Cuma akşam egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri

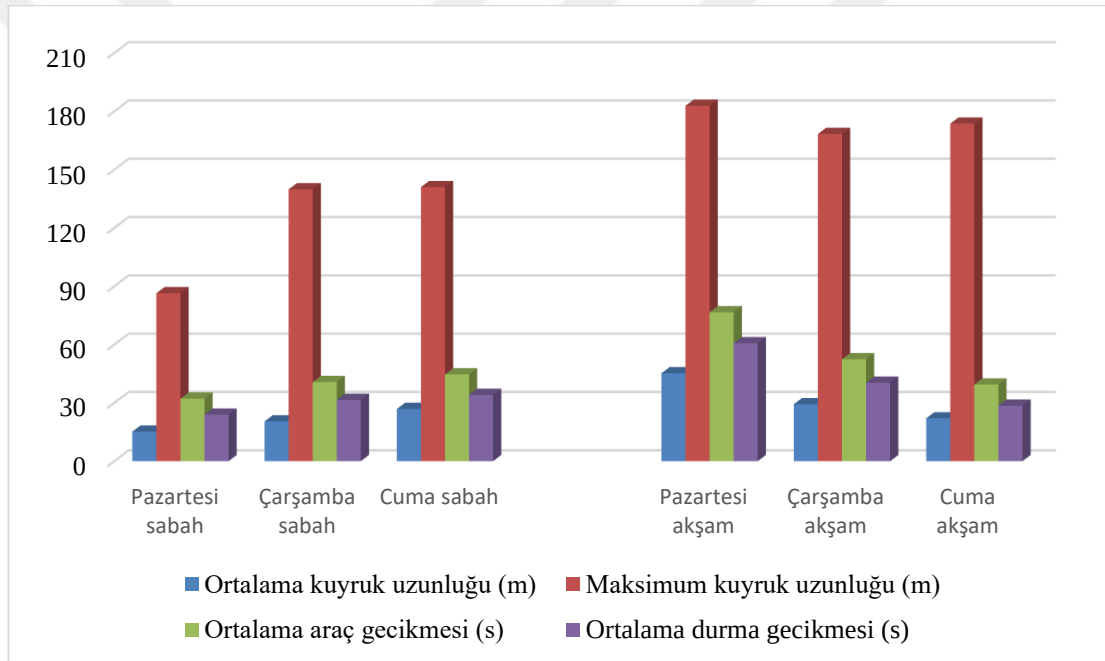
Hareket	CO Emisyonu (g)	NOx Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	705.70	137.30	163.55	10.10
1-4	1345.11	261.71	311.74	19.24
1-1	157.52	30.65	36.51	2.25
1-2	25.75	5.01	5.97	0.37
2-3	83.81	16.31	19.42	1.20
2-4	478.48	93.10	110.89	6.85
2-1	98.23	19.11	22.77	1.41
3-3	86.43	16.82	20.03	1.24

(Devamı arkada)

Çizelge 4.53'ün devamı

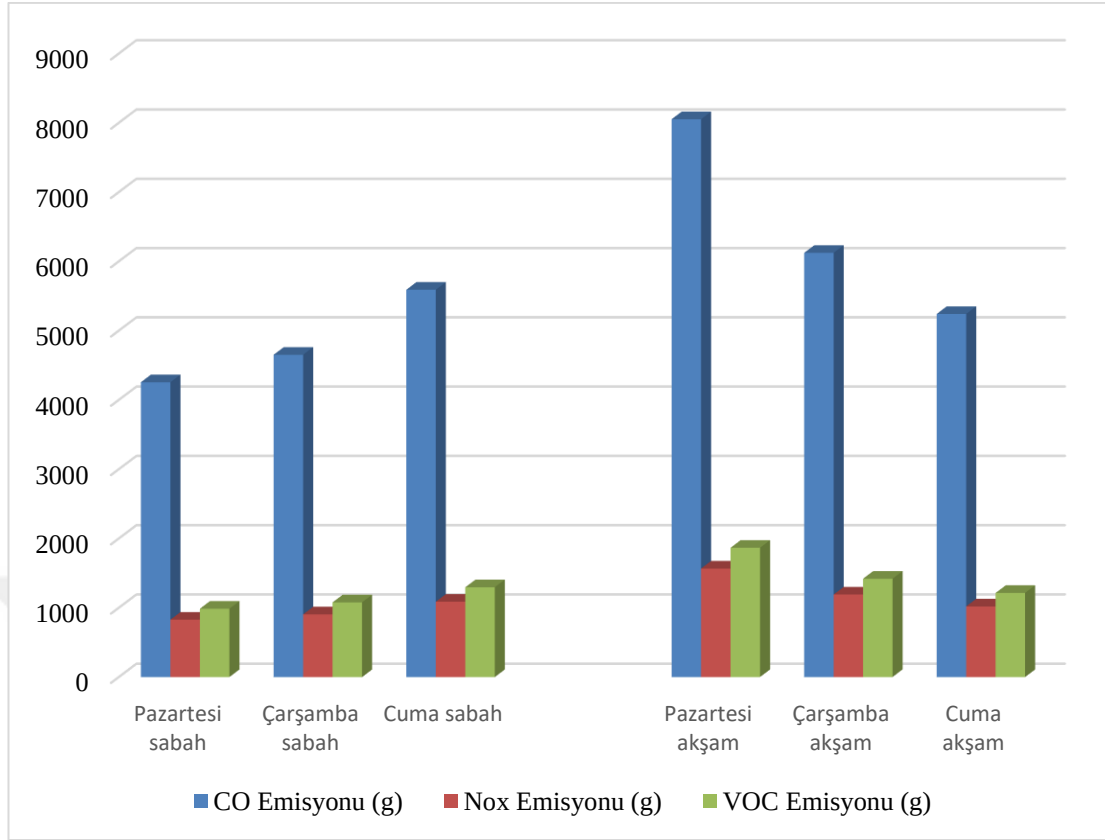
3-4	25.73	5.01	5.96	0.37
3-1	1165.86	226.83	270.20	16.68
3-2	195.26	37.99	45.25	2.79
4-3	82.84	16.12	19.20	1.19
4-4	7.45	1.45	1.73	0.11
4-1	635.41	123.63	147.26	9.09
4-2	282.25	54.92	65.41	4.04
Kavşak	5240.84	1019.68	1214.61	74.98

Çizelge 4.53'te görüldüğü üzere, Senaryo 2 için Cuma akşam kavşak genelinde CO emisyonu 5240.84 g, NOx emisyonu 1019.68 g, VOC emisyonu 1214.61 g, yakıt tüketimi değeri ise 74.98 galon'dur.



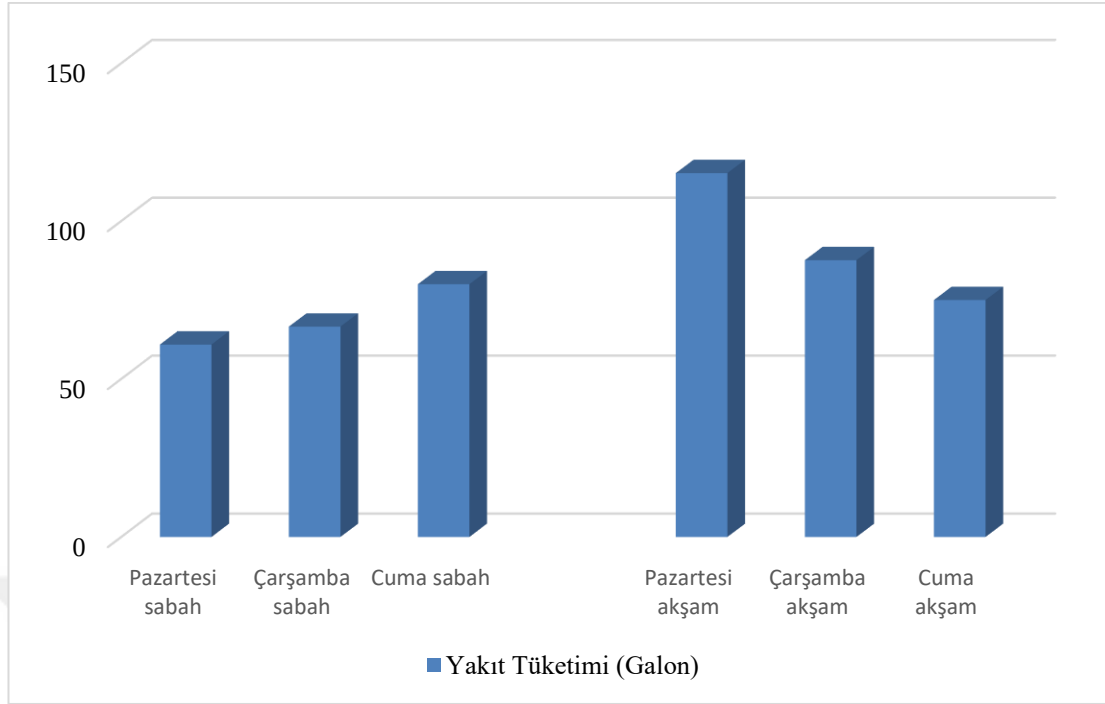
Şekil 4.22. Senaryo 2 analiz sonuçlarının günler, vakitler ve performans parametreleri bakımından karşılaştırılması

Şekil 4.22'de, Senaryo 2 için yapılan analiz sonuçlarına göre, maksimum kuyruk uzunluğunda 182.82 m, ortalama kuyruk uzunluğunda 45.25 m, ortalama araç gecikmesinde 76.63 s ve ortalama durma gecikmesinde 60.70 s ile en yüksek değerlere sahip durumun Pazartesi akşam olduğu görülmektedir. Pazartesi sabah, 86.42 m maksimum kuyruk uzunluğu, 15.19 m ortalama kuyruk uzunluğu, 32.21 s ortalama araç gecikmesi ve 23.91 s ortalama durma gecikmesi ile analizler içerisinde en düşük değerlere sahiptir (Şekil 4.22). Ayrıca, sabah ve akşam analiz sonuçlarına bakıldığında, akşam vakitlerindeki gecikme ve kuyruk uzunluğu değerlerinin sabah vakitlerindeki değerlere göre yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 4.23. Senaryo 2 analiz sonuçlarının günler, vakitler ve egzoz emisyonları bakımından karşılaştırılması

Şekil 4.23'te Senaryo 2 analiz sonuçlarına göre CO, NOx ve VOC emisyonları karşılaştırılması yapılmıştır. Analiz sonuçları karşılaştırıldığında, akşam vakitlerindeki trafiğin sabahlara göre daha yüksek egzoz emisyonu oluşturulduğu görülmektedir. Emisyonun en fazla meydana geldiği durum CO için 8051.78 g, NOx için 1566.58 g, VOC için 1866.08 g değerleri ile Pazartesi akşam, en az meydana geldiği durum ise CO için 4255.59 g, NOx için 827.98 g, VOC için 986.27 g değerleri ile Pazartesi sabah olarak görülmektedir. Sabah vakitleri arasında karşılaştırma yapıldığında en fazla emisyonun CO için 5590.85 g, NOx için 1087.78 g, VOC için 1078.06 g değerleri ile Cuma sabah meydana geldiği görülmektedir. Akşam vakitleri analiz sonuçları karşılaştırıldığında ise Pazartesi akşam durumunun CO için 8051.78 g, NOx için 1566.58 g, VOC için 1866.08 g değerleri ile en fazla emisyonu sebep olduğu görülmektedir (Şekil 4.23).

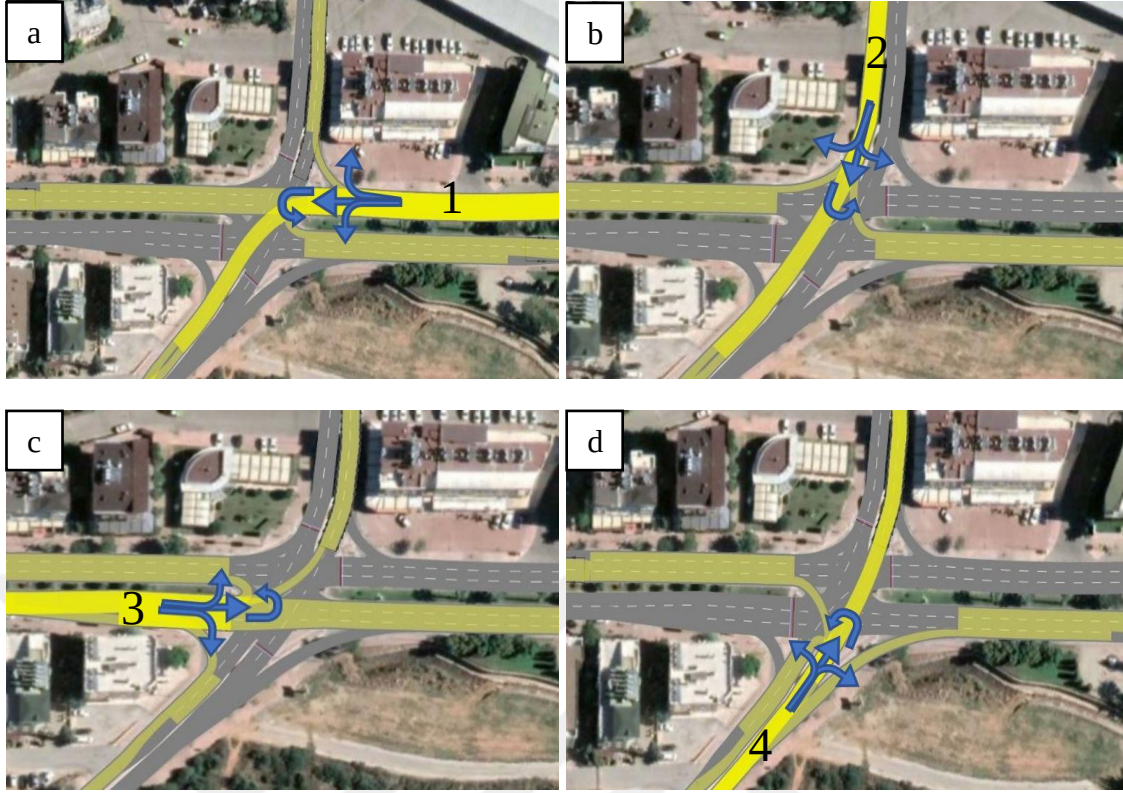


Şekil 4.24. Senaryo 2 analiz sonuçlarının günler, vakitler ve yakıt tüketimleri bakımından karşılaştırılması

Şekil 4.24'te Senaryo 2 analiz sonuçlarının günlere, vakitlere ve yakıt tüketimlerine göre karşılaştırma grafiği gösterilmiştir. Sabah analizleri arasında kıyaslama yapıldığında 79.98 galon değeri ile Cuma sabah durumunun, en fazla yakıt tüketimine sebep olan durum olduğu görülmektedir. Bu kıyaslama akşam analizleri arasında yapıldığında ise Pazartesi akşam durumunun, 115.19 galon değeri ile en fazla yakıt tüketimine sebep olduğu görülmektedir. Tüm günler ve vakitler göz önüne alındığında, Senaryo 2 analiz sonuçlarına göre, en fazla yakıt tüketimine sebep olan gün ve vakit 115.19 galon değeri ile Pazartesi akşam durumudur. Akşam ve sabah vakitleri karşılaştırıldığında ise akşam vakitleri yakıt tüketimlerinin sabahlara göre daha fazla olduğu görülmektedir (Şekil 4.24).

4.4.1.3. Senaryo 3

Senaryo 3; 2 numaralı trafik akım koluna ait yeşil sinyal süresinin 4 s uzatılması ile oluşturulmuştur. Şekil 4.25'te, çalışılan kavşağa ait 4 fazlı işletim planı için Vissim görselleri gösterilmiştir. Senaryo 3'e ait sinyal planı Çizelge 4.54'te, Vissim'de oluşturulan sinyal zaman diyagramı Şekil 4.26'da gösterilmiştir.



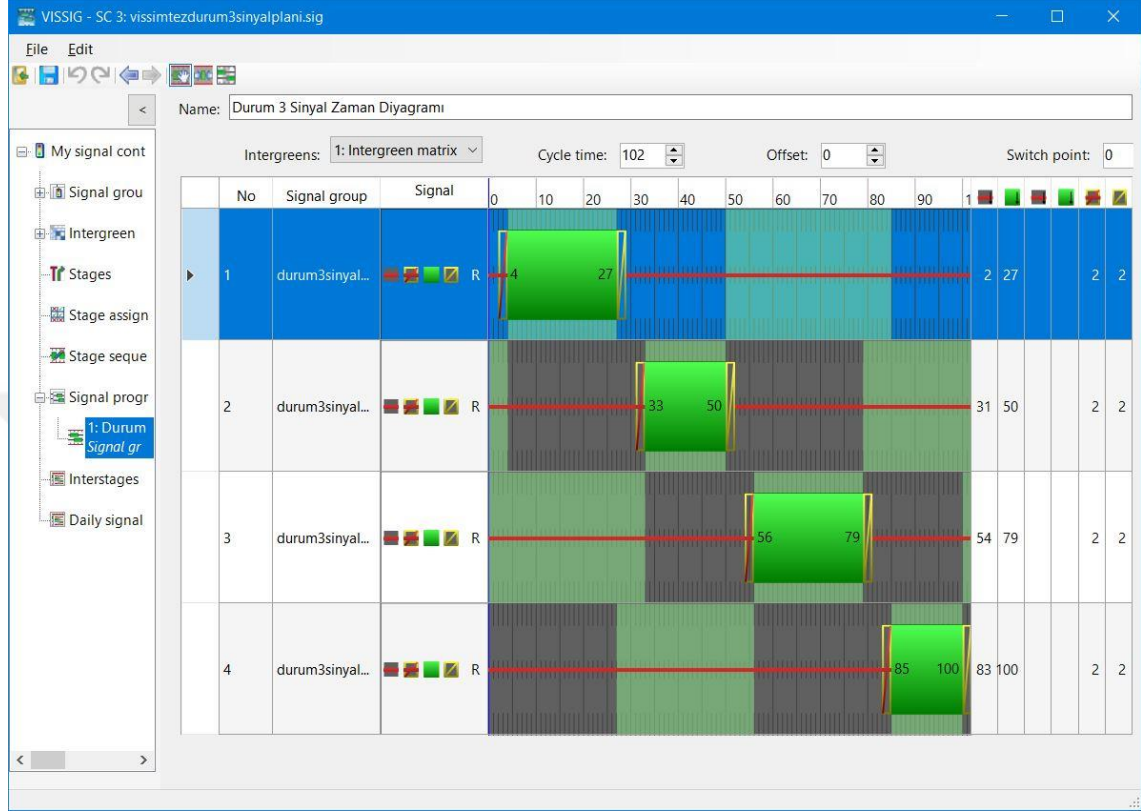
Şekil 4.25. Senaryo 3'e ait 4 fazlı işletim planı Vissim görselleri; **a)** Faz 1 gösterimi; **b)** Faz 2 gösterimi; **c)** Faz 3 gösterimi; **d)** Faz 4 gösterimi

Kavşak, 1 numaralı yaklaşım kolu Faz 1, 2 numaralı yaklaşım kolu Faz 2, 3 numaralı yaklaşım kolu Faz 3, 4 numaralı yaklaşım kolu Faz 4 olacak şekilde çalışmaktadır. Faz 1 ile, 1 numaralı yaklaşım kolundan gelen araçlara geçiş hakkı verildikten sonra, sırasıyla 2,3 ve 4 numaralı kollardan gelen araçlar geçiş haklarına sahip olmaktadır.

Çizelge 4.54. Senaryo 3'e ait sinyal planı

Sinyal Grupları	Işık Süreleri (s)															
	2	2	23	2	2	2	17	2	2	2	23	2	2	2	15	2
Grup 1																
Grup 2																
Grup 3																
Grup 4																
Grup 5																
Grup 6																
Grup 7																
Devre Süresi (s)															102	

Çizelge 4.54’te, Senaryo 3’e ait sinyal planında, 1 numaralı akım kolu için yeşil süresi 23 s, 2 numaralı akım kolu için 17 s, 3 numaralı akım kolu için 23 s ve 4 numaralı akım kolu için 15 s olarak belirlenmiştir. Mevcut durumda 98 s olan devre süresi Senaryo 3’te 102 s olarak ayarlanmıştır (Çizelge 4.54).



Şekil 4.26. Senaryo 3 için Vissim’de oluşturulan sinyal zaman diyagramı

Çizelge 4.55’te Pazartesi sabah trafiği için Senaryo 3’e ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.55. Senaryo 3 Pazartesi sabah analiz sonuçları

Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	27.71	89.14	D	36.89	29.01	75.98
1-4	27.71	89.14	D	42.06	32.04	76.75
1-1	27.71	89.14	D	37.89	29.22	82.08
1-2	13.11	82.37	A	1.50	0.20	41.48
2-3	13.28	65.65	C	34.87	27.36	76.69
2-4	13.28	65.65	C	34.27	24.85	62.65
2-1	13.28	65.65	D	40.09	29.48	90.42

Çizelge 4.55'in devamı

3-3	17.85	61.61	D	38.20	31.42	77.01
3-4	12.62	62.46	A	0.56	0.00	27.44
3-1	17.85	61.61	D	40.91	26.88	89.87
3-2	17.85	61.61	C	31.11	25.29	71.12
4-3	6.03	30.38	D	44.43	36.71	80.41
4-4	6.03	30.38	F	0.00	0.00	0.00
4-1	0.00	0.00	A	3.98	0.14	58.08
4-2	6.03	30.38	D	42.48	35.19	78.77
Kavşak	12.94	89.14	C	28.62	20.46	-

Çizelge 4.55'te görüldüğü üzere, Senaryo 3'te Pazartesi günü sabah trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 28.62 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de "C" dir. Çizelge 4.56'da Senaryo 3 için Pazartesi günü sabah trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.56. Senaryo 3 Pazartesi sabah egzoz emisyonları ve yakıt tüketimi

Hareket	CO Emisyonu (g)	NOx Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	771.34	150.08	178.77	11.03
1-4	673.94	131.12	156.19	9.64
1-1	149.69	29.12	34.69	2.14
1-2	32.79	6.38	7.60	0.47
2-3	49.55	9.64	11.48	0.71
2-4	142.18	27.66	32.95	2.03
2-1	367.28	71.46	85.12	5.25
3-3	47.65	9.27	11.04	0.68
3-4	10.30	2.00	2.39	0.15
3-1	885.58	172.30	205.24	12.67
3-2	151.17	29.41	35.04	2.16
4-3	35.12	6.83	8.14	0.50
4-4	0.00	0.00	0.00	0.00
4-1	858.81	167.09	199.04	12.29
4-2	153.82	29.93	35.65	2.20
Kavşak	4148.10	807.07	961.36	59.34

Çizelge 4.56'da görüldüğü üzere, Senaryo 3 için Pazartesi sabah kavşak genelinde CO emisyonu 4148.10 g, NOx emisyonu 807.07 g, VOC emisyonu 961.36 g, yakıt tüketimi değeri ise 59.34 galon'dur.

Çizelge 4.57’de Pazartesi akşam trafiği için Senaryo 3’e ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.57. Senaryo 3 Pazartesi akşam analiz sonuçları

Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	292.26	358.57	F	320.74	242.25	360.87
1-4	292.26	358.57	F	389.39	295.70	423.41
1-1	292.26	358.57	F	390.50	302.73	435.05
1-2	294.95	361.36	F	268.78	192.85	307.75
2-3	24.05	80.34	D	45.17	35.83	87.09
2-4	24.05	80.34	E	56.38	39.11	84.93
2-1	24.05	80.34	D	54.31	41.65	104.36
3-3	20.79	70.91	C	26.04	19.15	64.89
3-4	16.42	71.76	A	9.95	4.97	36.79
3-1	20.79	70.91	D	41.92	27.97	91.01
3-2	20.79	70.91	C	33.98	27.00	74.08
4-3	22.04	173.66	E	55.92	45.81	92.06
4-4	22.04	173.66	E	63.56	54.58	93.43
4-1	0.00	0.00	A	8.05	3.05	62.09
4-2	22.04	173.66	D	50.40	41.55	86.79
Kavşak	95.79	361.36	F	145.29	109.05	-

Çizelge 4.57’de görüldüğü üzere, Senaryo 3’te Pazartesi günü akşam trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 145.29 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de “F” dir. Çizelge 4.58’de Senaryo 3 için Pazartesi günü akşam trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.58. Senaryo 3 Pazartesi akşam egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri

Hareket	CO Emisyonu (g)	NOx Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	3847.98	748.68	891.81	55.05
1-4	5640.65	1097.47	1307.28	80.70
1-1	413.48	80.45	95.83	5.92
1-2	192.78	37.51	44.68	2.76
2-3	88.38	17.20	20.48	1.26
2-4	513.38	99.88	118.98	7.34
2-1	404.87	78.77	93.83	5.79
3-3	39.97	7.78	9.26	0.57
3-4	62.27	12.12	14.43	0.89

Çizelge 4.58'in devamı

3-1	897.31	174.58	207.96	12.84
3-2	261.14	50.81	60.52	3.74
4-3	90.18	17.55	20.90	1.29
4-4	3.70	0.72	0.86	0.05
4-1	661.56	128.72	153.32	9.46
4-2	344.38	67.00	79.81	4.93
Kavşak	12049.54	2344.40	2792.60	172.38

Çizelge 4.58'de görüldüğü üzere, Senaryo 3 için Pazartesi akşam kavşak genelinde CO emisyonu 12049.54 g, NOx emisyonu 2344.40 g, VOC emisyonu 2792.60 g, yakıt tüketimi değeri ise 172.38 galon'dur.

Çizelge 4.59'da Çarşamba sabah trafiği için Senaryo 3'e ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.59. Senaryo 3 Çarşamba sabah analiz sonuçları

Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	28.71	88.41	D	37.04	28.69	75.96
1-4	28.71	88.41	D	40.53	30.84	75.20
1-1	28.71	88.41	D	43.62	33.82	88.30
1-2	20.69	91.20	A	4.81	3.02	44.58
2-3	18.41	76.95	D	35.89	29.07	77.86
2-4	18.41	76.95	D	41.07	31.85	69.67
2-1	18.41	76.95	D	45.25	33.88	95.43
3-3	18.31	75.41	D	38.05	31.61	77.03
3-4	12.38	76.26	A	0.77	0.00	27.61
3-1	18.31	75.41	D	41.75	27.43	90.87
3-2	18.31	75.41	D	40.21	33.81	80.12
4-3	8.31	131.36	D	39.77	31.12	76.21
4-4	8.31	131.36	F	0.00	0.00	0.00
4-1	0.00	0.00	A	4.26	0.37	58.22
4-2	8.31	131.36	D	40.90	33.18	77.66
Kavşak	15.26	131.36	C	31.07	22.51	-

Çizelge 4.59'da görüldüğü üzere, Senaryo 3'te Çarşamba günü sabah trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 31.07 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de "C" dir. Çizelge 4.60'ta Senaryo 3 için Çarşamba günü sabah trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.60. Senaryo 3 Çarşamba sabah egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri

Hareket	CO Emisyonu (g)	NOx Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	904.75	176.03	209.68	12.94
1-4	566.71	110.26	131.34	8.11
1-1	194.92	37.92	45.17	2.79
1-2	71.79	13.97	16.64	1.03
2-3	56.27	10.95	13.04	0.80
2-4	129.07	25.11	29.91	1.85
2-1	476.50	92.71	110.43	6.82
3-3	34.75	6.76	8.05	0.50
3-4	11.94	2.32	2.77	0.17
3-1	898.41	174.80	208.21	12.85
3-2	138.61	26.97	32.12	1.98
4-3	63.13	12.28	14.63	0.90
4-4	0.00	0.00	0.00	0.00
4-1	712.19	138.57	165.06	10.19
4-2	187.99	36.58	43.57	2.69
Kavşak	4253.57	827.59	985.81	60.85

Çizelge 4.60'ta görüldüğü üzere, Senaryo 3 için Çarşamba sabah kavşak genelinde CO emisyonu 4253.57 g, NOx emisyonu 827.59 g, VOC emisyonu 985.81 g, yakıt tüketimi değeri ise 60.85 galon'dur.

Çizelge 4.61'de Çarşamba akşam trafiği için Senaryo 3'e ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.61. Senaryo 3 Çarşamba akşam analiz sonuçları

Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	272.72	357.84	F	305.71	231.30	346.29
1-4	272.72	357.84	F	363.36	274.53	398.15
1-1	272.72	357.84	F	353.16	269.63	400.02
1-2	275.35	360.63	F	229.72	158.48	269.48
2-3	20.41	79.64	D	40.23	31.32	82.15
2-4	20.41	79.64	D	50.65	36.43	79.19
2-1	20.41	79.64	D	43.60	32.26	93.52
3-3	20.81	74.52	D	35.24	28.03	74.27

Çizelge 4.61'in devamı

3-4	16.35	75.37	A	3.75	0.65	31.08
3-1	20.81	74.52	D	40.88	27.19	90.42
3-2	20.81	74.52	D	36.57	29.56	77.01
4-3	17.26	168.49	E	55.96	46.22	92.10
4-4	17.26	168.49	C	25.67	17.90	54.96
4-1	0.00	0.00	A	6.07	1.63	60.00
4-2	17.26	168.49	D	44.97	36.53	81.34
Kavşak	88.99	360.63	F	137.15	102.60	-

Çizelge 4.61'de görüldüğü üzere, Senaryo 3'te Çarşamba günü akşam trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 137.15 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de "F" dir. Çizelge 4.62'de Senaryo 3 için Çarşamba günü akşam trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.62. Senaryo 3 Çarşamba akşam egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri

Hareket	CO Emisyonu (g)	NOx Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	3919.75	762.64	908.44	56.08
1-4	4874.24	948.35	1129.65	69.73
1-1	399.58	77.74	92.61	5.72
1-2	121.88	23.71	28.25	1.74
2-3	68.72	13.37	15.93	0.98
2-4	450.89	87.73	104.50	6.45
2-1	312.31	60.76	72.38	4.47
3-3	73.75	14.35	17.09	1.06
3-4	34.71	6.75	8.04	0.50
3-1	879.94	171.20	203.93	12.59
3-2	212.21	41.29	49.18	3.04
4-3	84.68	16.48	19.63	1.21
4-4	4.96	0.96	1.15	0.07
4-1	599.77	116.69	139.00	8.58
4-2	317.63	61.80	73.61	4.54
Kavşak	10982.98	2136.89	2545.41	157.12

Çizelge 4.62'de görüldüğü üzere, Senaryo 3 için Çarşamba akşam kavşak genelinde CO emisyonu 10982.98 g, NOx emisyonu 2136.89 g, VOC emisyonu 2545.41 g, yakıt tüketimi değeri ise 157.12 galon'dur.

Çizelge 4.63'te Cuma sabah trafiği için Senaryo 3'e ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.63. Senaryo 3 Cuma sabah analiz sonuçları

Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	34.52	97.19	D	37.79	29.16	76.82
1-4	34.52	97.19	D	48.27	37.10	82.91
1-1	34.52	97.19	D	51.33	40.22	96.08
1-2	26.57	99.98	A	3.02	1.58	42.87
2-3	21.26	85.87	D	35.46	28.42	77.16
2-4	21.26	85.87	D	43.29	32.98	71.89
2-1	21.26	85.87	D	51.02	38.68	101.29
3-3	27.23	95.79	D	38.62	30.53	78.17
3-4	20.38	96.64	A	2.79	0.00	29.71
3-1	27.23	95.79	D	45.73	29.92	95.13
3-2	27.23	95.79	D	38.14	30.38	78.51
4-3	6.20	35.72	D	35.60	28.29	71.74
4-4	6.20	35.72	F	0.00	0.00	0.00
4-1	0.00	0.00	A	4.24	0.06	58.45
4-2	6.20	35.72	D	38.98	31.99	75.16
Kavşak	19.45	99.98	C	32.50	23.27	-

Çizelge 4.63'te görüldüğü üzere, Senaryo 3'te Cuma günü sabah trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 32.50 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de "C" dir. Çizelge 4.64'te Senaryo 3 için Cuma günü sabah trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.64. Senaryo 3 Cuma sabah egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri

Hareket	CO Emisyonu (g)	NOx Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	950.34	184.90	220.25	13.60
1-4	625.16	121.63	144.89	8.94
1-1	261.50	50.88	60.61	3.74
1-2	30.15	5.87	6.99	0.43
2-3	40.09	7.80	9.29	0.57
2-4	202.47	39.39	46.93	2.90
2-1	477.00	92.81	110.55	6.82
3-3	20.12	3.91	4.66	0.29
3-4	3.31	0.64	0.77	0.05
3-1	1138.00	221.41	263.74	16.28
3-2	296.18	57.63	68.64	4.24
4-3	65.79	12.80	15.25	0.94
4-4	0.00	0.00	0.00	0.00
4-1	973.98	189.50	225.73	13.93
4-2	152.44	29.66	35.33	2.18
Kavşak	5014.24	975.59	1162.10	71.73

Çizelge 4.64'te görüldüğü üzere, Senaryo 3 için Cuma sabah kavşak genelinde CO emisyonu 5014.24 g, NOx emisyonu 975.59 g, VOC emisyonu 1162.10 g, yakıt tüketimi değeri ise 71.73 galon'dur.

Çizelge 4.65'te Cuma akşam trafiği için Senaryo 3'e ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.65. Senaryo 3 Cuma akşam analiz sonuçları

Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	212.67	353.50	F	222.91	168.62	264.98
1-4	212.67	353.50	F	273.36	207.81	308.34
1-1	212.67	353.50	F	280.88	220.80	327.84
1-2	211.70	356.28	F	194.35	137.48	229.02
2-3	13.60	60.41	C	34.94	26.57	76.83
2-4	13.60	60.41	D	51.88	35.38	80.42
2-1	13.60	60.41	C	33.45	25.37	82.65
3-3	23.72	84.24	D	37.53	29.13	76.09
3-4	18.12	85.10	A	8.48	2.40	35.69
3-1	23.72	84.24	D	45.04	30.49	94.09
3-2	23.72	84.24	C	33.35	26.42	73.67
4-3	10.19	135.98	D	50.13	41.76	86.24
4-4	10.19	135.98	C	26.95	19.09	56.28
4-1	0.00	0.00	A	3.77	0.20	57.66
4-2	10.19	135.98	D	42.93	35.27	79.40
Kavşak	70.00	356.28	F	112.59	84.21	-

Çizelge 4.65'te görüldüğü üzere, Senaryo 3'te Cuma günü akşam trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 112.59 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de "F" dir. Çizelge 4.66'da Senaryo 3 için Cuma günü akşam trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.66. Senaryo 3 Cuma akşam egzoz emisyonları ve yakıt tüketimi

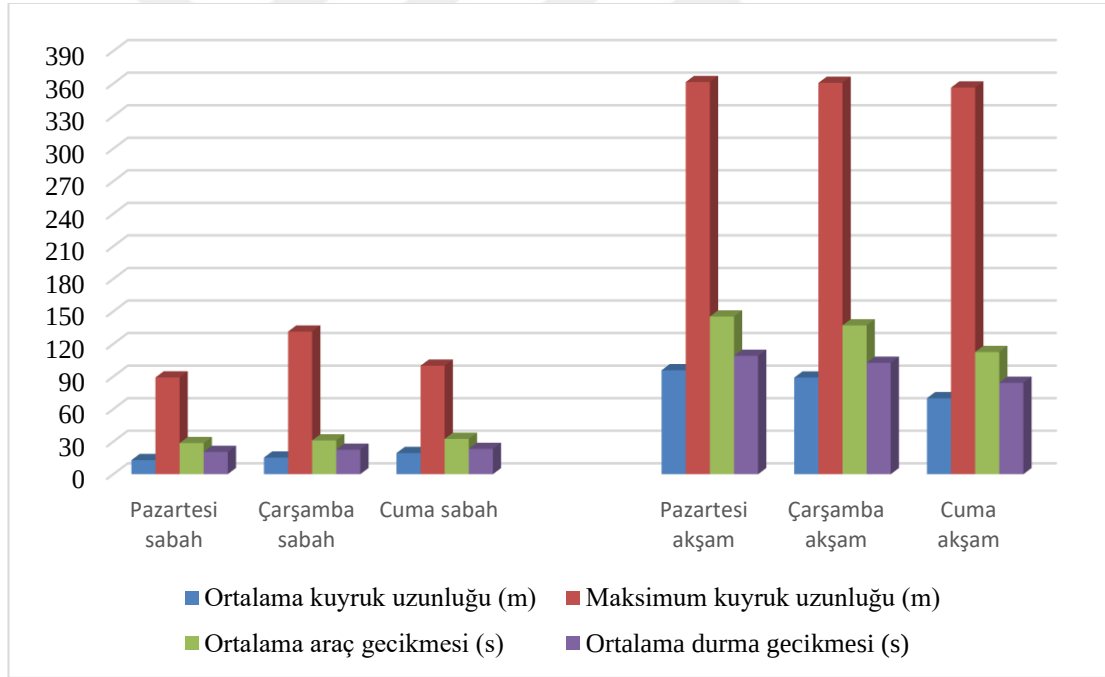
Hareket	CO Emisyonu (g)	NOx Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	2722.00	529.60	630.85	38.94
1-4	4081.28	794.07	945.88	58.39
1-1	429.36	83.54	99.51	6.14
1-2	97.01	18.87	22.48	1.39

(Devamı arkada)

Çizelge 4.66'nın devamı

2-3	57.80	11.25	13.40	0.83
2-4	506.04	98.46	117.28	7.24
2-1	82.94	16.14	19.22	1.19
3-3	74.40	14.48	17.24	1.06
3-4	30.08	5.85	6.97	0.43
3-1	1085.01	211.10	251.46	15.52
3-2	169.99	33.07	39.40	2.43
4-3	76.15	14.82	17.65	1.09
4-4	5.03	0.98	1.17	0.07
4-1	621.46	120.91	144.03	8.89
4-2	258.79	50.35	59.98	3.70
Kavşak	9458.29	1840.24	2192.05	135.31

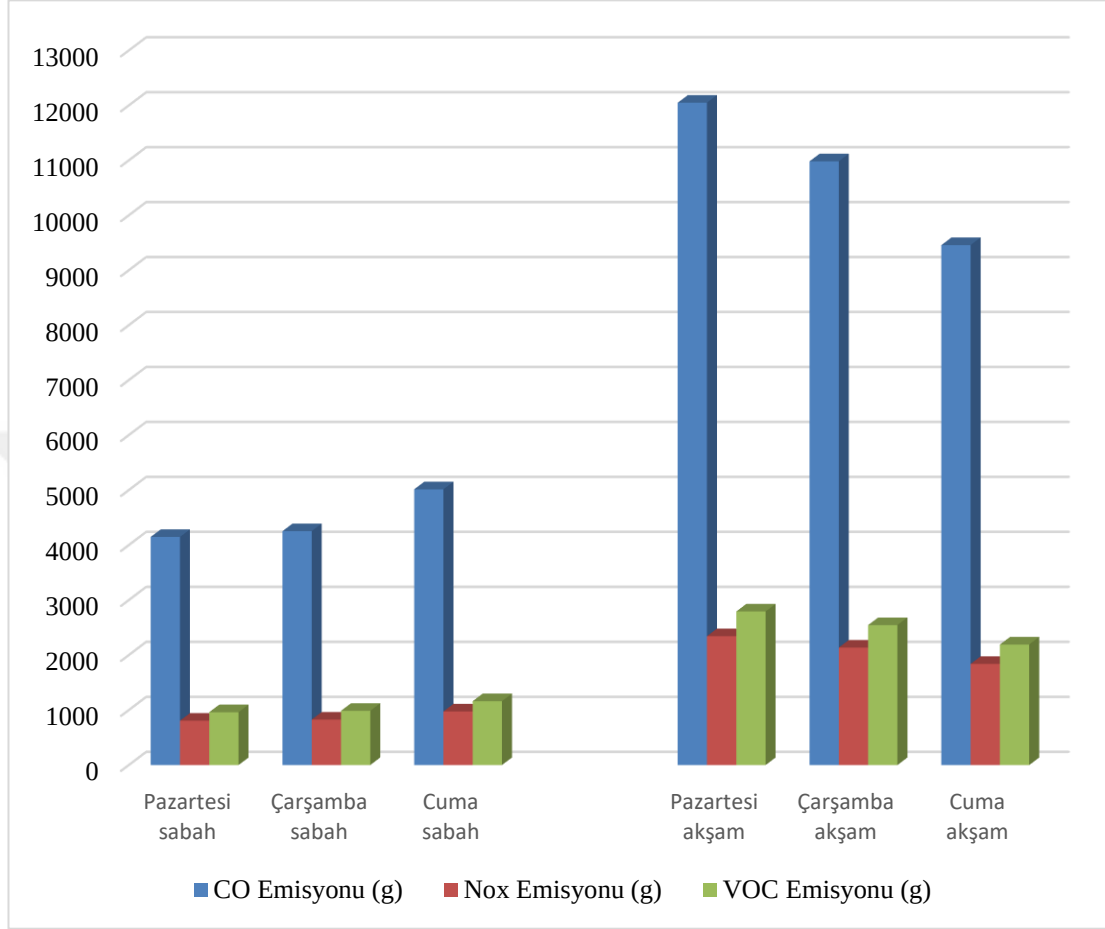
Çizelge 4.66'da görüldüğü üzere, Senaryo 3 için Cuma akşam kavşak genelinde CO emisyonu 9458.29 g, NOx emisyonu 1840.24 g, VOC emisyonu 2192.05 g, yakıt tüketimi değeri ise 135.31 galon'dur.



Şekil 4.27. Senaryo 3 analiz sonuçlarının günler, vakitler ve performans parametreleri bakımından karşılaştırılması

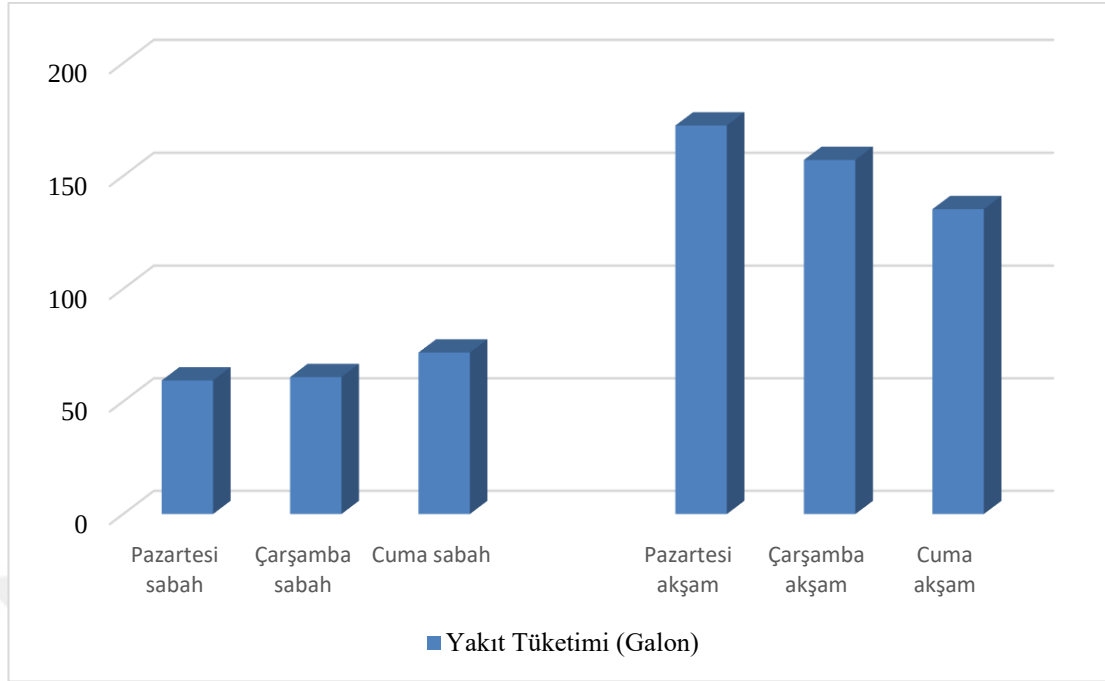
Şekil 4.27'de, Senaryo 3 için yapılan analiz sonuçlarına göre, maksimum kuyruk uzunluğunda 361.36 m, ortalama kuyruk uzunluğunda 95.79 m, ortalama araç gecikmesinde 145.29 s ve ortalama durma gecikmesinde 109.05 s ile en yüksek değerlere sahip durumun Pazartesi akşam olduğu görülmektedir. Pazartesi sabah, 89.14 m maksimum kuyruk uzunluğu, 12.94 m ortalama kuyruk uzunluğu, 28.62 s ortalama araç gecikmesi ve 20.46 s ortalama durma gecikmesi ile analizler içerisinde en düşük değerlere

sahiptir (Şekil 4.27). Ayrıca, sabah ve akşam analiz sonuçlarına bakıldığında, akşam vakitlerindeki gecikme ve kuyruk uzunluğu değerlerinin sabah vakitlerindekiyle göre yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 4.28. Senaryo 3 analiz sonuçlarının günler, vakitler ve egzoz emisyonları bakımından karşılaştırılması

Şekil 4.28’de Senaryo 3 analiz sonuçlarına göre CO, NOx ve VOC emisyonları karşılaştırılması yapılmıştır. Analiz sonuçları karşılaştırıldığında, akşam vakitlerindeki trafiğin sabahlara göre daha yüksek egzoz emisyonu oluşturulduğu görülmektedir. Emisyonun en fazla meydana geldiği durum CO için 12049.54 g, NOx için 2344.40 g, VOC için 2792.60 g değerleri ile Pazartesi akşam, en az meydana geldiği durum ise CO için 4148.10 g, NOx için 807.07 g, VOC için 961.36 g değerleri ile Pazartesi sabah olarak görülmektedir. Sabah vakitleri arasında karşılaştırma yapıldığında en fazla emisyonun CO için 5014.24 g, NOx için 975.59 g, VOC için 1162.10 g değerleri ile Cuma sabah meydana geldiği görülmektedir. Akşam vakitleri analiz sonuçları karşılaştırıldığında ise Pazartesi akşam durumunun CO için 12049.54 g, NOx için 2344.40 g, VOC için 2792.60 g değerleri ile en fazla emisyonu sebep olduğu görülmektedir (Şekil 4.28).

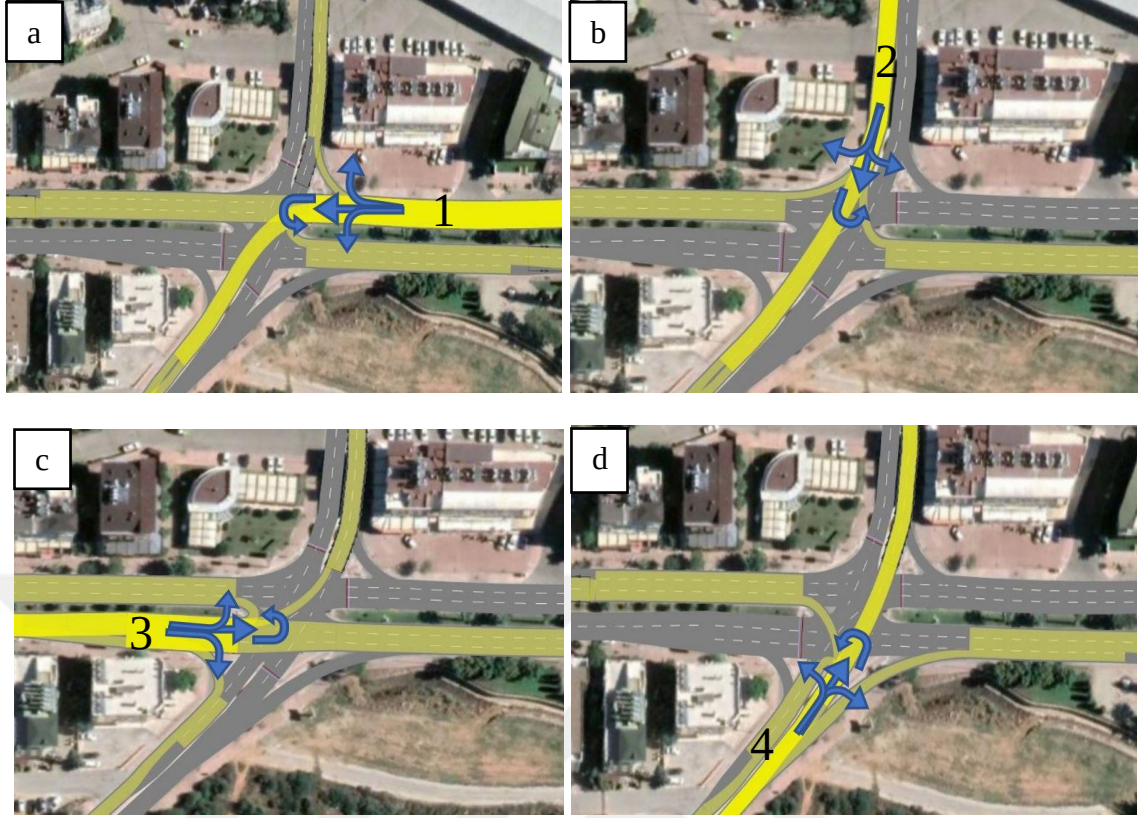


Şekil 4.29. Senaryo 3 analiz sonuçlarının günler, vakitler ve yakıt tüketimleri bakımından karşılaştırılması

Şekil 4.29’da Senaryo 3 analiz sonuçlarının günlere, vakitlere ve yakıt tüketimlerine göre karşılaştırma grafiği gösterilmiştir. Sabah analizleri arasında kıyaslama yapıldığında 71.73 galon değeri ile Cuma sabah durumunun, en fazla yakıt tüketimine sebep olan durum olduğu görülmektedir. Bu kıyaslama akşam analizleri arasında yapıldığında ise Pazartesi akşam durumunun, 172.38 galon değeri ile en fazla yakıt tüketimine sebep olduğu görülmektedir. Tüm günler ve vakitler göz önüne alındığında, Senaryo 3 analiz sonuçlarına göre, en fazla yakıt tüketimine sebep olan gün ve vakit 172.38 galon değeri ile Pazartesi akşam durumudur. Akşam ve sabah vakitleri karşılaştırıldığında ise akşam vakitleri yakıt tüketimlerinin sabahlara göre daha fazla olduğu görülmektedir (Şekil 4.29).

4.4.1.4. Senaryo 4

Senaryo 4; 1 numaralı trafik akım koluna ait yeşil sinyal süresinin 4 s uzatılması, 3 numaralı trafik akım koluna ait yeşil sinyal süresinin 2 s azaltılması ve 4 numaralı trafik akım koluna ait yeşil sinyal süresinin 2 s azaltılması ile oluşturulmuştur. Şekil 4.30’da, çalışılan kavşağa ait 4 fazlı işletim planı için Vissim görselleri gösterilmiştir. Senaryo 4’e ait sinyal planı Çizelge 4.67’de, Vissim’de oluşturulan sinyal zaman diyagramı Şekil 4.31’de gösterilmiştir.



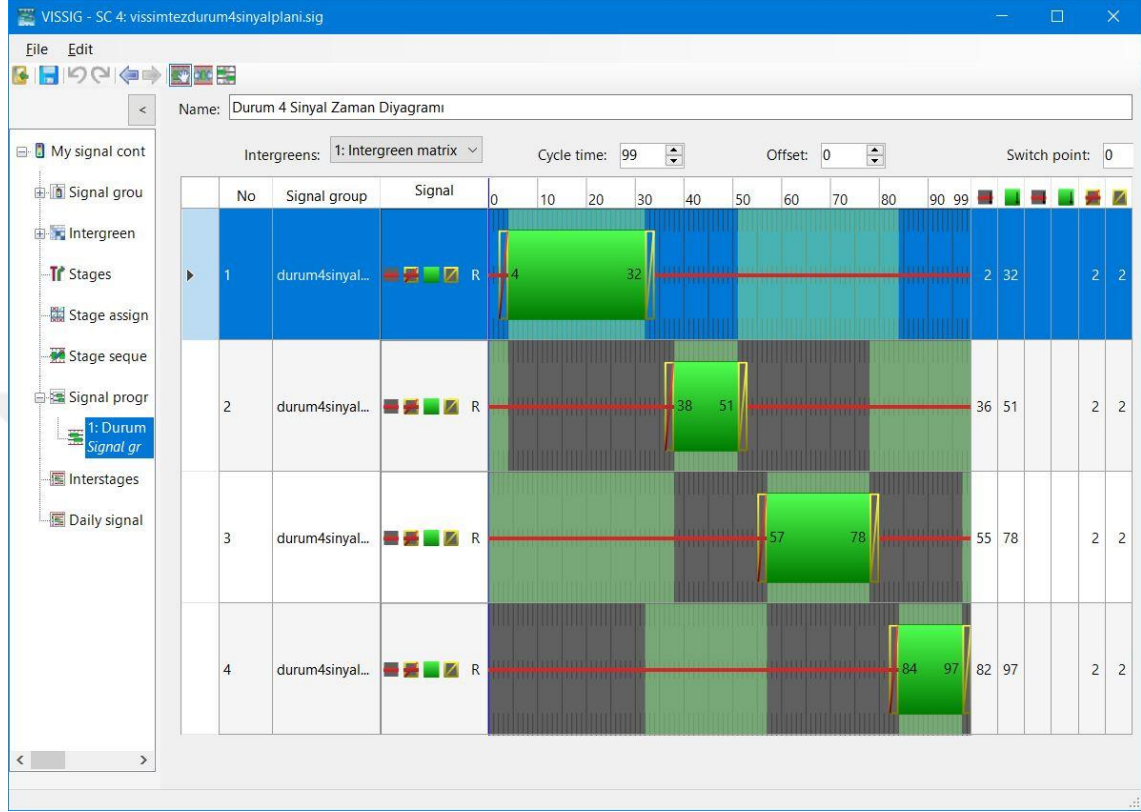
Şekil 4.30. Senaryo 4’e ait 4 fazlı işletim planı Vissim görselleri; **a)** Faz 1 gösterimi; **b)** Faz 2 gösterimi; **c)** Faz 3 gösterimi; **d)** Faz 4 gösterimi

Kavşak, 1 numaralı yaklaşım kolu Faz 1, 2 numaralı yaklaşım kolu Faz 2, 3 numaralı yaklaşım kolu Faz 3, 4 numaralı yaklaşım kolu Faz 4 olacak şekilde çalışmaktadır. Faz 1 ile, 1 numaralı yaklaşım kolundan gelen araçlara geçiş hakkı verildikten sonra, sırasıyla 2,3 ve 4 numaralı kollardan gelen araçlar geçiş haklarına sahip olmaktadır.

Çizelge 4.67. Senaryo 4’e ait sinyal planı

Sinyal Grupları	Işık Süreleri (s)															
	2	2	28	2	2	2	13	2	2	2	21	2	2	2	13	2
Grup 1																
Grup 2																
Grup 3																
Grup 4																
Grup 5	-----															
Grup 6	-----															
Grup 7	-----															
Devre Süresi (s)															99	

Çizelge 4.67’de gösterilen, Senaryo 4’e ait sinyal planında, 1 numaralı akım kolu için yeşil süresi 28 s, 2 numaralı akım kolu için 13 s, 3 numaralı akım kolu için 21 s ve 4 numaralı akım kolu için 13 s olarak belirlenmiştir. Mevcut durumda 98 s olan devre süresi Senaryo 4’te 99 s olarak ayarlanmıştır (Çizelge 4.67).



Şekil 4.31. Senaryo 4 için Vissim’de oluşturulan sinyal zaman diyagramı

Çizelge 4.68’de Pazartesi sabah trafiği için Senaryo 4’e ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.68. Senaryo 4 Pazartesi sabah analiz sonuçları

Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	20.28	92.30	C	26.60	20.00	65.24
1-4	20.28	92.30	C	30.30	21.09	64.97
1-1	20.28	92.30	C	29.66	21.46	74.11
1-2	9.27	95.09	A	3.50	2.03	43.50
2-3	18.94	76.45	D	39.50	31.92	81.32
2-4	18.94	76.45	D	46.14	35.53	74.49
2-1	18.94	76.45	D	54.71	42.74	104.92

Çizelge 4.68'in devamı

3-3	17.95	80.71	C	32.77	25.19	72.02
3-4	12.36	81.56	A	1.56	0.01	28.52
3-1	17.95	80.71	D	39.31	24.92	88.49
3-2	17.95	80.71	D	36.69	29.79	76.66
4-3	6.14	37.62	D	39.80	32.41	75.81
4-4	6.14	37.62	F	0.00	0.00	0.00
4-1	0.00	0.00	A	3.69	0.04	57.84
4-2	6.14	37.62	D	43.40	35.68	79.71
Kavşak	12.13	95.09	C	26.77	18.69	-

Çizelge 4.68'de görüldüğü üzere, Senaryo 4'te Pazartesi günü sabah trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 26.77 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de "C" dir. Çizelge 4.69'da Senaryo 4 için Pazartesi günü sabah trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.69. Senaryo 4 Pazartesi sabah egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri

Hareket	CO Emisyonu (g)	NOx Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	684.87	133.25	158.72	9.80
1-4	620.39	120.71	143.78	8.88
1-1	140.10	27.26	32.47	2.00
1-2	33.97	6.61	7.87	0.49
2-3	52.12	10.14	12.08	0.75
2-4	163.66	31.84	37.93	2.34
2-1	410.74	79.92	95.19	5.88
3-3	44.98	8.75	10.43	0.64
3-4	10.78	2.10	2.50	0.15
3-1	877.00	170.63	203.25	12.55
3-2	161.64	31.45	37.46	2.31
4-3	33.12	6.44	7.68	0.47
4-4	0.00	0.00	0.00	0.00
4-1	851.57	165.69	197.36	12.18
4-2	155.12	30.18	35.95	2.22
Kavşak	4092.22	796.20	948.41	58.54

Çizelge 4.69'da görüldüğü üzere, Senaryo 4 için Pazartesi sabah kavşak genelinde CO emisyonu 4092.22 g, NOx emisyonu 796.20 g, VOC emisyonu 948.41 g, yakıt tüketimi değeri ise 58.54 galon'dur.

Çizelge 4.70’te Pazartesi akşam trafiği için Senaryo 4’e ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.70. Senaryo 4 Pazartesi akşam analiz sonuçları

Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	193.55	275.81	F	160.50	114.27	202.85
1-4	193.55	275.81	F	215.70	157.47	251.25
1-1	193.55	275.81	F	224.24	167.71	270.71
1-2	196.22	278.60	F	118.18	77.53	158.18
2-3	45.63	113.54	E	61.87	49.52	103.74
2-4	45.63	113.54	F	85.14	64.30	113.68
2-1	45.63	113.54	F	102.25	83.64	152.23
3-3	22.77	76.19	D	38.93	30.83	78.02
3-4	17.51	77.04	B	10.92	5.44	37.70
3-1	22.77	76.19	D	43.37	28.62	92.15
3-2	22.77	76.19	D	39.31	31.57	79.41
4-3	19.33	171.60	D	46.05	36.04	82.20
4-4	19.33	171.60	E	70.07	60.04	99.93
4-1	0.00	0.00	A	7.14	2.27	61.08
4-2	19.33	171.60	D	47.71	38.72	84.11
Kavşak	70.72	278.60	F	102.14	74.50	-

Çizelge 4.70’te görüldüğü üzere, Senaryo 4’te Pazartesi günü akşam trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 102.14 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de “F” dir. Çizelge 4.71’de Senaryo 4 için Pazartesi günü akşam trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.71. Senaryo 4 Pazartesi akşam egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri

Hareket	CO Emisyonu (g)	NOx Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	2463.11	479.23	570.85	35.24
1-4	4125.92	802.75	956.22	59.03
1-1	403.98	78.60	93.63	5.78
1-2	109.81	21.37	25.45	1.57
2-3	100.36	19.53	23.26	1.44
2-4	618.99	120.43	143.46	8.86
2-1	556.61	108.30	129.00	7.96
3-3	45.52	8.86	10.55	0.65
3-4	66.07	12.86	15.31	0.95

Çizelge 4.71'in devamı

3-1	909.20	176.90	210.71	13.01
3-2	277.42	53.98	64.29	3.97
4-3	84.84	16.51	19.66	1.21
4-4	3.89	0.76	0.90	0.06
4-1	652.13	126.88	151.14	9.33
4-2	335.38	65.25	77.73	4.80
Kavşak	9990.65	1943.82	2315.43	142.93

Çizelge 4.71'de görüldüğü üzere, Senaryo 4 için Pazartesi akşam kavşak genelinde CO emisyonu 9990.65 g, NOx emisyonu 1943.82 g, VOC emisyonu 2315.43 g, yakıt tüketimi değeri ise 142.93 galon'dur.

Çizelge 4.72'de Çarşamba sabah trafiği için Senaryo 4'e ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.72. Senaryo 4 Çarşamba sabah analiz sonuçları

Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	23.11	84.56	C	28.78	21.27	67.35
1-4	23.11	84.56	C	33.02	24.63	67.65
1-1	23.11	84.56	C	33.79	25.97	78.18
1-2	13.92	87.35	A	4.86	2.98	44.68
2-3	28.46	89.34	D	45.77	38.22	87.66
2-4	28.46	89.34	D	47.61	36.90	76.19
2-1	28.46	89.34	E	69.34	55.13	119.77
3-3	17.53	68.19	C	28.31	22.85	66.91
3-4	11.76	69.04	A	1.28	0.00	28.02
3-1	17.53	68.19	D	41.82	28.05	91.23
3-2	17.53	68.19	C	29.71	23.87	69.82
4-3	7.52	90.35	D	41.48	33.81	77.93
4-4	7.52	90.35	F	0.00	0.00	0.00
4-1	0.00	0.00	A	3.72	0.07	57.67
4-2	7.52	90.35	D	40.84	33.31	77.38
Kavşak	14.61	90.35	C	30.68	22.35	-

Çizelge 4.72'de görüldüğü üzere, Senaryo 4'te Çarşamba günü sabah trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 30.68 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de "C" dir. Çizelge 4.73'te Senaryo 4 için Çarşamba günü sabah trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.73. Senaryo 4 Çarşamba sabah egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri

Hareket	CO Emisyonu (g)	NO _x Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	834.01	162.27	193.29	11.93
1-4	531.71	103.45	123.23	7.61
1-1	175.04	34.06	40.57	2.50
1-2	71.84	13.98	16.65	1.03
2-3	63.69	12.39	14.76	0.91
2-4	140.96	27.43	32.67	2.02
2-1	577.41	112.34	133.82	8.26
3-3	30.67	5.97	7.11	0.44
3-4	12.05	2.34	2.79	0.17
3-1	897.12	174.55	207.92	12.83
3-2	124.59	24.24	28.88	1.78
4-3	61.36	11.94	14.22	0.88
4-4	0.00	0.00	0.00	0.00
4-1	705.01	137.17	163.39	10.09
4-2	188.26	36.63	43.63	2.69
Kavşak	4251.20	827.13	985.26	60.82

Çizelge 4.73'te görüldüğü üzere, Senaryo 4 için Çarşamba akşam kavşak genelinde CO emisyonu 4251.20 g, NO_x emisyonu 827.13 g, VOC emisyonu 985.26 g, yakıt tüketimi değeri ise 60.82 galon'dur.

Çizelge 4.74'te Çarşamba akşam trafiği için Senaryo 4'e ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.74. Senaryo 4 Çarşamba akşam analiz sonuçları

Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	92.78	165.06	E	75.48	56.98	116.96
1-4	92.78	165.06	F	104.36	75.87	139.84
1-1	92.78	165.06	F	102.01	76.22	148.12
1-2	88.51	167.85	D	51.55	35.29	91.87
2-3	27.91	80.83	E	61.78	50.13	103.71
2-4	27.91	80.83	E	67.53	49.77	96.05
2-1	27.91	80.83	E	56.31	43.73	106.32
3-3	20.75	71.59	C	33.68	25.91	72.69
3-4	14.85	72.44	A	7.69	2.84	35.15

Çizelge 4.74'ün devamı

3-1	20.75	71.59	D	41.50	27.67	91.65
3-2	20.75	71.59	C	34.95	28.05	75.34
4-3	17.67	134.55	D	54.50	44.78	90.68
4-4	17.67	134.55	D	49.60	38.81	79.05
4-1	0.00	0.00	A	6.55	1.95	60.48
4-2	17.67	134.55	D	46.63	37.90	83.05
Kavşak	37.50	167.85	E	58.68	42.84	-

Çizelge 4.74'te görüldüğü üzere, Senaryo 4'te Çarşamba günü akşam trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 58.68 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de "E" dir. Çizelge 4.75'te Senaryo 4 için Çarşamba günü akşam trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.75. Senaryo 4 Çarşamba akşam egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri

Hareket	CO Emisyonu (g)	NOx Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	1316.34	256.11	305.08	18.83
1-4	2179.13	423.98	505.03	31.17
1-1	228.88	44.53	53.04	3.27
1-2	57.32	11.15	13.29	0.82
2-3	81.92	15.94	18.99	1.17
2-4	724.55	140.97	167.92	10.37
2-1	347.04	67.52	80.43	4.96
3-3	69.98	13.62	16.22	1.00
3-4	39.89	7.76	9.25	0.57
3-1	884.94	172.18	205.09	12.66
3-2	211.02	41.06	48.91	3.02
4-3	83.94	16.33	19.45	1.20
4-4	6.90	1.34	1.60	0.10
4-1	606.92	118.08	140.66	8.68
4-2	323.55	62.95	74.99	4.63
Kavşak	6862.59	1335.21	1590.47	98.18

Çizelge 4.75'te görüldüğü üzere, Senaryo 4 için Çarşamba akşam kavşak genelinde CO emisyonu 6862.59 g, NOx emisyonu 1335.21 g, VOC emisyonu 1590.47 g, yakıt tüketimi değeri ise 98.18 galon'dur.

Çizelge 4.76'da Cuma sabah trafiği için Senaryo 4'e ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.76. Senaryo 4 Cuma sabah analiz sonuçları

Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	25.38	87.01	C	31.37	23.41	70.16
1-4	25.38	87.01	C	34.09	25.46	68.68
1-1	25.38	87.01	C	34.30	25.59	78.31
1-2	15.16	89.79	A	5.57	3.69	45.36
2-3	26.14	100.47	D	45.99	38.28	87.61
2-4	26.14	100.47	D	50.41	38.83	78.99
2-1	26.14	100.47	E	60.80	47.05	111.28
3-3	29.30	96.91	D	46.42	37.37	85.85
3-4	21.98	97.76	B	13.47	8.80	40.46
3-1	29.30	96.91	D	46.73	30.07	96.40
3-2	29.30	96.91	D	44.53	36.23	84.90
4-3	7.23	47.60	D	41.31	33.93	77.38
4-4	7.23	47.60	F	0.00	0.00	0.00
4-1	0.00	0.00	A	4.34	0.05	58.60
4-2	7.23	47.60	D	42.88	35.81	79.10
Kavşak	17.88	100.47	C	31.43	22.25	-

Çizelge 4.76’da görüldüğü üzere, Senaryo 4’te Cuma günü sabah trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 31.43 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de “C” dir. Çizelge 4.77’de Senaryo 4 için Cuma günü sabah trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.77. Senaryo 4 Cuma sabah egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri

Hareket	CO Emisyonu (g)	NOx Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	886.20	172.42	205.38	12.68
1-4	549.91	106.99	127.45	7.87
1-1	228.90	44.54	53.05	3.27
1-2	31.45	6.12	7.29	0.45
2-3	42.76	8.32	9.91	0.61
2-4	218.36	42.49	50.61	3.12
2-1	499.24	97.13	115.70	7.14
3-3	23.84	4.64	5.52	0.34
3-4	4.21	0.82	0.97	0.06
3-1	1153.55	224.44	267.35	16.50
3-2	314.28	61.15	72.84	4.50
4-3	70.48	13.71	16.33	1.01

Çizelge 4.77'nin devamı

4-4	0.00	0.00	0.00	0.00
4-1	974.06	189.52	225.75	13.94
4-2	158.97	30.93	36.84	2.27
Kavşak	4956.84	964.42	1148.79	70.91

Çizelge 4.77'de görüldüğü üzere, Senaryo 4 için Cuma sabah kavşak genelinde CO emisyonu 4956.84 g, NOx emisyonu 964.42 g, VOC emisyonu 1148.79 g, yakıt tüketimi değeri ise 70.91 galon'dur.

Çizelge 4.78'de Cuma akşam trafiği için Senaryo 4'e ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.78. Senaryo 4 Cuma akşam analiz sonuçları

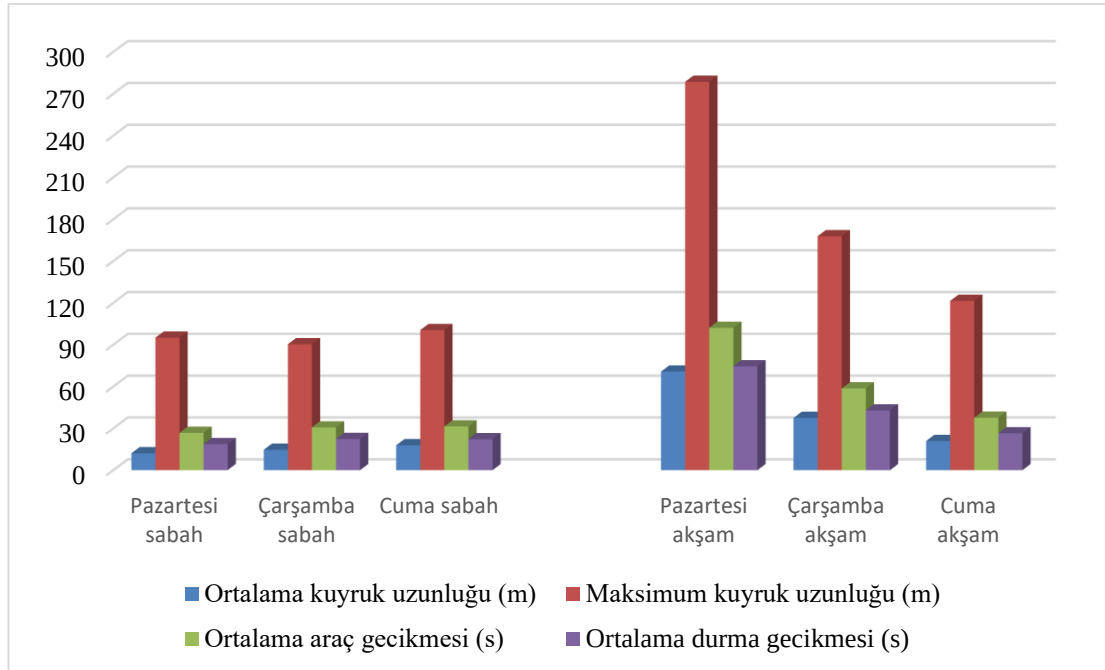
Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	44.57	114.66	C	33.91	25.49	73.82
1-4	44.57	114.66	D	51.70	35.21	86.66
1-1	44.57	114.66	D	45.17	34.82	90.25
1-2	27.96	110.86	A	3.60	1.75	43.59
2-3	17.08	80.50	D	43.87	35.23	85.68
2-4	17.08	80.50	E	58.40	41.71	86.94
2-1	17.08	80.50	D	38.95	29.98	88.07
3-3	24.81	92.85	D	43.47	34.92	82.08
3-4	19.97	93.70	A	8.81	3.97	36.01
3-1	24.81	92.85	D	45.07	30.26	93.96
3-2	24.81	92.85	D	43.18	35.49	83.43
4-3	11.87	121.47	D	49.14	40.52	85.30
4-4	11.87	121.47	C	26.37	19.80	55.65
4-1	0.00	0.00	A	4.43	0.56	58.31
4-2	11.87	121.47	D	38.90	31.13	75.32
Kavşak	20.89	121.47	D	37.63	26.41	-

Çizelge 4.78'de görüldüğü üzere, Senaryo 4'te Cuma günü akşam trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 37.63 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de "D" dir. Çizelge 4.79'da Senaryo 4 için Cuma günü akşam trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

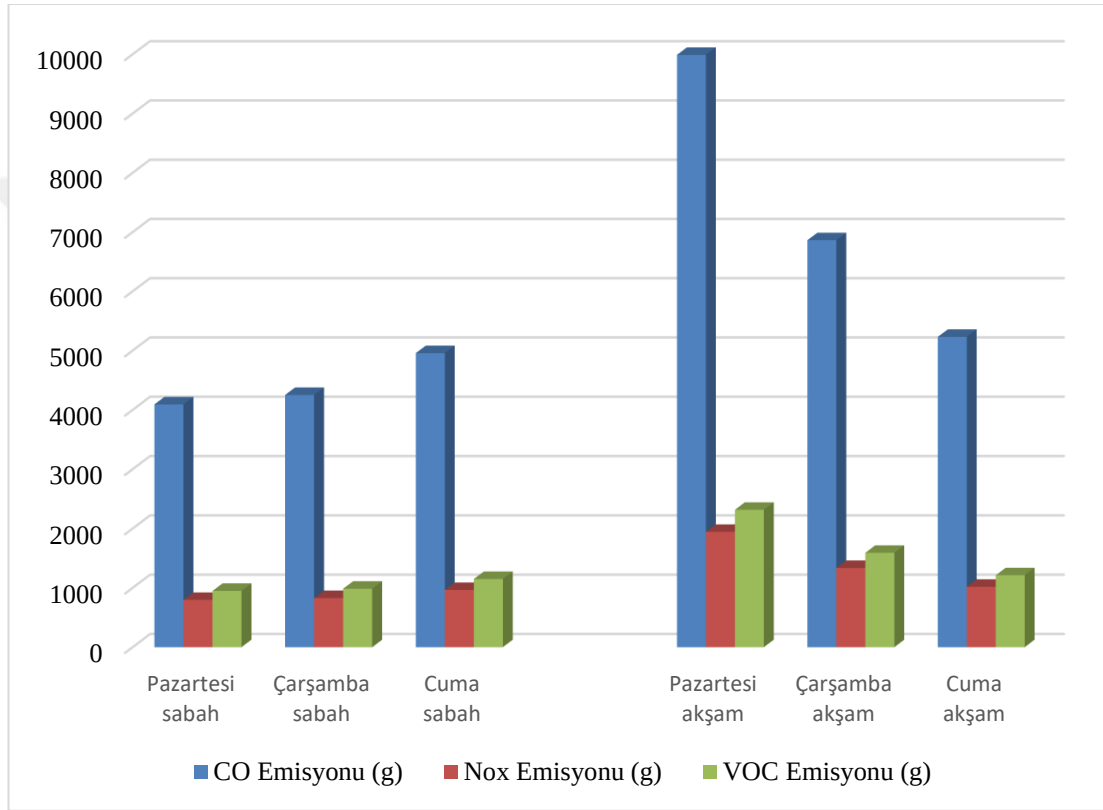
Çizelge 4.79. Senaryo 4 Cuma akşam egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri

Hareket	CO Emisyonu (g)	NOx Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	742.28	144.42	172.03	10.62
1-4	1449.72	282.06	335.99	20.74
1-1	177.10	34.46	41.04	2.53
1-2	27.33	5.32	6.33	0.39
2-3	63.43	12.34	14.70	0.91
2-4	491.41	95.61	113.89	7.03
2-1	85.77	16.69	19.88	1.23
3-3	77.34	15.05	17.92	1.11
3-4	28.43	5.53	6.59	0.41
3-1	1087.71	211.63	252.09	15.56
3-2	186.72	36.33	43.27	2.67
4-3	76.54	14.89	17.74	1.09
4-4	4.71	0.92	1.09	0.07
4-1	629.26	122.43	145.84	9.00
4-2	250.15	48.67	57.97	3.58
Kavşak	5231.47	1017.85	1212.44	74.84

Çizelge 4.79’da görüldüğü üzere, Senaryo 4 için Cuma akşam kavşak genelinde CO emisyonu 5231.47 g, NOx emisyonu 1017.85 g, VOC emisyonu 1212.44 g, yakıt tüketimi değeri ise 74.84 galon’dur.

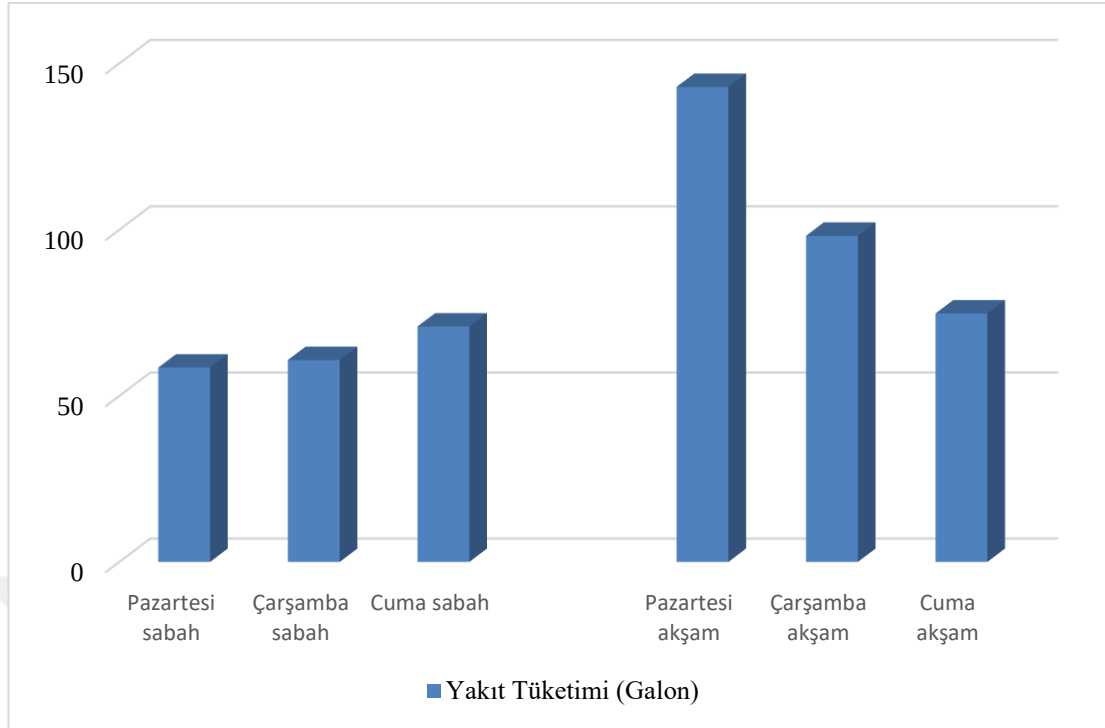
**Şekil 4.32.** Senaryo 4 analiz sonuçlarının günler, vakitler ve performans parametreleri bakımından karşılaştırılması

Şekil 4.32’de, Senaryo 4 için yapılan analiz sonuçlarına göre, maksimum kuyruk uzunluğunda 278.6 m, ortalama kuyruk uzunluğunda 70.72 m, ortalama araç gecikmesinde 102.14 s ve ortalama durma gecikmesinde 74.50 s ile en yüksek değerlere sahip durumun Pazartesi akşam olduğu görülmektedir. Çarşamba sabah, 90.35 m maksimum kuyruk uzunluğu ile en az değere sahipken, ortalama kuyruk uzunluğu parametresinde 12.13 m ile Pazartesi sabah en düşük değere sahiptir. Ortalama araç gecikmesi parametresinde 26.77 s, ortalama durma gecikmesi parametresinde 18.69 s ile Pazartesi sabah en düşük değere sahiptir (Şekil 4.32). Ayrıca, sabah ve akşam analiz sonuçlarına bakıldığında, akşam vakitlerindeki gecikme ve kuyruk uzunluğu değerlerinin sabah vakitlerindekiyle göre yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 4.33. Senaryo 4 analiz sonuçlarının günler, vakitler ve egzoz emisyonları bakımından karşılaştırılması

Şekil 4.33’te Senaryo 4 analiz sonuçlarına göre CO, NOx ve VOC emisyonları karşılaştırılması yapılmıştır. Analiz sonuçları karşılaştırıldığında, akşam vakitlerindeki trafiğin sabahlara göre daha yüksek egzoz emisyonu oluşturulduğu görülmektedir. Emisyonun en fazla meydana geldiği durum CO için 9990.65 g, NOx için 1943.82 g, VOC için 2315.43 g değerleri ile Pazartesi akşam, en az meydana geldiği durum ise CO için 4092.22 g, NOx için 796.20 g, VOC için 948.41 g değerleri ile Pazartesi sabah olarak görülmektedir. Sabah vakitleri arasında karşılaştırma yapıldığında en fazla emisyonun CO için 4956.84 g, NOx için 964.42 g, VOC için 1148.79 g değerleri ile Cuma sabah meydana geldiği görülmektedir. Akşam vakitleri analiz sonuçları karşılaştırıldığında ise Pazartesi akşam durumunun CO için 9990.65 g, NOx için 1943.82 g, VOC için 2315.43 g değerleri ile en fazla emisyonu sebep olduğu görülmektedir (Şekil 4.33).

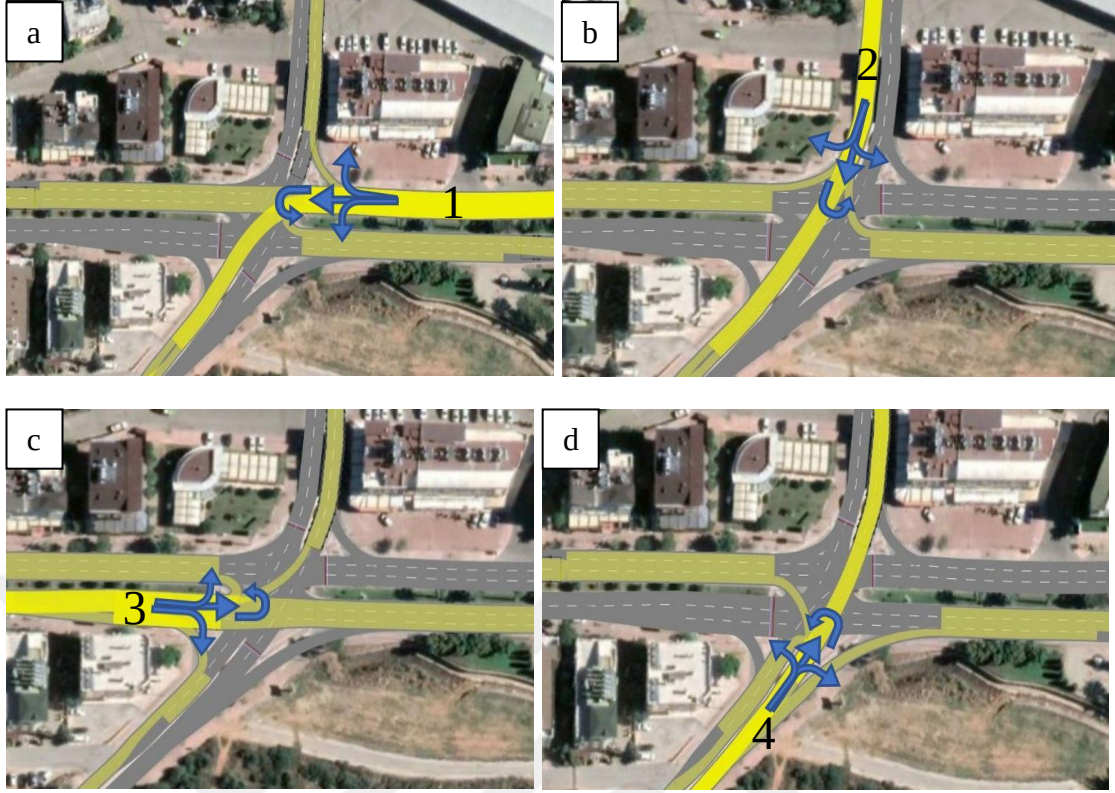


Şekil 4.34. Senaryo 4 analiz sonuçlarının günler, vakitler ve yakıt tüketimleri bakımından karşılaştırılması

Şekil 4.34'te Senaryo 4 analiz sonuçlarının günlere, vakitlere ve yakıt tüketimlerine göre karşılaştırma grafiği gösterilmiştir. Sabah analizleri arasında kıyaslama yapıldığında 70.91 galon değeri ile Cuma sabah durumunun, en fazla yakıt tüketimine sebep olan durum olduğu görülmektedir. Bu kıyaslama akşam analizleri arasında yapıldığında ise Pazartesi akşam durumunun, 142.93 galon değeri ile en fazla yakıt tüketimine sebep olduğu görülmektedir. Tüm günler ve vakitler göz önüne alındığında, Senaryo 4 analiz sonuçlarına göre, en fazla yakıt tüketimine sebep olan gün ve vakit 142.93 galon değeri ile Pazartesi akşam durumudur. Akşam ve sabah vakitleri karşılaştırıldığında ise akşam vakitleri yakıt tüketimlerinin sabahlara göre daha fazla olduğu görülmektedir (Şekil 4.34).

4.4.1.5. Senaryo 5

Senaryo 5; 1 numaralı trafik akım koluna ait yeşil sinyal süresinin 10 s artırılması, 2 numaralı trafik akım koluna ait yeşil sinyal süresinin 1 s artırılması, 3 numaralı trafik akım koluna ait yeşil sinyal süresinin 2 s azaltılması ve 4 numaralı trafik akım koluna ait yeşil sinyal süresinin 1 s azaltılması ile oluşturulmuştur. Şekil 4.35'te, çalışılan kavşağa ait 4 fazlı işletim planı için Vissim görselleri gösterilmiştir. Senaryo 5'e ait sinyal planı Çizelge 4.80'de, Vissim'de oluşturulan sinyal zaman diyagramı Şekil 4.36'da gösterilmiştir.



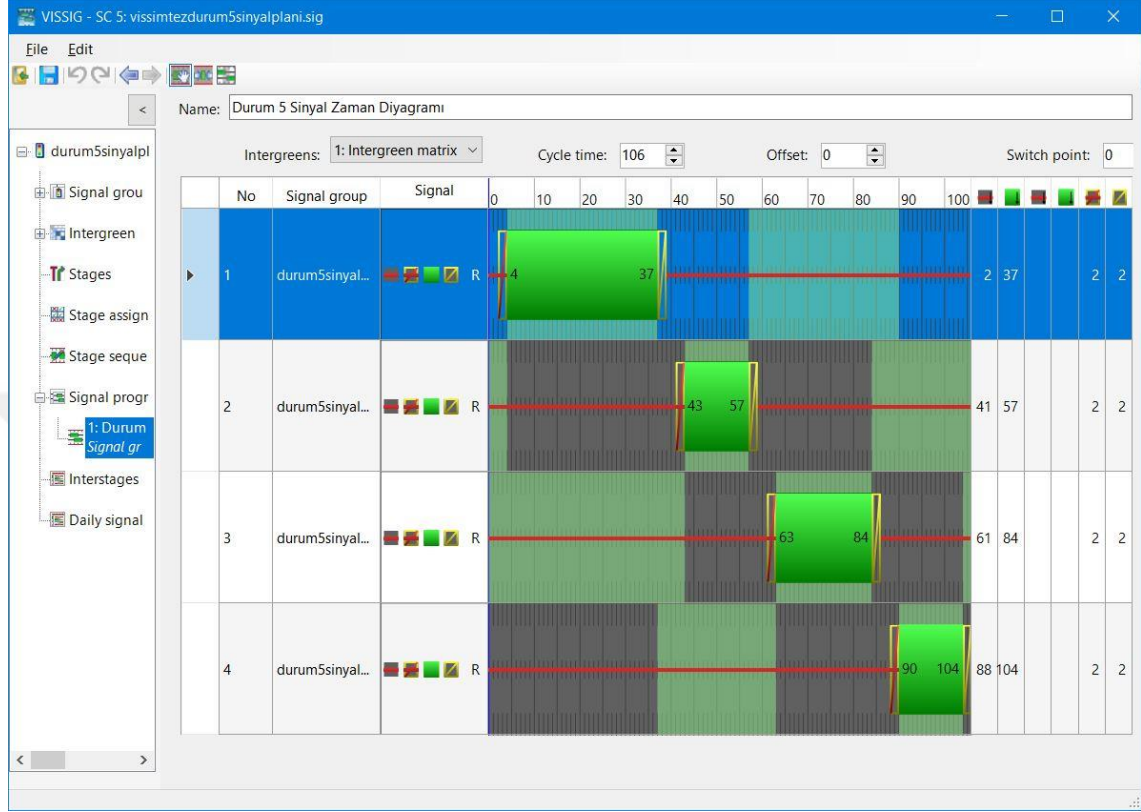
Şekil 4.35. Senaryo 5'e ait 4 fazlı işletim planı Vissim görselleri; **a)** Faz 1 gösterimi; **b)** Faz 2 gösterimi; **c)** Faz 3 gösterimi; **d)** Faz 4 gösterimi

Kavşak, 1 numaralı yaklaşım kolu Faz 1, 2 numaralı yaklaşım kolu Faz 2, 3 numaralı yaklaşım kolu Faz 3, 4 numaralı yaklaşım kolu Faz 4 olacak şekilde çalışmaktadır. Faz 1 ile, 1 numaralı yaklaşım kolundan gelen araçlara geçiş hakkı verildikten sonra, sırasıyla 2,3 ve 4 numaralı kollardan gelen araçlar geçiş haklarına sahip olmaktadır.

Çizelge 4.80. Senaryo 5'e ait sinyal planı

Sinyal Grupları	Işık Süreleri (s)															
	2	2	33	2	2	2	14	2	2	2	21	2	2	2	14	2
Grup 1																
Grup 2																
Grup 3																
Grup 4																
Grup 5	-----															
Grup 6	-----															
Grup 7	-----															
Devre Süresi (s)															106	

Çizelge 4.80’de gösterilen, Senaryo 5’e ait sinyal planında, 1 numaralı akım kolu için yeşil süresi 33 s, 2 numaralı akım kolu için 14 s, 3 numaralı akım kolu için 21 s ve 4 numaralı akım kolu için 14 s olarak belirlenmiştir. Mevcut durumda 98 s olan devre süresi Senaryo 5’te 106 s olarak ayarlanmıştır (Çizelge 4.80).



Şekil 4.36. Senaryo 5 için Vissim’de oluşturulan sinyal zaman diyagramı

Çizelge 4.81’de Pazartesi sabah trafiği için Senaryo 5’e ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.81. Senaryo 5 Pazartesi sabah analiz sonuçları

Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	22.23	89.27	C	28.20	21.04	67.02
1-4	22.23	89.27	C	33.90	24.39	68.61
1-1	22.23	89.27	C	32.35	24.68	76.78
1-2	11.80	92.06	A	4.12	1.78	44.08
2-3	16.99	65.64	D	43.99	36.27	85.83
2-4	16.99	65.64	D	42.86	32.42	71.22
2-1	16.99	65.64	D	50.22	39.22	100.52

Çizelge 4.81'in devamı

3-3	21.69	76.07	D	40.53	33.66	79.47
3-4	16.35	76.92	A	2.51	0.09	29.43
3-1	21.70	76.07	D	46.77	31.64	96.23
3-2	21.70	76.07	D	42.69	35.37	82.62
4-3	5.45	39.48	D	35.83	28.29	71.80
4-4	5.45	39.48	F	0.00	0.00	0.00
4-1	0.00	0.00	A	3.86	0.07	57.99
4-2	5.45	39.48	D	41.35	33.91	77.75
Kavşak	13.50	92.06	C	28.62	20.35	-

Çizelge 4.81'de görüldüğü üzere, Senaryo 5'te Pazartesi günü sabah trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 28.62 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de "C" dir. Çizelge 4.82'de Senaryo 5 için Pazartesi günü sabah trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.82. Senaryo 5 Pazartesi sabah egzoz emisyonları ve yakıt tüketimi

Hareket	CO Emisyonu (g)	NOx Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	692.07	134.65	160.39	9.90
1-4	619.20	120.47	143.50	8.86
1-1	142.33	27.69	32.99	2.04
1-2	34.58	6.73	8.01	0.49
2-3	54.46	10.60	12.62	0.78
2-4	164.83	32.07	38.20	2.36
2-1	395.26	76.90	91.61	5.65
3-3	45.22	8.80	10.48	0.65
3-4	11.25	2.19	2.61	0.16
3-1	905.69	176.21	209.90	12.96
3-2	170.79	33.23	39.58	2.44
4-3	31.28	6.09	7.25	0.45
4-4	0.00	0.00	0.00	0.00
4-1	855.62	166.47	198.30	12.24
4-2	147.54	28.71	34.19	2.11
Kavşak	4116.59	800.94	954.06	58.89

Çizelge 4.82'de görüldüğü üzere, Senaryo 5 için Pazartesi sabah kavşak genelinde CO emisyonu 4116.59 g, NOx emisyonu 800.94 g, VOC emisyonu 954.06 g, yakıt tüketimi değeri ise 58.89 galon'dur.

Çizelge 4.83'te Pazartesi akşam trafiği için Senaryo 5'e ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.83. Senaryo 5 Pazartesi akşam analiz sonuçları

Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	92.96	184.09	E	70.55	52.96	111.87
1-4	92.96	184.09	F	102.53	73.59	138.00
1-1	92.96	184.09	F	92.47	69.99	138.15
1-2	92.17	186.88	D	48.02	34.02	88.34
2-3	58.51	124.37	F	101.28	84.32	143.13
2-4	58.51	124.37	F	113.10	88.65	141.60
2-1	58.51	124.37	F	122.67	101.26	172.65
3-3	26.82	90.62	D	44.07	35.47	83.19
3-4	21.39	91.47	B	13.33	5.82	40.18
3-1	26.82	90.62	D	49.82	34.03	98.69
3-2	26.82	90.62	D	44.95	37.05	85.02
4-3	22.90	173.69	D	54.50	44.07	90.66
4-4	22.90	173.69	C	23.89	13.76	53.76
4-1	0.00	0.00	A	7.36	2.30	61.30
4-2	22.90	173.69	D	53.80	44.49	90.21
Kavşak	44.96	186.88	E	68.48	50.97	-

Çizelge 4.83'te görüldüğü üzere, Senaryo 5'te Pazartesi günü akşam trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 68.48 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de "E" dir. Çizelge 4.84'te Senaryo 5 için Pazartesi günü akşam trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.84. Senaryo 5 Pazartesi akşam egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri

Hareket	CO Emisyonu (g)	NOx Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	1245.95	242.42	288.76	17.82
1-4	2508.65	488.09	581.40	35.89
1-1	219.98	42.80	50.98	3.15
1-2	71.86	13.98	16.65	1.03
2-3	132.79	25.84	30.77	1.90
2-4	754.62	146.82	174.89	10.80
2-1	614.36	119.53	142.38	8.79
3-3	47.06	9.16	10.91	0.67
3-4	71.35	13.88	16.54	1.02

Çizelge 4.84'ün devamı

3-1	921.24	179.24	213.51	13.18
3-2	288.46	56.12	66.85	4.13
4-3	88.54	17.23	20.52	1.27
4-4	2.57	0.50	0.60	0.04
4-1	656.50	127.73	152.15	9.39
4-2	346.54	67.42	80.31	4.96
Kavşak	7712.88	1500.65	1787.53	110.34

Çizelge 4.84'te görüldüğü üzere, Senaryo 5 için Pazartesi akşam kavşak genelinde CO emisyonu 7712.88 g, NOx emisyonu 1500.65 g, VOC emisyonu 1787.53 g, yakıt tüketimi değeri ise 110.34 galon'dur.

Çizelge 4.85'te Çarşamba sabah trafiği için Senaryo 5'e ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.85. Senaryo 5 Çarşamba sabah analiz sonuçları

Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	23.93	80.78	C	29.88	22.52	68.43
1-4	23.93	80.78	C	33.10	24.89	67.70
1-1	23.93	80.78	C	32.50	24.32	76.90
1-2	15.81	83.57	A	2.25	0.84	41.99
2-3	28.00	96.06	D	41.60	33.94	83.60
2-4	28.00	96.06	D	47.66	37.05	76.23
2-1	28.00	96.06	E	69.18	55.54	119.66
3-3	19.94	65.79	D	41.55	34.23	80.44
3-4	12.84	66.64	A	2.55	0.55	29.25
3-1	19.94	65.79	D	46.08	31.55	95.78
3-2	19.94	65.79	D	38.68	31.85	78.51
4-3	8.86	115.26	D	38.90	31.27	75.33
4-4	8.86	115.26	F	0.00	0.00	0.00
4-1	0.00	0.00	A	3.88	0.33	57.88
4-2	8.86	115.26	D	46.20	38.62	82.75
Kavşak	15.63	115.26	C	32.06	23.67	-

Çizelge 4.85'te görüldüğü üzere, Senaryo 5'te Çarşamba günü sabah trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 32.06 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de "C" dir. Çizelge 4.86'da Senaryo 5 için Çarşamba günü sabah trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.86. Senaryo 5 Çarşamba sabah egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri

Hareket	CO Emisyonu (g)	NO _x Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	837.13	162.88	194.01	11.98
1-4	534.96	104.08	123.98	7.65
1-1	177.90	34.61	41.23	2.55
1-2	69.08	13.44	16.01	0.99
2-3	64.85	12.62	15.03	0.93
2-4	140.64	27.36	32.59	2.01
2-1	570.66	111.03	132.26	8.16
3-3	38.36	7.46	8.89	0.55
3-4	12.91	2.51	2.99	0.18
3-1	930.81	181.10	215.72	13.32
3-2	140.26	27.29	32.51	2.01
4-3	59.33	11.54	13.75	0.85
4-4	0.00	0.00	0.00	0.00
4-1	708.68	137.88	164.24	10.14
4-2	189.03	36.78	43.81	2.70
Kavşak	4308.80	838.34	998.60	61.64

Çizelge 4.86’da görüldüğü üzere, Senaryo 5 için Çarşamba sabah kavşak genelinde CO emisyonu 4308.80 g, NO_x emisyonu 838.34 g, VOC emisyonu 998.60 g, yakıt tüketimi değeri ise 61.64 galon’dur.

Çizelge 4.87’de Çarşamba akşam trafiği için Senaryo 5’e ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.87. Senaryo 5 Çarşamba akşam analiz sonuçları

Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	55.41	131.40	D	41.69	31.49	81.90
1-4	55.41	131.40	E	57.47	41.13	92.59
1-1	55.41	131.40	D	49.99	37.17	94.73
1-2	45.81	134.19	A	7.68	4.33	48.00
2-3	28.88	76.08	E	62.51	51.33	104.31
2-4	28.88	76.08	E	67.26	51.45	95.77
2-1	28.88	76.08	E	60.87	47.64	110.90
3-3	23.99	82.32	D	45.12	37.30	84.12
3-4	19.01	83.17	A	5.54	1.86	32.93

Çizelge 4.87'nin devamı

3-1	23.99	82.32	D	45.32	31.33	94.53
3-2	23.99	82.32	D	45.69	37.98	86.13
4-3	19.63	168.37	E	64.05	53.71	100.22
4-4	19.63	168.37	D	40.48	31.20	69.80
4-1	0.00	0.00	A	6.76	2.03	60.73
4-2	19.63	168.37	D	50.64	41.77	86.97
Kavşak	27.53	168.37	D	44.15	32.54	-

Çizelge 4.87'de görüldüğü üzere, Senaryo 5'te Çarşamba günü akşam trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 44.15 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de "D" dir. Çizelge 4.88'de Senaryo 5 için Çarşamba günü akşam trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.88. Senaryo 5 Çarşamba akşam egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri

Hareket	CO Emisyonu (g)	NOx Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	921.72	179.33	213.62	13.19
1-4	1518.16	295.38	351.85	21.72
1-1	169.30	32.94	39.24	2.42
1-2	34.06	6.63	7.89	0.49
2-3	84.02	16.35	19.47	1.20
2-4	526.94	102.52	122.12	7.54
2-1	361.12	70.26	83.69	5.17
3-3	81.43	15.84	18.87	1.16
3-4	36.30	7.06	8.41	0.52
3-1	897.98	174.71	208.12	12.85
3-2	235.27	45.78	54.53	3.37
4-3	93.19	18.13	21.60	1.33
4-4	6.09	1.19	1.41	0.09
4-1	609.25	118.54	141.20	8.72
4-2	335.42	65.26	77.74	4.80
Kavşak	5730.70	1114.99	1328.14	81.98

Çizelge 4.88'de görüldüğü üzere, Senaryo 5 için Çarşamba akşam kavşak genelinde CO emisyonu 5730.70 g, NOx emisyonu 1114.99 g, VOC emisyonu 1328.14 g, yakıt tüketimi değeri ise 81.98 galon'dur.

Çizelge 4.89'da Cuma sabah trafiği için Senaryo 5'e ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.89. Senaryo 5 Cuma sabah analiz sonuçları

Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	23.82	80.45	C	28.24	21.24	66.76
1-4	23.82	80.45	C	31.81	23.47	66.50
1-1	23.82	80.45	C	29.80	21.94	74.04
1-2	15.79	83.24	A	2.41	1.20	42.20
2-3	31.87	98.77	D	49.18	40.16	90.83
2-4	31.87	98.77	D	54.71	43.06	83.33
2-1	31.87	98.77	E	75.83	60.45	126.11
3-3	36.37	107.08	E	61.90	51.74	101.11
3-4	28.63	107.94	B	10.44	7.38	37.35
3-1	36.37	107.08	E	57.44	39.48	106.75
3-2	36.37	107.08	D	50.88	41.37	91.08
4-3	6.75	71.81	D	40.01	32.48	76.10
4-4	6.75	71.81	F	0.00	0.00	0.00
4-1	0.00	0.00	A	4.75	0.18	58.98
4-2	6.75	71.81	D	41.17	34.13	77.41
Kavşak	20.46	107.94	C	34.35	24.85	-

Çizelge 4.89’da görüldüğü üzere, Senaryo 5’te Cuma günü sabah trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 34.35 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de “C” dir. Çizelge 4.90’da Senaryo 5 için Cuma günü sabah trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.90. Senaryo 5 Cuma sabah egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri

Hareket	CO Emisyonu (g)	NOx Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	829.62	161.41	192.27	11.87
1-4	525.58	102.26	121.81	7.52
1-1	217.14	42.25	50.32	3.11
1-2	29.75	5.79	6.89	0.43
2-3	46.41	9.03	10.76	0.66
2-4	229.04	44.56	53.08	3.28
2-1	562.04	109.35	130.26	8.04
3-3	27.88	5.43	6.46	0.40
3-4	4.03	0.78	0.93	0.06
3-1	1239.96	241.25	287.37	17.74
3-2	337.52	65.67	78.22	4.83
4-3	68.93	13.41	15.97	0.99
4-4	0.00	0.00	0.00	0.00
4-1	983.86	191.42	228.02	14.08
4-2	153.01	29.77	35.46	2.19
Kavşak	5093.34	990.98	1180.43	72.87

Çizelge 4.90’da görüldüğü üzere, Senaryo 5 için Cuma sabah kavşak genelinde CO emisyonu 5093.34 g, NOx emisyonu 990.98 g, VOC emisyonu 1180.43 g, yakıt tüketimi değeri ise 72.87 galon’dur.

Çizelge 4.91’de Cuma akşam trafiği için Senaryo 5’e ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.91. Senaryo 5 Cuma akşam analiz sonuçları

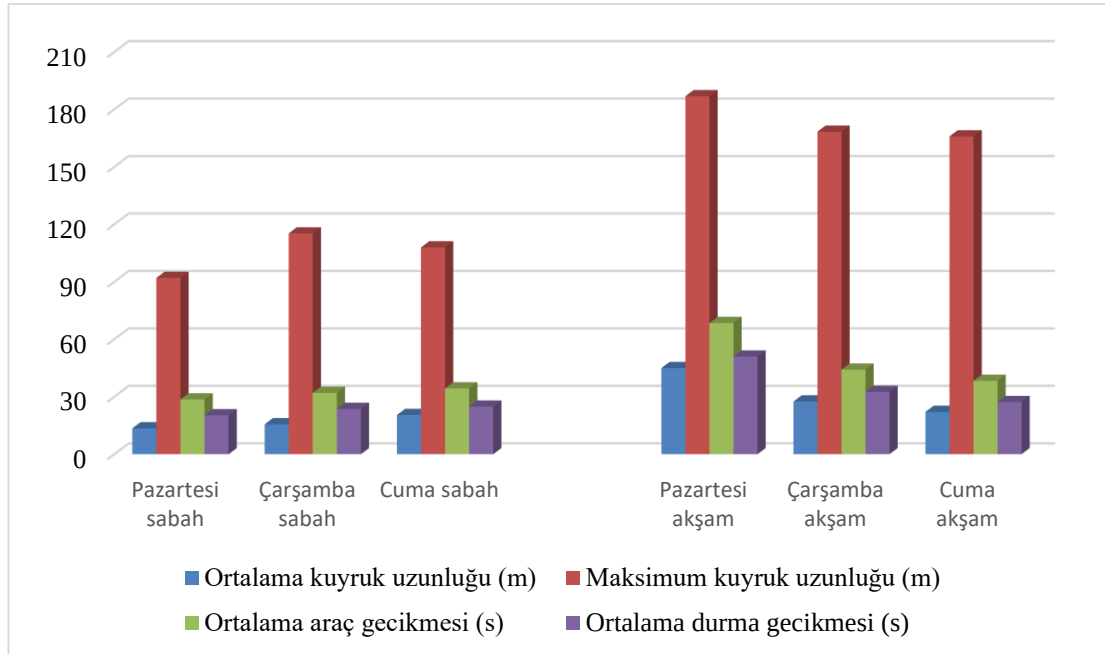
Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	41.01	119.95	C	33.20	24.90	72.68
1-4	41.01	119.95	D	46.32	31.02	81.23
1-1	41.01	119.95	D	47.02	36.74	92.52
1-2	29.83	122.73	A	2.63	0.67	42.52
2-3	18.25	80.56	E	55.42	44.88	97.27
2-4	18.25	80.56	E	61.85	44.87	90.40
2-1	18.25	80.56	D	37.76	29.55	86.85
3-3	27.12	94.04	D	54.05	45.56	92.81
3-4	23.28	94.89	A	9.91	4.59	36.98
3-1	27.12	94.04	D	48.61	33.90	98.42
3-2	27.12	94.04	D	41.53	33.92	81.75
4-3	15.19	165.91	E	60.79	51.23	96.91
4-4	15.19	165.91	D	42.79	33.61	72.11
4-1	0.00	0.00	A	5.74	1.41	59.69
4-2	15.19	165.91	D	46.68	38.25	83.12
Kavşak	22.10	165.91	D	38.31	27.24	-

Çizelge 4.91’de görüldüğü üzere, Senaryo 5’te Cuma günü akşam trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 38.31 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de “D” dir. Çizelge 4.92’de Senaryo 5 için Cuma günü akşam trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

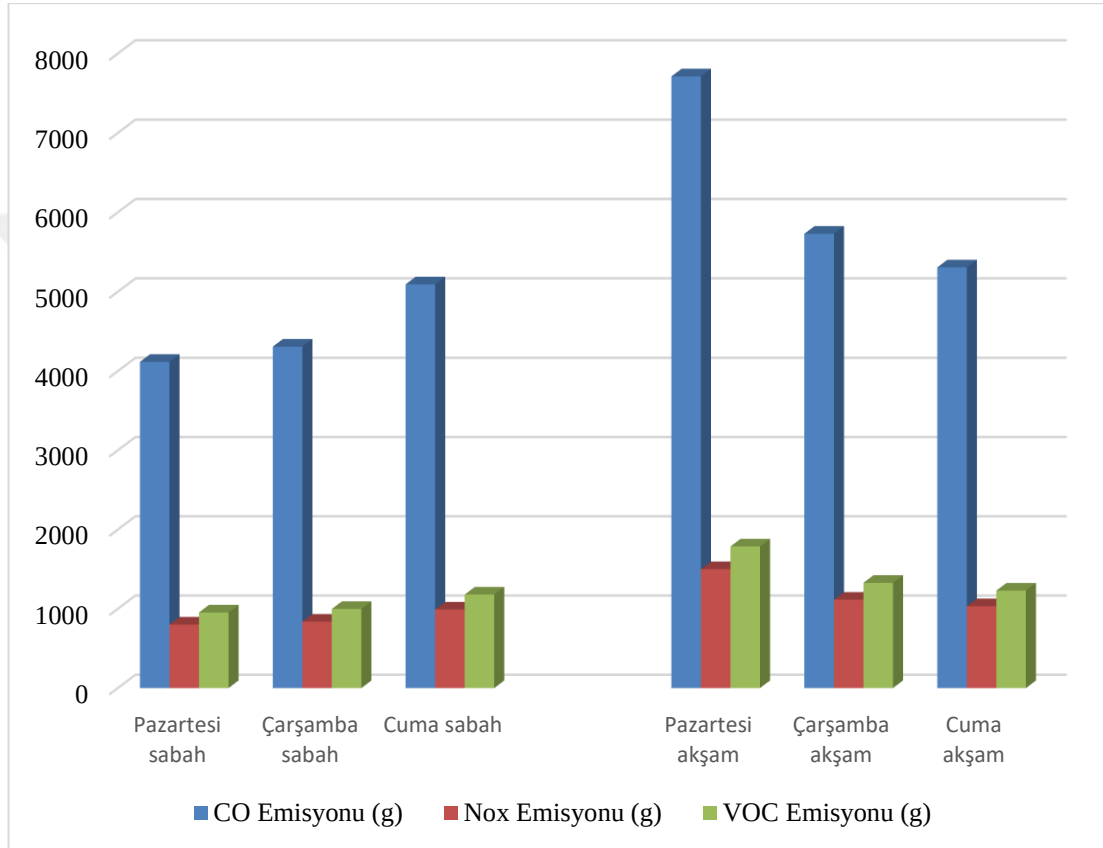
Çizelge 4.92. Senaryo 5 Cuma akşam egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri

Hareket	CO Emisyonu (g)	NOx Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	741.41	144.25	171.83	10.61
1-4	1422.66	276.80	329.72	20.35
1-1	176.77	34.39	40.97	2.53
1-2	26.79	5.21	6.21	0.38
2-3	71.80	13.97	16.64	1.03
2-4	525.29	102.20	121.74	7.51
2-1	86.70	16.87	20.09	1.24
3-3	86.11	16.75	19.96	1.23
3-4	29.74	5.79	6.89	0.43
3-1	1094.27	212.90	253.61	15.65
3-2	187.56	36.49	43.47	2.68
4-3	86.73	16.87	20.10	1.24
4-4	6.22	1.21	1.44	0.09
4-1	641.57	124.83	148.69	9.18
4-2	269.50	52.43	62.46	3.86
Kavşak	5306.88	1032.53	1229.92	75.92

Çizelge 4.92’de görüldüğü üzere, Senaryo 5 için Cuma akşam kavşak genelinde CO emisyonu 5306.88 g, NOx emisyonu 1032.53 g, VOC emisyonu 1229.92 g, yakıt tüketimi değeri ise 75.92 galon’dur.

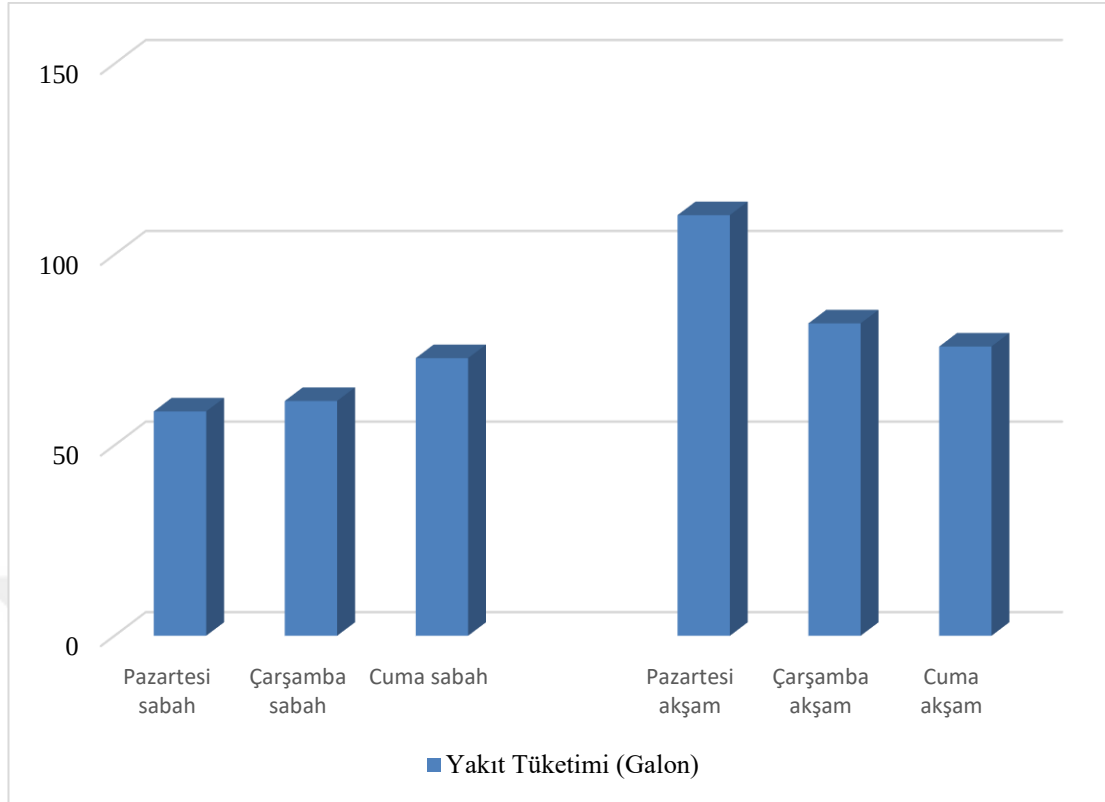
**Şekil 4.37.** Senaryo 5 analiz sonuçlarının günler, vakitler ve performans parametreleri bakımından karşılaştırılması

Şekil 4.37’de, Senaryo 5 için yapılan analiz sonuçlarına göre, maksimum kuyruk uzunluğunda 186.88 m, ortalama kuyruk uzunluğunda 44.96 m, ortalama araç gecikmesinde 68.48 s ve ortalama durma gecikmesinde 50.97 s ile en yüksek değerlere sahip durumun Pazartesi akşam olduğu görülmektedir. Pazartesi sabah, 92.06 m maksimum kuyruk uzunluğu, 13.50 m ortalama kuyruk uzunluğu, 28.62 s ortalama araç gecikmesi ve 20.35 s ortalama durma gecikmesi ile analizler içerisinde en düşük değerlere sahiptir (Şekil 4.37). Ayrıca, sabah ve akşam analiz sonuçlarına bakıldığında, akşam vakitlerindeki gecikme ve kuyruk uzunluğu değerlerinin sabah vakitlerindekiyle göre yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 4.38. Senaryo 5 analiz sonuçlarının günler, vakitler ve egzoz emisyonları bakımından karşılaştırılması

Şekil 4.38’de Senaryo 5 analiz sonuçlarına göre CO, NOx ve VOC emisyonları karşılaştırılması yapılmıştır. Analiz sonuçları karşılaştırıldığında, akşam vakitlerindeki trafiğin sabahlara göre daha yüksek egzoz emisyonu oluşturulduğu görülmektedir. Emisyonun en fazla meydana geldiği durum CO için 7712.88 g, NOx için 1500.65 g, VOC için 1787.53 g değerleri ile Pazartesi akşam, en az meydana geldiği durum ise CO için 4116.59 g, NOx için 800.94 g, VOC için 954.06 g değerleri ile Pazartesi sabah olarak görülmektedir. Sabah vakitleri arasında karşılaştırma yapıldığında en fazla emisyonun CO için 5093.34 g, NOx için 990.98 g, VOC için 1180.43 g değerleri ile Cuma sabah meydana geldiği görülmektedir. Akşam vakitleri analiz sonuçları karşılaştırıldığında ise Pazartesi akşam durumunun CO için 7712.88 g, NOx için 1500.65 g, VOC için 1787.53 g değerleri ile en fazla emisyonu sebep olduğu görülmektedir (Şekil 4.38).

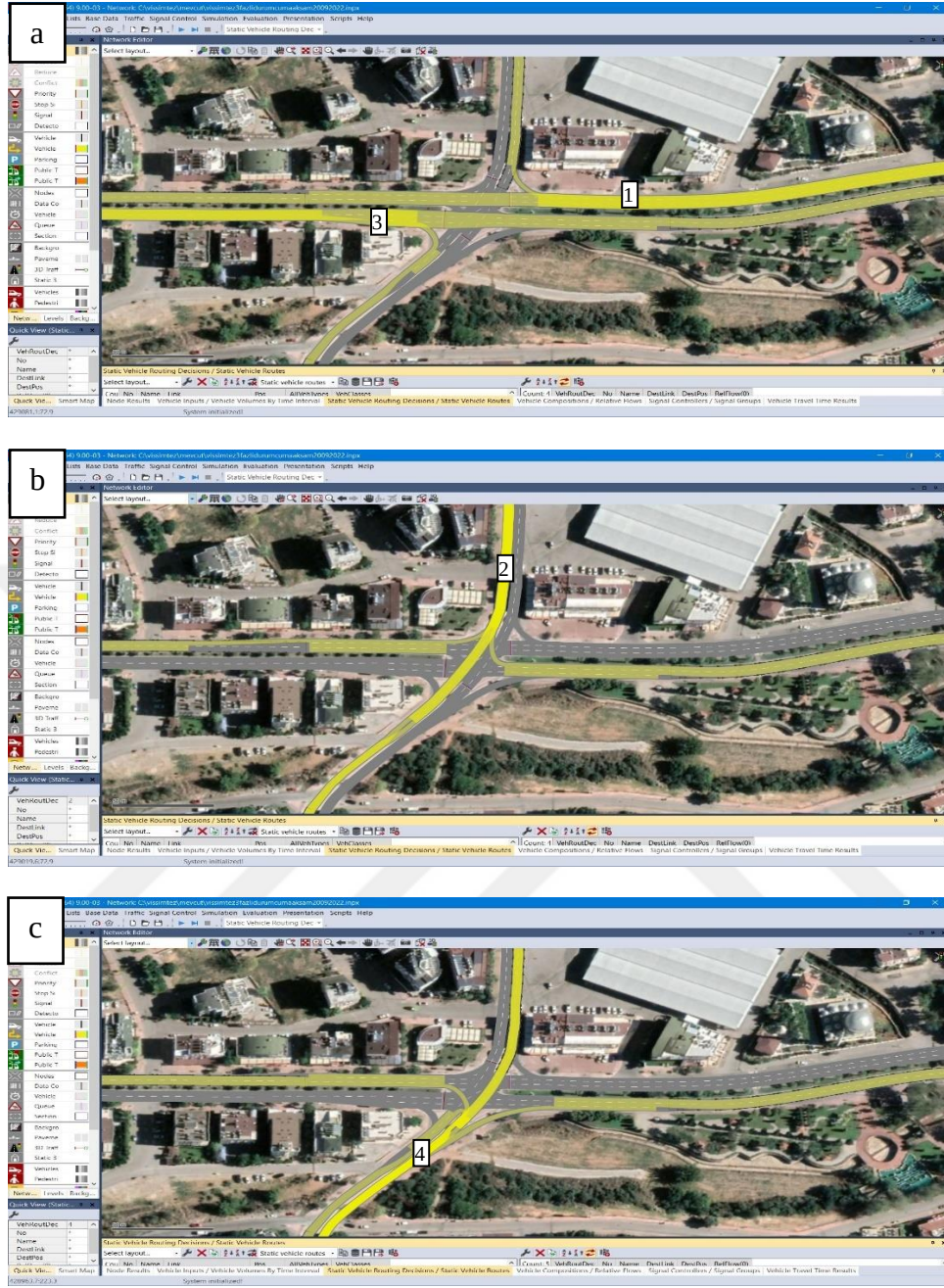


Şekil 4.39. Senaryo 5 analiz sonuçlarının günler, vakitler ve yakıt tüketimleri bakımından karşılaştırılması

Şekil 4.39’da Senaryo 5 analiz sonuçlarının günlere, vakitlere ve yakıt tüketimlerine göre karşılaştırma grafiği gösterilmiştir. Sabah analizleri arasında kıyaslama yapıldığında 72.87 galon değeri ile Cuma sabah durumunun, en fazla yakıt tüketimine sebep olan durum olduğu görülmektedir. Bu kıyaslama akşam analizleri arasında yapıldığında ise Pazartesi akşam durumunun, 110.34 galon değeri ile en fazla yakıt tüketimine sebep olduğu görülmektedir. Tüm günler ve vakitler göz önüne alındığında, Senaryo 5 analiz sonuçlarına göre, en fazla yakıt tüketimine sebep olan gün ve vakit 110.34 galon değeri ile Pazartesi akşam durumudur. Akşam ve sabah vakitleri karşılaştırıldığında ise akşam vakitleri yakıt tüketimlerinin sabahlara göre daha fazla olduğu görülmektedir (Şekil 4.39).

4.4.1.6. Senaryo 6 (3 fazlı işletim durumu)

Senaryo 6; 1 numaralı trafik akım koluna ait yeşil sinyal süresinin 10 s artırılması, 2 numaralı trafik akım koluna ait yeşil sinyal süresinin 1 s artırılması, 3 numaralı trafik akım koluna ait yeşil sinyal süresinin 2 s azaltılması ve 4 numaralı trafik akım koluna ait yeşil sinyal süresinin 1 s azaltılması ile oluşturulmuştur.

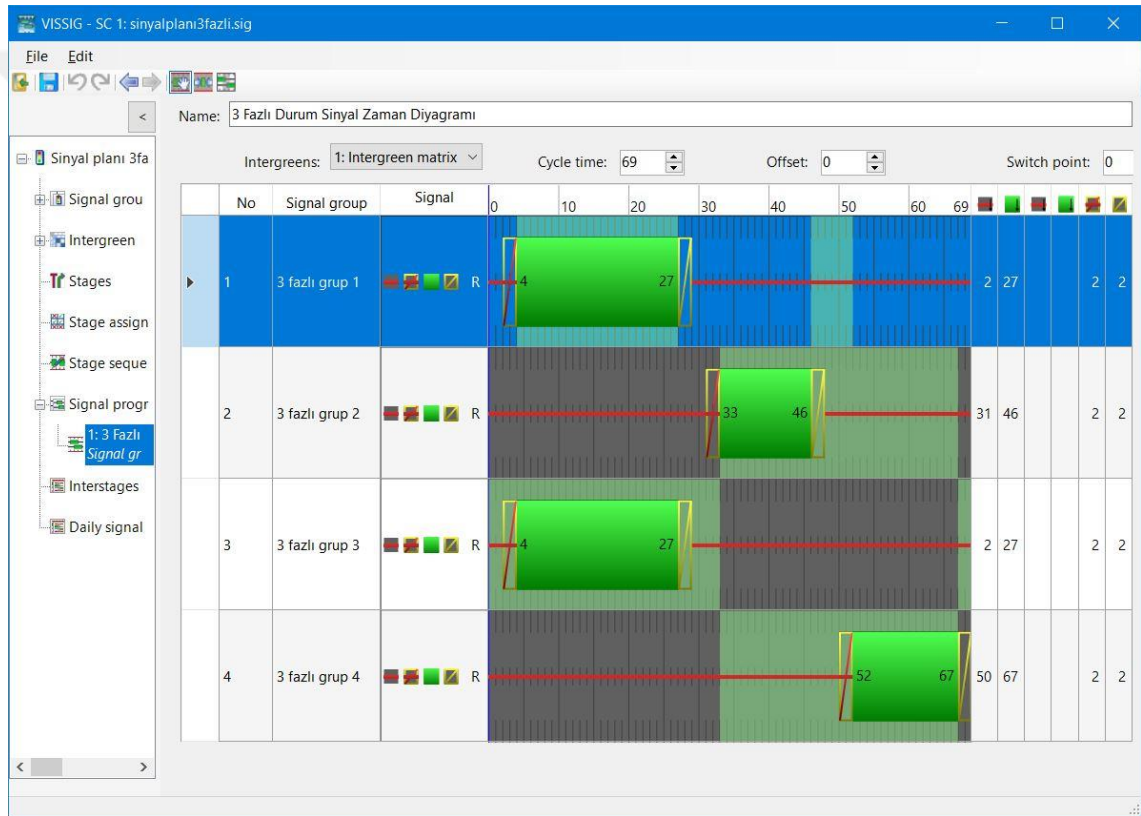


Şekil 4.40. Senaryo 6'ya ait 3 fazlı işletim planı Vissim görselleri; **a)** Faz 1 gösterimi; **b)** Faz 2 gösterimi; **c)** Faz 3 gösterimi

Şekil 4.40'ta, bir periyotluk sinyal süresi boyunca, her bir faz için hareket tanımlamaları Vissim simülasyon programında gösterilmiştir. Senaryo 6'da oluşturulan faz planında 1 ve 3 numaralı yaklaşım kollarına aynı anda yeşil yanmaktadır (Faz 1). Ardından 2 numaralı yaklaşım koluna yeşil yanmaktadır (Faz 2). 4 numaralı yaklaşım koluna en son olarak geçiş hakkı verilmekte ve yeşil ışık yanmaktadır (Faz 3). Çizelge 4.93'te Senaryo 6'ya ait sinyal planı, Şekil 4.41'de ise Senaryo 6'ya ait Vissim sinyal zaman diyagramı gösterilmektedir.

Çizelge 4.93. Senaryo 6'ya ait sinyal planı

Sinyal Grupları	Işık Süreleri (s)											
	2	2	23	2	2	2	13	2	2	2	15	2
Grup 1												
Grup 2												
Grup 3												
Grup 4												
Grup 5												
Grup 6												
Grup 7												
Devre Süresi (s)												69



Şekil 4.41. Senaryo 6'ya ait Vissim sinyal zaman diyagramı

1 ve 3 numaralı yaklaşım kollarının yeşil yandığı zaman, araçların sola dönüş hareketlerine izin verilmemektedir. Aynı anda yeşil süreleri işlemeye başlayarak aynı zamanda tamamlanmaktadır ve araçlar düz gidiş ve sağa dönüş imkanlarına sahiptirler. Böylelikle kavşakta meydana gelen sola dönüş kaynaklı tıkanmaların giderilmesi amaçlanmıştır.

Çizelge 4.94'te Pazartesi sabah trafiği için Senaryo 6'ya ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç

gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.94. Senaryo 6 Pazartesi sabah analiz sonuçları

Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	11.90	56.19	B	19.06	11.64	57.44
1-4	11.90	56.19	F	0.00	0.00	0.00
1-1	11.90	56.19	F	0.00	0.00	0.00
1-2	3.07	55.60	A	0.94	0.12	32.56
2-3	9.48	59.37	C	27.65	19.72	65.58
2-4	9.48	59.37	C	26.17	16.27	50.53
2-1	9.48	59.37	C	29.28	19.95	77.28
3-3	8.17	51.49	F	0.00	0.00	0.00
3-4	3.61	52.34	A	0.43	0.00	29.75
3-1	8.17	51.49	C	22.47	11.33	72.24
3-2	8.17	51.49	F	0.00	0.00	0.00
4-3	2.92	26.17	C	21.63	15.47	58.03
4-4	2.92	26.17	F	0.00	0.00	0.00
4-1	0.00	0.00	A	3.77	0.08	57.90
4-2	2.92	26.17	C	22.72	16.27	50.73
Kavşak	5.59	59.37	B	16.56	9.28	-

Çizelge 4.94’te görüldüğü üzere, Senaryo 6’da Pazartesi günü sabah trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 16.56 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de “B” dir. Çizelge 4.95’te Senaryo 6 için Pazartesi günü sabah trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.95. Senaryo 6 Pazartesi sabah egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri

Hareket	CO Emisyonu (g)	NO _x Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	1348.96	262.46	312.63	19.30
1-4	0.00	0.00	0.00	0.00
1-1	0.00	0.00	0.00	0.00
1-2	28.11	5.47	6.52	0.40
2-3	41.69	8.11	9.66	0.60
2-4	123.04	23.94	28.51	1.76
2-1	309.78	60.27	71.79	4.43
3-3	0.00	0.00	0.00	0.00
3-4	10.27	2.00	2.38	0.15
3-1	954.83	185.78	221.29	13.66

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.95'in devamı

3-2	0.00	0.00	0.00	0.00
4-3	27.04	5.26	6.27	0,386792
4-4	0.00	0.00	0.00	0.00
4-1	854.01	166.16	197.93	12.22
4-2	110.56	21.51	25.62	1.58
Kavşak	3593.59	699.18	832.85	51.41

Çizelge 4.95'te görüldüğü üzere, Senaryo 6 için Pazartesi sabah kavşak genelinde CO emisyonu 3593.59 g, NOx emisyonu 699.18 g, VOC emisyonu 832.85 g, yakıt tüketimi değeri ise 51.41 galon'dur.

Çizelge 4.96'da Pazartesi akşam trafiği için Senaryo 6'ya ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.96. Senaryo 6 Pazartesi akşam analiz sonuçları

Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	37.06	97.50	D	37.83	23.69	77.44
1-4	37.06	97.50	F	0.00	0.00	0.00
1-1	37.06	97.50	F	0.00	0.00	0.00
1-2	29.80	100.28	A	6.53	3.60	38.09
2-3	16.15	74.20	C	32.22	22.28	70.35
2-4	16.15	74.20	D	36.74	23.80	61.24
2-1	16.15	74.20	C	32.46	22.19	80.27
3-3	8.92	48.94	F	0.00	0.00	0.00
3-4	4.22	49.79	A	2.63	0,564694	31.90
3-1	8.92	48.94	C	21.01	10.87	71.39
3-2	8.92	48.94	F	0.00	0.00	0.00
4-3	7.19	120.56	C	29.29	21.62	65.91
4-4	7.19	120.56	B	17.11	7.05	46.97
4-1	0.00	0.00	A	4.02	0,325657	57.97
4-2	7.19	120.56	C	24.05	17.10	51.84
Kavşak	14.76	120.56	C	26.59	16.20	-

Çizelge 4.96'da görüldüğü üzere, Senaryo 6'da Pazartesi günü akşam trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 26.59 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de "C" dir. Çizelge 4.97'de Senaryo 6 için Pazartesi günü akşam trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.97. Senaryo 6 Pazartesi akşam egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri

Hareket	CO Emisyonu (g)	NO _x Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	3181.58	619.02	737.36	45.52
1-4	0.00	0.00	0.00	0.00
1-1	0.00	0.00	0.00	0.00
1-2	39.20	7.63	9.08	0.56
2-3	70.86	13.79	16.42	1.01
2-4	352.10	68.51	81.60	5.04
2-1	308.92	60.10	71.59	4.42
3-3	0.00	0.00	0.00	0.00
3-4	49.69	9.67	11.52	0.71
3-1	1044.50	203.22	242.07	14.94
3-2	0.00	0.00	0.00	0.00
4-3	66.19	12.88	15.34	0.95
4-4	2.38	0.46	0.55	0.03
4-1	621.75	120.97	144.10	8.89
4-2	227.33	44.23	52.69	3.25
Kavşak	5377.66	1046.30	1246.32	76.93

Çizelge 4.97’de görüldüğü üzere, Senaryo 6 için Pazartesi akşam kavşak genelinde CO emisyonu 5377.66 g, NO_x emisyonu 1046.30 g, VOC emisyonu 1246.32 g, yakıt tüketimi değeri ise 76.93 galon’dur.

Çizelge 4.98’de Çarşamba sabah trafiği için Senaryo 6’ya ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.98. Senaryo 6 Çarşamba sabah analiz sonuçları

Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	11.46	60.38	B	18.62	11.05	56.91
1-4	11.46	60.38	F	0.00	0.00	0.00
1-1	11.46	60.38	F	0.00	0.00	0.00
1-2	2.61	63.17	A	1.16	0.19	32.59
2-3	12.42	65.65	C	26.24	18.66	64.38
2-4	12.42	65.65	C	27.68	17.23	52.26
2-1	12.42	65.65	C	31.92	21.95	80.18
3-3	8.66	46.17	F	0.00	0.00	0.00
3-4	4.64	47.61	A	0.66	0.00	29.96

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.98'in devamı

3-1	8.66	46.17	C	22.96	12.32	72.53
3-2	8.66	46.17	F	0.00	0.00	0.00
4-3	4.28	119.97	C	23.39	15.69	60.19
4-4	4.28	119.97	F	0.00	0.00	0.00
4-1	0.00	0.00	A	3.69	0.24	57.68
4-2	4.28	119.97	C	21.21	14.91	49.15
Kavşak	6.30	119.97	B	17.43	10.10	-

Çizelge 4.98'de görüldüğü üzere, Senaryo 6'da Çarşamba günü sabah trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 17.43 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de "B" dir. Çizelge 4.99'da Senaryo 6 için Çarşamba günü sabah trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.99. Senaryo 6 Çarşamba sabah egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri

Hareket	CO Emisyonu (g)	NOx Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	1384.95	269.46	320.98	19.81
1-4	0.00	0.00	0.00	0.00
1-1	0.00	0.00	0.00	0.00
1-2	58.60	11.40	13.58	0.84
2-3	51.01	9.93	11.82	0.73
2-4	101.61	19.77	23.55	1.45
2-1	397.56	77.35	92.14	5.69
3-3	0.00	0.00	0.00	0.00
3-4	11.91	2.32	2.76	0.17
3-1	928.72	180.70	215.24	13.29
3-2	0.00	0.00	0.00	0.00
4-3	52.27	10.17	12.11	0.75
4-4	0.00	0.00	0.00	0.00
4-1	706.34	137.43	163.70	10.11
4-2	133.23	25.92	30.88	1.91
Kavşak	3630.44	706.35	841.39	51.94

Çizelge 4.99'da görüldüğü üzere, Senaryo 6 için Çarşamba sabah kavşak genelinde CO emisyonu 3630.44 g, NOx emisyonu 706.35 g, VOC emisyonu 841.39 g, yakıt tüketimi değeri ise 51.94 galon'dur.

Çizelge 4.100'de Çarşamba akşam trafiği için Senaryo 6'ya ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.100. Senaryo 6 Çarşamba akşam analiz sonuçları

Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	17.03	68.23	C	21.62	11.88	60.25
1-4	17.03	68.23	F	0.00	0.00	0.00
1-1	17.03	68.23	F	0.00	0.00	0.00
1-2	7.12	70.88	A	2.74	1.29	34.34
2-3	13.96	63.12	C	32.26	22.86	70.37
2-4	13.96	63.12	C	33.49	21.19	57.90
2-1	13.96	63.12	C	28.60	19.10	76.33
3-3	9.58	49.24	F	0.00	0.00	0.00
3-4	4.85	50.09	A	1.43	0.16	31.13
3-1	9.58	49.24	C	23.30	12.43	73.42
3-2	9.58	49.24	F	0.00	0.00	0.00
4-3	8.24	132.73	C	32.46	24.04	69.07
4-4	8.24	132.73	C	21.73	15.14	51.18
4-1	0.00	0.00	A	4.04	0.46	57.95
4-2	8.24	132.73	C	25.32	18.42	53.24
Kavşak	8.68	132.73	C	20.58	11.81	-

Çizelge 4.100’de görüldüğü üzere, Senaryo 6’da Çarşamba günü akşam trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 20.58 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de “C” dir. Çizelge 4.101’de Senaryo 6 için Çarşamba günü akşam trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.101. Senaryo 6 Çarşamba akşam egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri

Hareket	CO Emisyonu (g)	NOx Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	2094.08	407.43	485.32	29.96
1-4	0.00	0.00	0.00	0.00
1-1	0.00	0.00	0.00	0.00
1-2	27.27	5.31	6.32	0.39
2-3	59.91	11.66	13.88	0.86
2-4	337.51	65.67	78.22	4.83
2-1	253.53	49.33	58.76	3.63
3-3	0.00	0.00	0.00	0.00
3-4	31.92	6.21	7.40	0.46
3-1	1035.61	201.49	240.01	14.82
3-2	0.00	0.00	0.00	0.00
4-3	68.97	13.42	15.98	0.99
4-4	4.73	0.92	1.10	0.07
4-1	583.43	113.52	135.22	8.35
4-2	227.66	44.29	52.76	3.26
Kavşak	4495.12	874.59	1041.79	64.31

Çizelge 4.101’de görüldüğü üzere, Senaryo 6 için Çarşamba akşam kavşak genelinde CO emisyonu 4495.12 g, NOx emisyonu 874.59 g, VOC emisyonu 1041.79 g, yakıt tüketimi değeri ise 64.31 galon’dur.

Çizelge 4.102’de Cuma sabah trafiği için Senaryo 6’ya ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.102. Senaryo 6 Cuma sabah analiz sonuçları

Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	12.72	62.49	B	19.48	11.46	57.60
1-4	12.72	62.49	F	0.00	0.00	0.00
1-1	12.72	62.49	F	0.00	0.00	0.00
1-2	3.36	65.27	A	1.75	0.50	33.08
2-3	12.46	62.84	C	22.96	15.93	60.80
2-4	12.46	62.84	C	27.39	17.58	51.90
2-1	12.46	62.84	C	31.30	20.93	79.34
3-3	12.38	70.30	F	0.00	0.00	0.00
3-4	6.72	71.15	A	2.58	0.19	32.04
3-1	12.38	70.30	C	25.63	12.34	75.83
3-2	12.38	70.30	F	0.00	0.00	0.00
4-3	3.09	19.77	C	22.00	15.10	58.45
4-4	3.09	19.77	F	0.00	0.00	0.00
4-1	0.01	10.43	A	4.55	0.11	58.81
4-2	3.09	19.77	C	21.81	15.33	49.51
Kavşak	7.25	71.15	B	18.11	9.66	-

Çizelge 4.102’de görüldüğü üzere, Senaryo 6’da Cuma günü sabah trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 18.11 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de “B” dir. Çizelge 4.103’te Senaryo 6 için Cuma günü sabah trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.103. Senaryo 6 Cuma sabah egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri

Hareket	CO Emisyonu (g)	NOx Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	1483.22	288.58	343.75	21.22
1-4	0.00	0.00	0.00	0.00
1-1	0.00	0.00	0.00	0.00
1-2	25.68	5.00	5.95	0.37
2-3	30.88	6.01	7.16	0.44

Çizelge 4.103'ün devamı

2-4	148.51	28.90	34.42	2.12
2-1	370.12	72.01	85.78	5.30
3-3	0.00	0.00	0.00	0.00
3-4	3.59	0.70	0.83	0.05
3-1	1285.82	250.17	298.00	18.40
3-2	0.00	0.00	0.00	0.00
4-3	57.94	11.27	13.43	0.83
4-4	0.00	0.00	0.00	0.00
4-1	980.52	190.77	227.25	14.03
4-2	112.04	21.80	25.97	1.60
Kavşak	4256.85	828.23	986.57	60.90

Çizelge 4.103'te görüldüğü üzere, Senaryo 6 için Cuma sabah kavşak genelinde CO emisyonu 4256.85 g, NOx emisyonu 828.23 g, VOC emisyonu 986.57 g, yakıt tüketimi değeri ise 60.90 galon'dur.

Çizelge 4.104'te Cuma akşam trafiği için Senaryo 6'ya ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.104. Senaryo 6 Cuma akşam analiz sonuçları

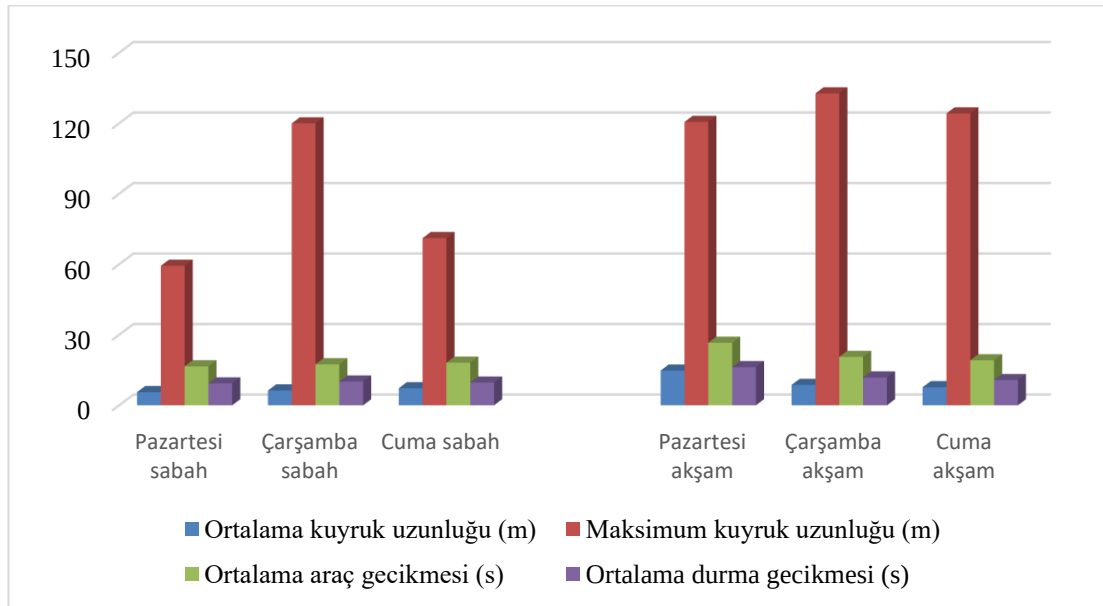
Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	16.63	76.76	C	21.27	12.02	59.87
1-4	16.63	76.76	F	0.00	0.00	0.00
1-1	16.63	76.76	F	0.00	0.00	0.00
1-2	6.33	79.55	A	1.31	0.05	32.80
2-3	9.44	57.16	C	27.32	19.05	65.39
2-4	9.44	57.16	C	30.12	19.15	54.54
2-1	9.44	57.16	C	20.04	12.58	67.33
3-3	9.73	50.85	F	0.00	0.00	0.00
3-4	4.88	51.70	A	2.32	0.15	31.90
3-1	9.73	50.85	C	22.12	11.25	72.33
3-2	9.73	50.85	F	0.00	0.00	0.00
4-3	6.85	124.19	C	34.59	26.38	71.09
4-4	6.85	124.19	C	24.05	17.24	53.41
4-1	0.00	0.00	A	4.06	0.45	58.00
4-2	6.85	124.19	C	24.92	18.04	52.75
Kavşak	7.69	124.19	B	19.14	10.73	-

Çizelge 4.104'te görüldüğü üzere, Senaryo 6'da Cuma günü akşam trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 19.14 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de "B" dir. Çizelge 4.105'te Senaryo 6 için Cuma günü akşam trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.105. Senaryo 6 Cuma akşam egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri

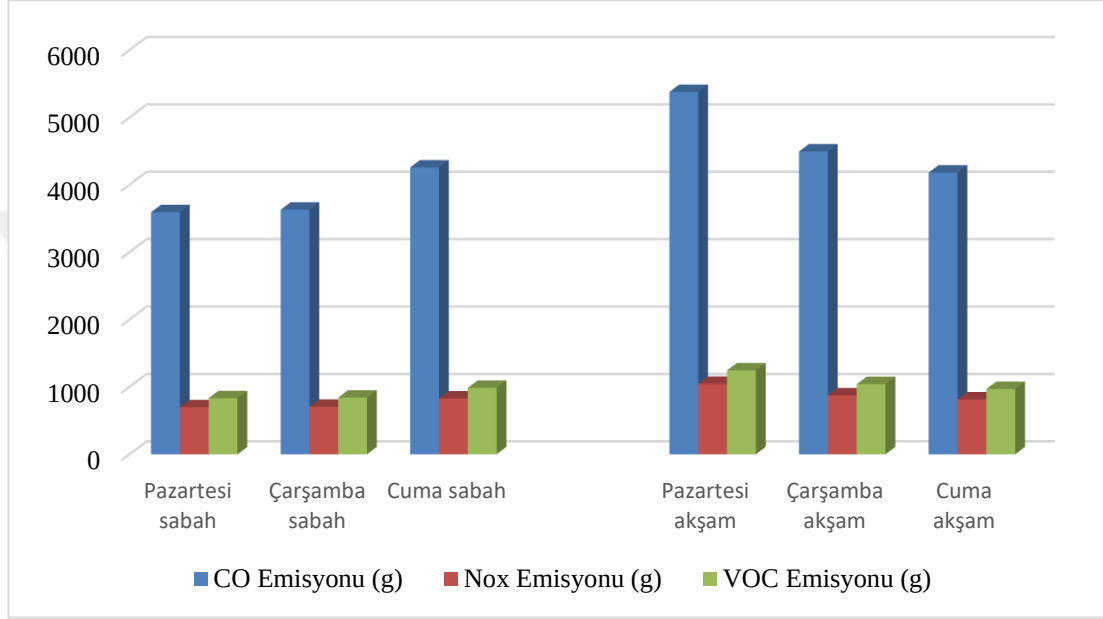
Hareket	CO Emisyonu (g)	NOx Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	1964.74	382.27	455.35	28.11
1-4	0.00	0.00	0.00	0.00
1-1	0.00	0.00	0.00	0.00
1-2	22.66	4.41	5.25	0.32
2-3	49.41	9.61	11.45	0.71
2-4	294.31	57.26	68.21	4.21
2-1	65.62	12.77	15.21	0.94
3-3	0.00	0.00	0.00	0.00
3-4	22.97	4.47	5.32	0.33
3-1	1121.39	218.18	259.89	16.04
3-2	0.00	0.00	0.00	0.00
4-3	68.41	13.31	15.85	0.98
4-4	4.87	0.95	1.13	0.07
4-1	623.88	121.38	144.59	8.93
4-2	189.49	36.87	43.92	2.71
Kavşak	4181.37	813.54	969.07	59.82

Çizelge 4.105'te görüldüğü üzere, Senaryo 6 için Cuma akşam kavşak genelinde CO emisyonu 4181.37 g, NOx emisyonu 813.54 g, VOC emisyonu 969.07 g, yakıt tüketimi değeri ise 59.82 galon'dur.



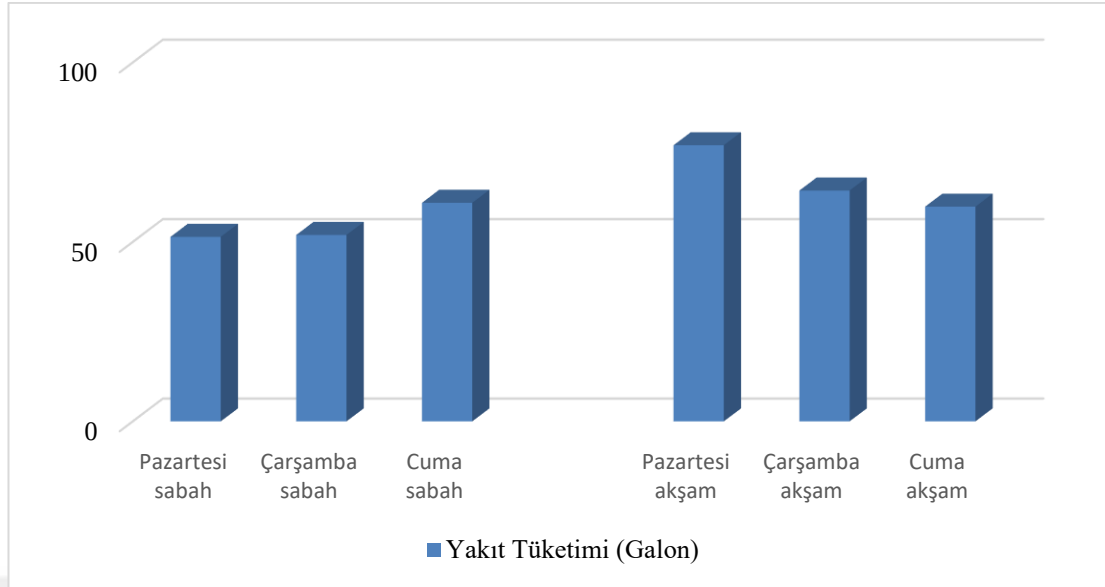
Şekil 4.42. Senaryo 6 analiz sonuçlarının günler, vakitler ve performans parametreleri bakımından karşılaştırılması

Şekil 4.42’de, Senaryo 6 için yapılan analiz sonuçlarına göre, maksimum kuyruk uzunluğunda 132.73 m ile Çarşamba akşam, ortalama kuyruk uzunluğunda 14.76 m, ortalama araç gecikmesinde 26.59 s ve ortalama durma gecikmesinde 16.20 s ile Pazartesi akşam durumlarının en yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir. Pazartesi sabah, 59.37 m maksimum kuyruk uzunluğu, 5.59 m ortalama kuyruk uzunluğu, 16.56 s ortalama araç gecikmesi ve 9.28 s ortalama durma gecikmesi ile analizler içerisinde en düşük değerlere sahiptir (Şekil 4.42). Ayrıca, sabah ve akşam analiz sonuçlarına bakıldığında, akşam vakitlerindeki gecikme ve kuyruk uzunluğu değerlerinin sabah vakitlerindekiyle göre yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 4.43. Senaryo 6 analiz sonuçlarının günler, vakitler ve egzoz emisyonları bakımından karşılaştırılması

Şekil 4.43’te Senaryo 6 analiz sonuçlarına göre CO, NOx ve VOC emisyonları karşılaştırılması yapılmıştır. Analiz sonuçları karşılaştırıldığında, akşam vakitlerindeki trafiğin sabahlara göre daha yüksek egzoz emisyonu oluşturulduğu görülmektedir. Emisyonun en fazla meydana geldiği durum CO için 5377.66 g, NOx için 1046.30 g, VOC için 1246.32 g değerleri ile Pazartesi akşam, en az meydana geldiği durum ise CO için 3593.59 g, NOx için 699.18 g, VOC için 832.85 g değerleri ile Pazartesi sabah olarak görülmektedir. Sabah vakitleri arasında karşılaştırma yapıldığında en fazla emisyonun CO için 4256.85 g, NOx için 828.23 g, VOC için 986.57 g değerleri ile Cuma sabah meydana geldiği görülmektedir. Akşam vakitleri analiz sonuçları karşılaştırıldığında ise Pazartesi akşam durumunun CO için 5377.66 g, NOx için 1046.30 g, VOC için 1246.32 g değerleri ile en fazla emisyonu sebep olduğu görülmektedir (Şekil 4.43).



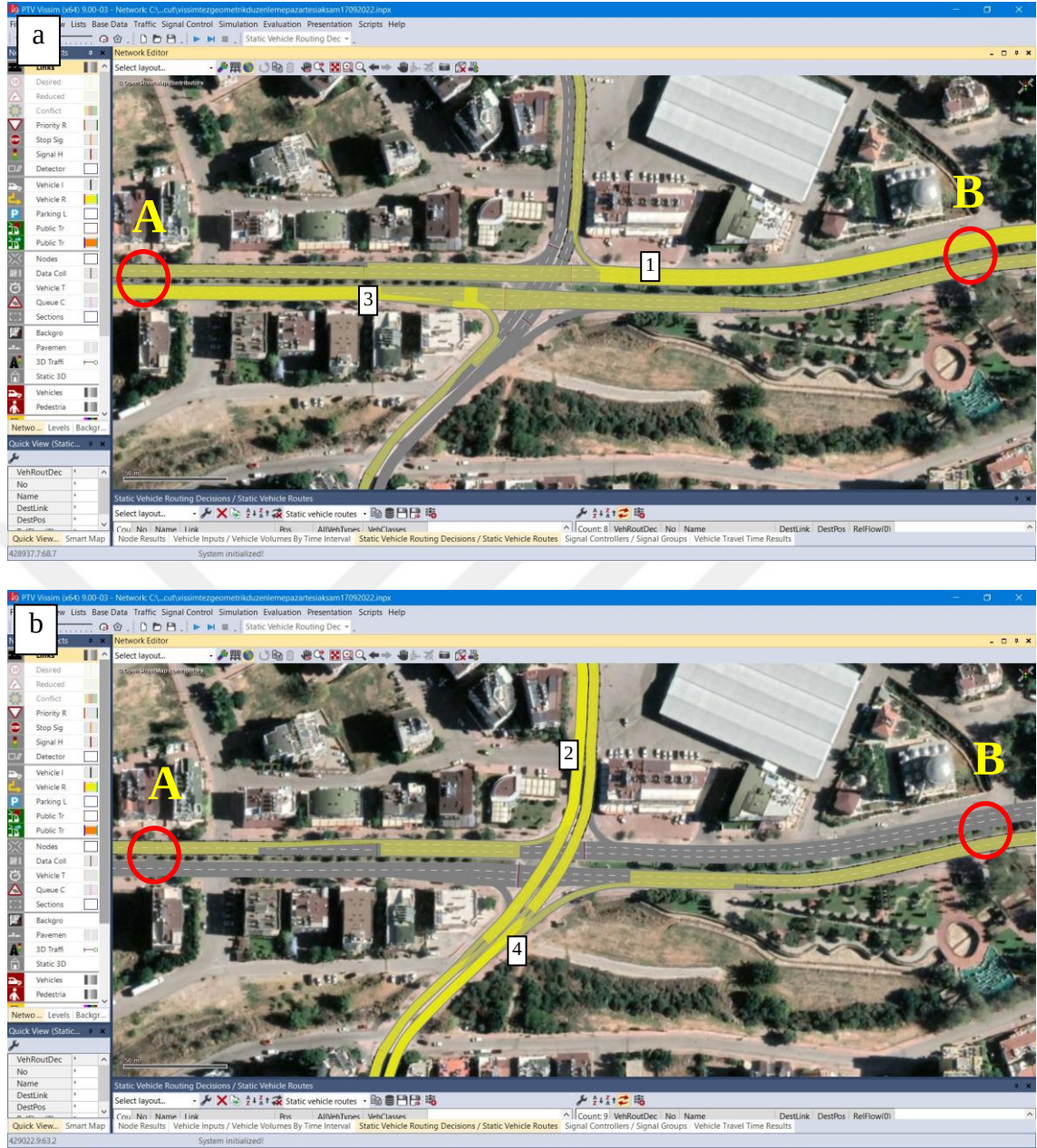
Şekil 4.44. Senaryo 6 analiz sonuçlarının günler, vakitler ve yakıt tüketimleri bakımından karşılaştırılması

Şekil 4.44'te Senaryo 6 analiz sonuçlarının günlere, vakitlere ve yakıt tüketimlerine göre karşılaştırma grafiği gösterilmiştir. Sabah analizleri arasında kıyaslama yapıldığında 60.90 galon değeri ile Cuma sabah durumunun, en fazla yakıt tüketimine sebep olan durum olduğu görülmektedir. Bu kıyaslama akşam analizleri arasında yapıldığında ise Pazartesi akşam durumunun, 76.93 galon değeri ile en fazla yakıt tüketimine sebep olduğu görülmektedir. Tüm günler ve vakitler göz önüne alındığında, Senaryo 6 analiz sonuçlarına göre, en fazla yakıt tüketimine sebep olan gün ve vakit 76.93 galon değeri ile Pazartesi akşam durumudur. Akşam ve sabah vakitleri karşılaştırıldığında ise akşam vakitleri yakıt tüketimlerinin sabahlara göre daha fazla olduğu görülmektedir (Şekil 4.44).

4.4.1.7. Senaryo 7 (Geometrik düzenleme sonrası 2 fazlı işletim durumu)

Kavşağın mevcut sinyal düzeni, faz düzeni ve geometrisinden farklı olacak şekilde Senaryo 7 oluşturulmuştur. Senaryo 7'de kavşak yaklaşım kollarından gelen bütün akımlar için kavşak içerisinde sola dönüşler yasaklanmıştır. Bütün yaklaşım kolları için yalnızca düz gidiş ve sağa dönüş hareketi imkanları vardır.

Kavşağın işletim sisteminde yapılan bu değişiklik ile faz sayısı mevcut durumda 4 adet iken, 2'ye düşürülmüştür. Bu değişiklik ile araçların sola dönüşünün engellenmesine alternatif olarak, geometrik bir değişiklik önerilmiş ve analiz edilmiştir. Bu geometrik değişiklik, Şekil 4.45'te kırmızı halkalar ile gösterilen yerlere U dönüş cebi yapılmasıdır. Bu U dönüş cebi sayesinde, kavşak içerisine giriş yapan araçların kısıtlanmış olan sola dönüş ve U dönüş hareketlerini yapılabilmesi amaçlanmıştır. Şekil 4.45'te, bir periyotluk sinyal süresi boyunca, her bir faz için hareket tanımlamaları Vissim simülasyon programında gösterilmiştir.



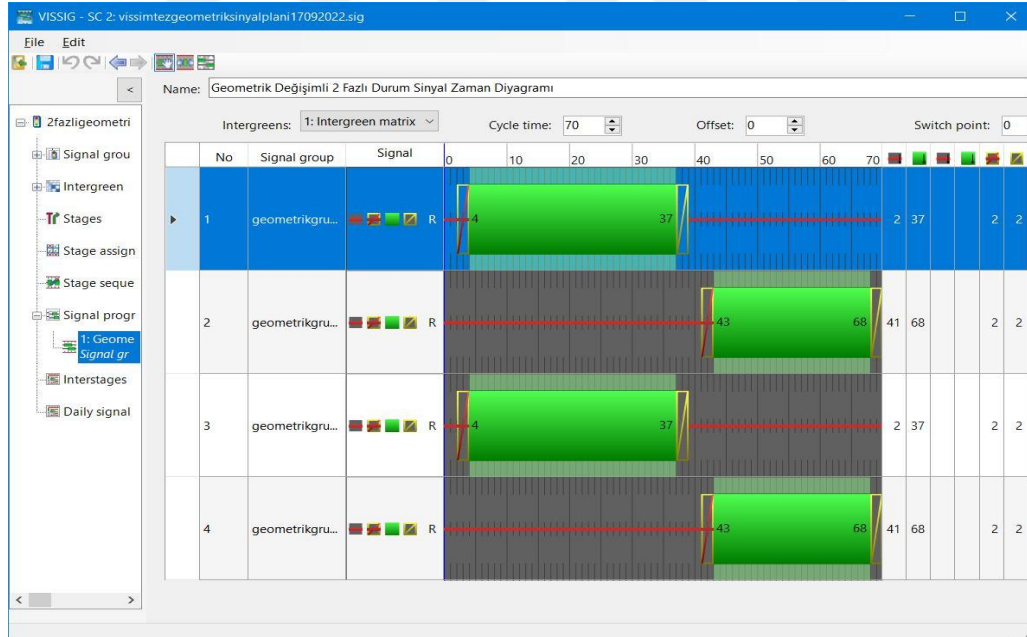
Şekil 4.45. Senaryo 7’ye ait 2 fazlı işletim planı Vissim görselleri; a) Faz 1 gösterimi; b) Faz 2 gösterimi

Senaryo 7’de oluşturulan sinyal ve faz planına göre, kavşak yaklaşım kollarından 1 ve 3 aynı anda geçiş haklarına sahip (Faz 1), 2 ve 4 aynı anda geçiş haklarına sahiptir (Faz 2). 1 ve 3 numaralı yaklaşım kolları geçiş haklarını tamamladıktan sonra, 2 ve 4 numaralı yaklaşım kollarından gelen araçlar hareketlerine başlarlar. 1 numaralı yaklaşım kolundan gelen araçlar U dönüş ve sola dönüş için A halkası ile gösterilen cepten, 3 numaralı yaklaşım kolundan gelen araçlar B halkası ile gösterilen cepten, 2 numaralı yaklaşım kolundan gelen araçlar sola dönüş hareketi için A halkası ile gösterilen cepten, 4 numaralı yaklaşım kolundan gelen araçlar ise sola dönüş ve U dönüş için B halkası ile gösterilen cepten hareketlerine devam etmektedirler.

Çizelge 4.106’da Senaryo 7’ye ait sinyal planı gösterilmiştir. 1 ve 3 numaralı yaklaşım kollarına ait sinyal gruplarının yeşil süreleri 33 s, 2 ve 4 numaralı yaklaşım kollarına ait yeşil süreleri 25 s, kavşak sinyal planının devre süresi ise 70 s olarak görülmektedir (Çizelge 4.106). Senaryo 7’ye ait Vissim sinyal zaman diyagramı Şekil 4.46’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.106. Senaryo 7 (Geometrik düzenleme sonrası 2 fazlı işletim durumu) sinyal planı

Sinyal Grupları	Işık Süreleri (s)							
	2	2	33	2	2	2	25	2
Grup 1								
Grup 2								
Grup 3								
Grup 4								
Grup 5								
Grup 6								
Grup 7								
Devre Süresi (s)								70



Şekil 4.46. Geometrik değişimli 2 fazlı durum Vissim sinyal zaman diyagramı

Çizelge 4.107’de Pazartesi sabah trafiği için Senaryo 7’ye ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.107. Senaryo 7 Pazartesi sabah analiz sonuçları

Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	7.67	45.05	B	13.82	6.33	51.86
1-4	7.67	45.05	B	19.09	6.98	75.21
1-1	7.67	45.05	D	37.34	18.41	116.71
1-2	2.02	47.84	A	0.86	0.00	40.86
2-3	6.39	54.27	B	13.92	7.49	55.95
2-4	6.39	54.27	B	17.35	10.26	45.63
2-1	6.39	54.27	C	21.24	12.63	116.44
3-3	7.82	50.94	D	48.81	22.93	114.17
3-4	3.99	51.74	A	0.92	0.00	27.82
3-1	7.82	50.94	C	20.72	7.45	67.32
3-2	7.82	50.94	C	20.21	8.02	91.06
4-3	0.09	32.11	B	14.10	5.30	85.66
4-4	0.09	32.11	F	0.00	0.00	0.00
4-1	0.09	32.11	A	3.98	0.11	58.12
4-2	0.99	32.11	B	16.44	11.11	52.64
Kavşak	4.27	54.27	B	14.74	6.12	-

Çizelge 4.107’de görüldüğü üzere, Senaryo 7’de Pazartesi günü sabah trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 14.74 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de “B” dir. Çizelge 4.108’de Senaryo 7 için Pazartesi günü sabah trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.108. Senaryo 7 Pazartesi sabah egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri

Hareket	CO Emisyonu (g)	NOx Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	554.23	107.83	128.45	7.93
1-4	743.63	144.68	172.34	10.64
1-1	209.35	40.73	48.52	2.99
1-2	32.18	6.26	7.46	0.46
2-3	38.88	7.56	9.01	0.56
2-4	122.07	23.75	28.29	1.75
2-1	467.00	90.86	108.23	6.68
3-3	73.54	14.31	17.04	1.05
3-4	10.36	2.02	2.40	0.15
3-1	710.31	138.20	164.62	10.16
3-2	214.80	41.79	49.78	3.07
4-3	29.70	5.78	6.88	0.42
4-4	0.00	0.00	0.00	0.00
4-1	857.68	166.87	198.77	12.27
4-2	112.62	21.91	26.10	1.61
Kavşak	4027.49	783.60	933.41	57.62

Çizelge 4.108’de görüldüğü üzere, Senaryo 7 için Pazartesi sabah kavşak genelinde CO emisyonu 4027.49 g, NO_x emisyonu 783.60 g, VOC emisyonu 933.41 g, yakıt tüketimi değeri ise 57.62 galon’dur.

Çizelge 4.109’da Pazartesi akşam trafiği için Senaryo 7’ye ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.109. Senaryo 7 Pazartesi akşam analiz sonuçları

Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	14.76	77.21	C	20.94	8.29	59.32
1-4	14.76	77.21	C	31.91	8.45	88.10
1-1	14.76	77.21	D	50.96	20.64	130.43
1-2	5.18	69.35	A	1.84	0.27	42.03
2-3	11.29	74.23	C	22.22	14.20	64.45
2-4	11.29	74.23	B	17.73	9.30	45.97
2-1	11.29	74.23	C	26.54	14.55	121.89
3-3	10.69	86.59	D	45.94	19.52	114.28
3-4	6.99	87.39	A	5.45	0.27	32.22
3-1	10.69	86.59	C	21.60	6.79	68.88
3-2	10.69	86.59	C	22.17	8.50	92.37
4-3	0.00	0.00	C	27.29	7.64	98.75
4-4	0.00	0.00	A	0.00	0.00	0.00
4-1	0.00	0.00	A	4.13	0.14	58.23
4-2	0.75	19.71	B	16.41	10.74	52.69
Kavşak	7.20	87.39	C	21.15	7.41	-

Çizelge 4.109’da görüldüğü üzere, Senaryo 7’de Pazartesi günü akşam trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 21.15 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de “C” dir. Çizelge 4.110’da Senaryo 7 için Pazartesi günü akşam trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.110. Senaryo 7 Pazartesi akşam egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri

Hareket	CO Emisyonu (g)	NO _x Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	665.96	129.57	154.34	9.53
1-4	1846.66	359.29	427.98	26.42
1-1	218.32	42.48	50.60	3.12
1-2	40.93	7.96	9.49	0.59
2-3	68.47	13.32	15.87	0.98

Çizelge 4.110'un devamı

2-4	178.86	34.80	41.45	2.56
2-1	717.90	139.68	166.38	10.27
3-3	95.50	18.58	22.13	1.37
3-4	12.09	2.35	2.80	0.17
3-1	858.83	167.10	199.04	12.29
3-2	254.76	49.57	59.04	3.64
4-3	40.04	7.79	9.28	0.57
4-4	0.00	0.00	0.00	0.00
4-1	787.24	153.17	182.45	11.26
4-2	97.18	18.91	22.52	1.39
Kavşak	5705.18	1110.02	1322.23	81.62

Çizelge 4.110'da görüldüğü üzere, Senaryo 7 için Pazartesi akşam kavşak genelinde CO emisyonu 5705.18 g, NOx emisyonu 1110.02 g, VOC emisyonu 1322.23 g, yakıt tüketimi değeri ise 81.62 galon'dur.

Çizelge 4.111'de Çarşamba sabah trafiği için Senaryo 7'ye ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.111. Senaryo 7 Çarşamba sabah analiz sonuçları

Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	7.44	49.57	B	13.63	6.33	51.54
1-4	7.44	49.57	B	17.29	5.35	73.18
1-1	7.44	49.57	D	41.07	20.82	119.10
1-2	2.11	52.36	A	1.46	0.09	41.17
2-3	8.20	78.32	B	17.46	11.28	59.61
2-4	8.20	78.32	B	16.94	10.22	45.38
2-1	8.20	78.32	C	22.50	12.88	117.31
3-3	7.89	49.10	D	43.60	18.42	108.35
3-4	3.64	48.98	A	2.65	0.08	29.35
3-1	7.89	49.10	C	20.11	7.33	66.85
3-2	7.89	49.10	B	19.60	7.92	90.57
4-3	0.00	0.00	B	18.53	6.67	89.90
4-4	0.00	0.00	A	0.00	0.00	0.00
4-1	0.00	0.00	A	3.58	0.06	57.63
4-2	0.81	17.22	B	16.62	11.45	52.82
Kavşak	4.42	78.32	B	14.80	6.26	-

Çizelge 4.111’de görüldüğü üzere, Senaryo 7’de Çarşamba günü sabah trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 14.80 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de “B” dir. Çizelge 4.112’de Senaryo 7 için Çarşamba günü sabah trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.112. Senaryo 7 Çarşamba sabah egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri

Hareket	CO Emisyonu (g)	NO _x Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	629.71	122.52	145.94	9.01
1-4	637.19	123.97	147.68	9.12
1-1	265.88	51.73	61.62	3.80
1-2	67.70	13.17	15.69	0.97
2-3	51.42	10.00	11.92	0.74
2-4	94.97	18.48	22.01	1.36
2-1	586.90	114.19	136.02	8.40
3-3	66.81	13.00	15.48	0.96
3-4	10.98	2.14	2.54	0.16
3-1	678.89	132.09	157.34	9.71
3-2	211.07	41.07	48.92	3.02
4-3	33.41	6.50	7.74	0.48
4-4	0.00	0.00	0.00	0.00
4-1	766.34	149.10	177.61	10.96
4-2	95.18	18.52	22.06	1.36
Kavşak	4041.78	786.38	936.72	57.82

Çizelge 4.112’de görüldüğü üzere, Senaryo 7 için Çarşamba sabah kavşak genelinde CO emisyonu 4041.78 g, NO_x emisyonu 786.38 g, VOC emisyonu 936.72 g, yakıt tüketimi değeri ise 57.82 galon’dur.

Çizelge 4.113’te Çarşamba akşam trafiği için Senaryo 7’ye ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.113. Senaryo 7 Çarşamba akşam analiz sonuçları

Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	13.91	88.55	B	18.63	7.41	56.94
1-4	13.91	88.55	C	32.61	9.20	88.99
1-1	13.91	88.55	D	46.27	21.04	125.16
1-2	5.60	91.34	A	2.38	0.21	42.37
2-3	9.30	69.05	B	18.74	12.08	60.74

Çizelge 4.113'ün devamı

2-4	9.30	69.05	B	19.34	10.93	47.69
2-1	9.30	69.05	C	22.25	13.11	117.11
3-3	12.02	96.02	D	43.15	18.48	109.34
3-4	10.17	96.82	A	7.86	1.73	35.36
3-1	12.02	96.02	B	19.15	6.96	67.68
3-2	12.02	96.02	C	22.44	8.54	95.07
4-3	0.00	0.00	C	24.42	6.77	95.59
4-4	0.00	0.00	C	34.54	8.32	129.89
4-1	0.00	0.00	A	3.44	0.17	57.32
4-2	2.11	84.90	B	16.82	11.05	53.02
Kavşak	7.89	96.82	C	20.48	7.84	-

Çizelge 4.113'te görüldüğü üzere, Senaryo 7'de Çarşamba günü akşam trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 20.48 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de "C" dir. Çizelge 4.114'te Senaryo 7 için Çarşamba günü akşam trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.114. Senaryo 7 Çarşamba akşam egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri

Hareket	CO Emisyonu (g)	NO _x Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	657.15	127.86	152.30	9.40
1-4	1697.41	330.25	393.39	24.28
1-1	226.98	44.16	52.61	3.25
1-2	31.29	6.09	7.25	0.45
2-3	56.53	11.00	13.10	0.81
2-4	305.16	59.37	70.72	4.37
2-1	386.76	75.25	89.64	5.53
3-3	109.26	21.26	25.32	1.56
3-4	39.39	7.66	9.13	0.56
3-1	701.14	136.42	162.50	10.03
3-2	296.69	57.73	68.76	4.24
4-3	80.53	15.67	18.66	1.15
4-4	5.63	1.10	1.30	0.08
4-1	577.70	112.40	133.89	8.26
4-2	226.91	44.15	52.59	3.25
Kavşak	5249.47	1021.36	1216.61	75.10

Çizelge 4.114'te görüldüğü üzere, Senaryo 7 için Çarşamba akşam kavşak genelinde CO emisyonu 5249.47 g, NO_x emisyonu 1021.36 g, VOC emisyonu 1216.61 g, yakıt tüketimi değeri ise 75.10 galon'dur.

Çizelge 4.115'te Cuma sabah trafiği için Senaryo 7'ye ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.115. Senaryo 7 Cuma sabah analiz sonuçları

Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	8.25	51.03	B	13.67	6.03	51.41
1-4	8.25	51.03	C	20.17	6.40	76.24
1-1	8.25	51.03	D	47.75	23.74	125.99
1-2	2.43	53.77	A	2.25	0.39	42.26
2-3	8.75	83.16	B	17.11	10.88	59.61
2-4	8.75	83.16	B	17.52	10.19	46.00
2-1	8.75	83.16	C	23.67	13.01	119.11
3-3	10.12	68.05	D	35.35	14.33	103.46
3-4	6.61	68.85	A	5.12	0.12	32.12
3-1	10.12	68.05	C	22.39	7.04	69.41
3-2	10.12	68.05	C	20.93	6.31	91.40
4-3	1.04	134.89	B	19.51	4.56	91.23
4-4	1.04	134.89	F	0.00	0.00	0.00
4-1	1.04	134.89	A	5.84	0.35	60.05
4-2	1.27	134.89	B	13.97	8.57	50.12
Kavşak	5.53	134.89	B	16.52	6.17	-

Çizelge 4.115'te görüldüğü üzere, Senaryo 7'de Cuma günü sabah trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 16.52 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de "B" dir. Çizelge 4.116'da Senaryo 7 için Cuma günü sabah trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.116. Senaryo 7 Cuma sabah egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri

Hareket	CO Emisyonu (g)	NOx Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	647.54	125.99	150.07	9.26
1-4	661.60	128.72	153.33	9.46
1-1	350.10	68.12	81.14	5.01
1-2	29.69	5.78	6.88	0.42
2-3	34.41	6.69	7.97	0.49
2-4	146.10	28.42	33.86	2.09
2-1	566.38	110.20	131.26	8.10
3-3	29.02	5.65	6.73	0.41
3-4	3.73	0.73	0.86	0.05

Çizelge 4.116'nın devamı

3-1	892.82	173.71	206.92	12.77
3-2	389.25	75.73	90.21	5.57
4-3	72.23	14.05	16.74	1.03
4-4	0.00	0.00	0.00	0.00
4-1	1005.93	195.72	233.13	14.39
4-2	111.06	21.61	25.74	1.59
Kavşak	4787.85	931.54	1109.63	68.50

Çizelge 4.116'da görüldüğü üzere, Senaryo 7 için Cuma sabah kavşak genelinde CO emisyonu 4787.85 g, NOx emisyonu 931.54 g, VOC emisyonu 1109.63 g, yakıt tüketimi değeri ise 68.50 galon'dur.

Çizelge 4.117'de Cuma akşam trafiği için Senaryo 7'ye ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.117. Senaryo 7 Cuma akşam analiz sonuçları

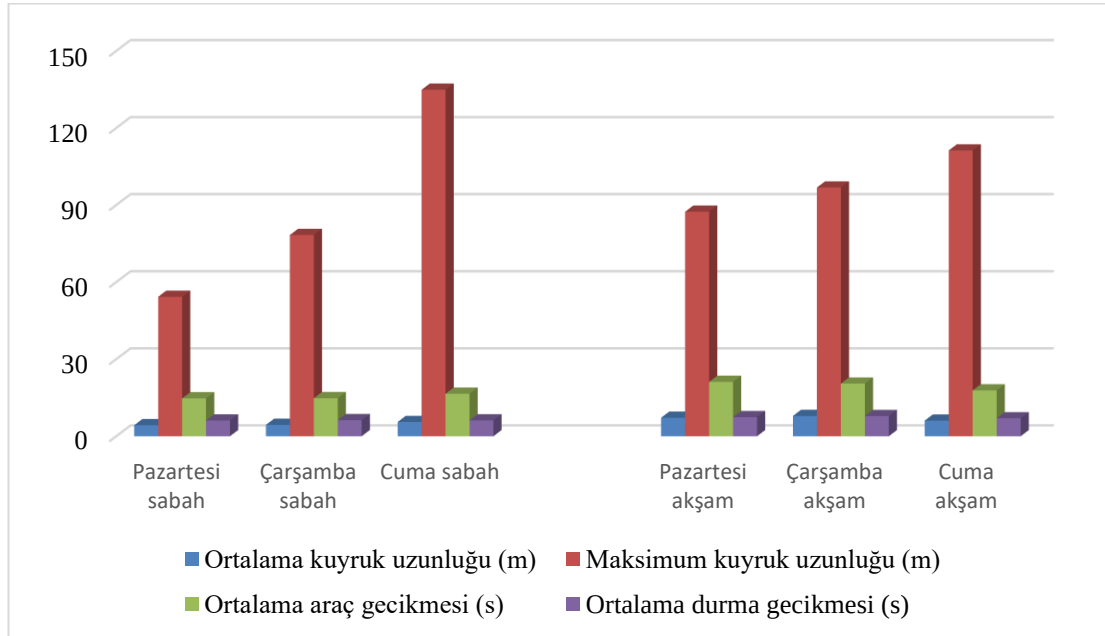
Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	12.20	67.73	B	16.63	7.41	54.82
1-4	12.20	67.73	C	26.92	8.37	83.24
1-1	12.20	67.73	D	40.02	18.55	119.93
1-2	4.26	70.52	A	0.97	0.00	41.02
2-3	5.81	55.05	B	19.94	13.68	61.86
2-4	5.81	55.05	B	17.40	9.41	45.78
2-1	5.81	55.05	B	19.58	11.87	114.72
3-3	9.88	110.45	D	40.98	17.13	109.43
3-4	7.49	111.25	A	6.50	1.91	33.66
3-1	9.88	110.45	B	18.01	6.61	66.89
3-2	9.88	110.45	B	18.04	6.96	90.50
4-3	0.00	0.00	C	21.64	7.01	93.45
4-4	0.00	0.00	C	32.38	6.15	123.80
4-1	0.00	0.00	A	3.26	0.06	57.18
4-2	1.44	32.69	B	17.07	11.38	53.33
Kavşak	6.08	111.25	B	17.85	6.97	-

Çizelge 4.117'de görüldüğü üzere, Senaryo 7'de Cuma günü akşam trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 17.85 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de "B" dir. Çizelge 4.118'de Senaryo 7 için Cuma günü akşam trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

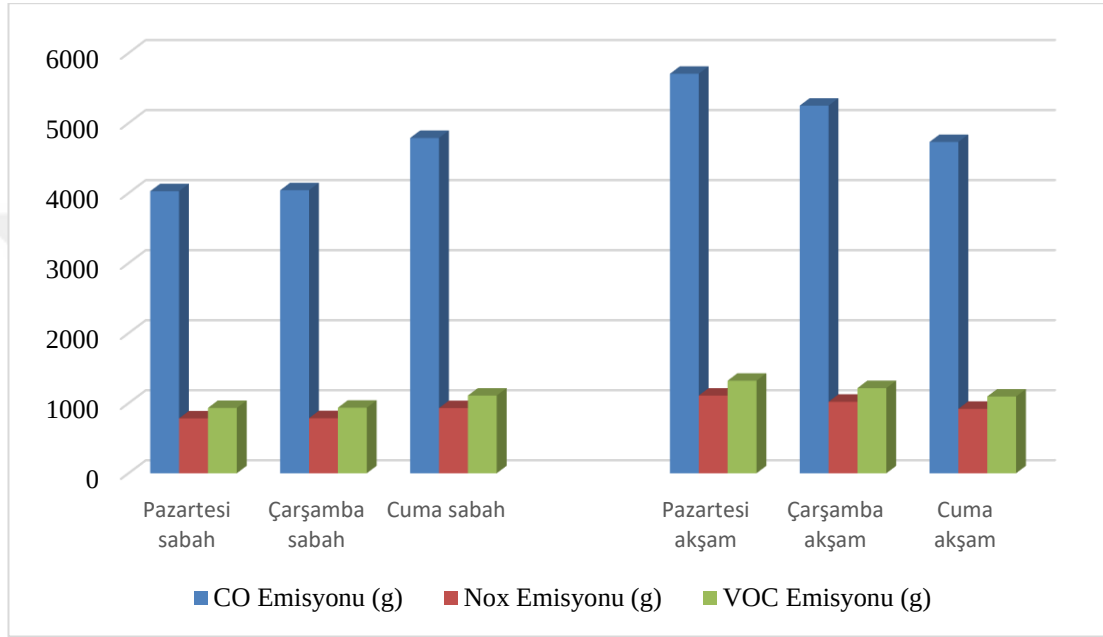
Çizelge 4.118. Senaryo 7 Cuma akşam egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri

Hareket	CO Emisyonu (g)	NOx Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	563.59	109.65	130.62	8.06
1-4	1527.73	297.24	354.07	21.86
1-1	233.86	45.50	54.20	3.35
1-2	25.61	4.98	5.94	0.37
2-3	50.83	9.89	11.78	0.73
2-4	267.36	52.02	61.96	3.82
2-1	108.19	21.05	25.07	1.55
3-3	110.85	21.57	25.69	1.59
3-4	25.47	4.95	5.90	0.36
3-1	830.72	161.63	192.53	11.88
3-2	230.76	44.90	53.48	3.30
4-3	72.46	14.10	16.79	1.04
4-4	11.39	2.22	2.64	0.16
4-1	615.66	119.79	142.69	8.81
4-2	191.10	37.18	44.29	2.73
Kavşak	4730.22	920.33	1096.27	67.67

Çizelge 4.118’de görüldüğü üzere, Senaryo 7 için Cuma akşam kavşak genelinde CO emisyonu 4730.22 g, NOx emisyonu 920.33 g, VOC emisyonu 1096.27 g, yakıt tüketimi değeri ise 67.67 galon’dur.

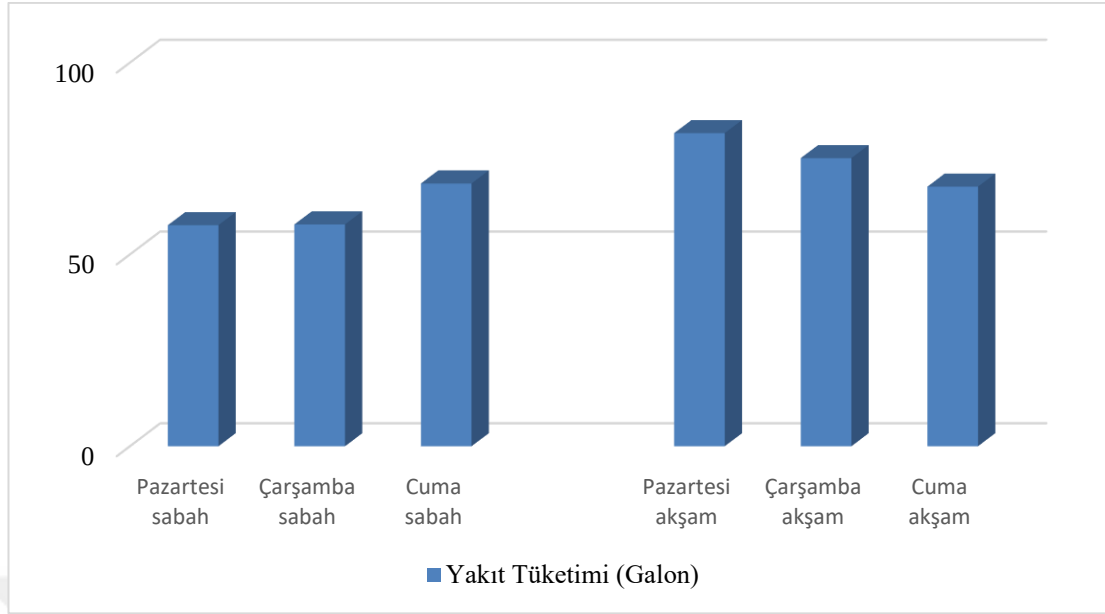
**Şekil 4.47.** Senaryo 7 analiz sonuçlarının günler, vakitler ve performans parametreleri bakımından karşılaştırılması

Şekil 4.47’de, Senaryo 7 için yapılan analiz sonuçlarına göre, maksimum kuyruk uzunluğunda 134.89 m ile Cuma sabah, ortalama kuyruk uzunluğunda 7.89 m ile Çarşamba akşam, ortalama araç gecikmesinde 21.15 s ile Pazartesi akşam ve ortalama durma gecikmesinde 7.84 s ile Çarşamba akşam durumlarının en yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir. Pazartesi sabah, 54.27 m maksimum kuyruk uzunluğu, 4.27 m ortalama kuyruk uzunluğu, 14.74 s ortalama araç gecikmesi ve 6.12 s ortalama durma gecikmesi ile analizler içerisinde en düşük değerlere sahiptir (Şekil 4.47). Ayrıca, sabah ve akşam analiz sonuçlarına bakıldığında, akşam vakitlerindeki gecikme ve kuyruk uzunluğu değerlerinin sabah vakitlerindeki değerlere göre yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 4.48. Senaryo 7 analiz sonuçlarının günler, vakitler ve egzoz emisyonları bakımından karşılaştırılması

Şekil 4.48’de Senaryo 7 analiz sonuçlarına göre CO, NOx ve VOC emisyonları karşılaştırılması yapılmıştır. Analiz sonuçları karşılaştırıldığında, akşam vakitlerindeki trafiğin sabahlara göre daha yüksek egzoz emisyonu oluşturulduğu görülmektedir. Emisyonun en fazla meydana geldiği durum CO için 5705.18 g, NOx için 1110.02 g, VOC için 1322.23 g değerleri ile Pazartesi akşam, en az meydana geldiği durum ise CO için 4027.49 g, NOx için 783.6 g, VOC için 933.41 g değerleri ile Pazartesi sabah olarak görülmektedir. Sabah vakitleri arasında karşılaştırma yapıldığında en fazla emisyonun CO için 4787.85 g, NOx için 931.54 g, VOC için 1109.63 g değerleri ile Cuma sabah meydana geldiği görülmektedir. Akşam vakitleri analiz sonuçları karşılaştırıldığında ise Pazartesi akşam durumunun CO için 5705.18 g, NOx için 1110.02 g, VOC için 1322.23 g değerleri ile en fazla emisyonu sebep olduğu görülmektedir (Şekil 4.48).

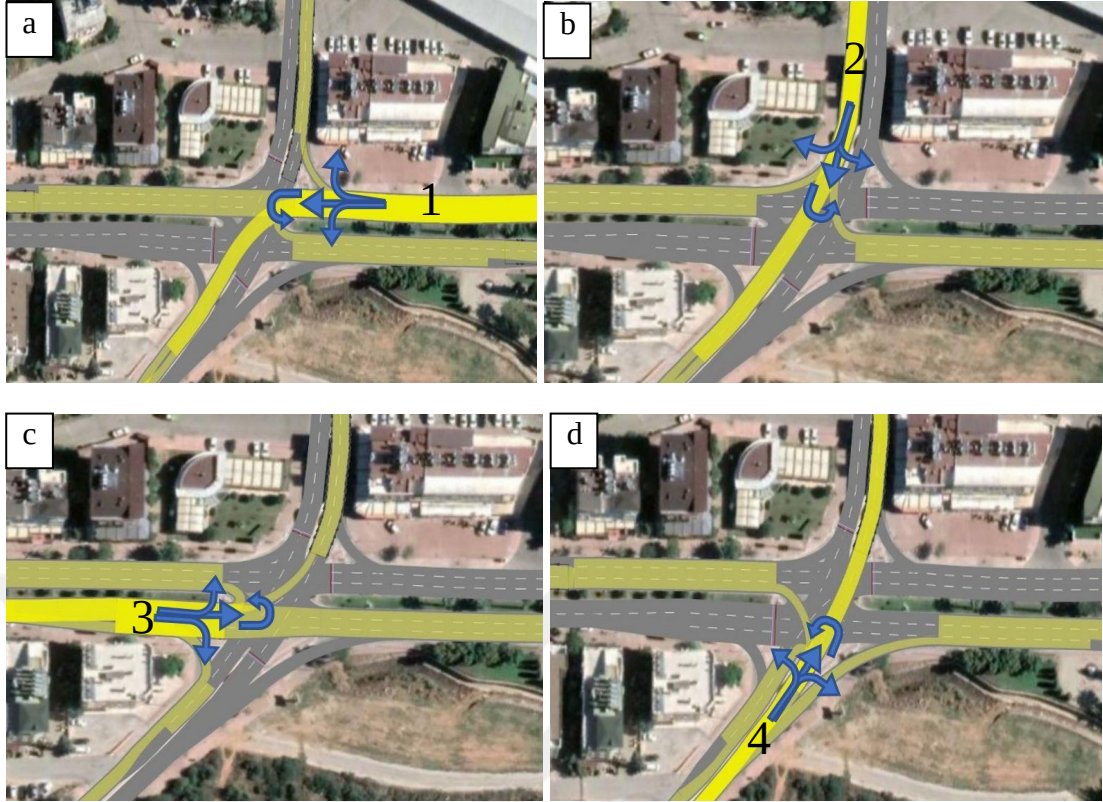


Şekil 4.49. Senaryo 7 analiz sonuçlarının günler, vakitler ve yakıt tüketimleri bakımından karşılaştırılması

Şekil 4.49’da Senaryo 7 analiz sonuçlarının günlere, vakitlere ve yakıt tüketimlerine göre karşılaştırma grafiği gösterilmiştir. Sabah analizleri arasında kıyaslama yapıldığında 68.50 galon değeri ile Cuma sabah durumunun, en fazla yakıt tüketimine sebep olan durum olduğu görülmektedir. Bu kıyaslama akşam analizleri arasında yapıldığında ise Pazartesi akşam durumunun, 81.62 galon değeri ile en fazla yakıt tüketimine sebep olduğu görülmektedir. Tüm günler ve vakitler göz önüne alındığında, Senaryo 7 analiz sonuçlarına göre, en fazla yakıt tüketimine sebep olan gün ve vakit 81.62 galon değeri ile Pazartesi akşam durumudur. Akşam ve sabah vakitleri karşılaştırıldığında ise akşam vakitleri yakıt tüketimlerinin sabahlara göre daha fazla olduğu görülmektedir (Şekil 4.49).

4.4.1.8. Senaryo 8: Webster yöntemi ile belirlenen optimum devre süresinin kullanılması durumu

Bu tez çalışmasında incelenen kavşağın mevcut sinyal planı ve trafik verileri üzerinden optimum devre süresi hesabı yapılmıştır. Optimum devre süresi hesabında, bu kavşak için denemenek üzere Webster yöntemi kullanılmıştır. Denklem 4.2’de Webster yöntemi optimum devre süresi eşitliği verilmiştir. Bu bölümde, Webster yöntemi ile optimum devre süresi hesabı, Çarşamba sabah trafiği için uygulanmış olup, hesaplama ve analiz sonuçlarına yer verilmiştir.



Şekil 4.50. Senaryo 8’e ait 4 fazlı işletim planı Vissim görselleri; **a)** Faz 1 gösterimi; **b)** Faz 2 gösterimi; **c)** Faz3 gösterimi; **d)** Faz 4 gösterimi

Şekil 4.50’de, bir periyotluk sinyal süresi boyunca, her bir faz için hareket tanımlamaları Vissim simülasyon programında gösterilmiştir. Senaryo 8’de oluşturulan faz planında mevcut duruma ait faz planı kullanılmıştır (4 Fazlı işletim). Sırasıyla 1, 2, 3, 4 numaralı yaklaşım kollarına geçiş hakkı verilmiştir (Faz 1, Faz 2, Faz3, Faz 4) (Şekil 4.50).

Optimum devre süresinin hesaplanabilmesi için; kavşağın kaç fazlı işleme sahip olduğu, toplam kayıp süre (devre süresinde yeşil süreleri dışında kalan süre), toplam doygunluk oranının bilinmesi gerekmektedir.

Optimum devre süresi hesabı;

$$C_{opt} = \frac{\phi \times L + 5}{1 - Y} \quad (4.2)$$

C_{opt} : Optimum Devre Süresi (s)

ϕ : 1.25 – 1.98 arasında katsayı (Kavşak üç veya daha fazla faz ile yönetiliyorsa $\phi=1.5$),

L : Toplam kayıp süre (s)

Y : Toplam doygunluk oranı

Toplam doyunluk oranının (Y) hesaplanabilmesi için, kavşaktaki yaklaşım kollarına ait ayrı ayrı doyunluk oranlarının (y_i) hesaplanması gerekmektedir. Toplam doyunluk oranı eşitliği, Denklem 4.3'te verilmiştir.

$$Y = \sum_{i=1}^n y_i \quad (4.3)$$

Kavşakta, i numaralı yaklaşım koluna ait doyunluk oranının hesaplanabilmesi için de i numaralı yaklaşım kolundan geçen taşıt sayısı (Q_i) ve kavşakta i yaklaşım kolundan o yolun koşullarına göre geçebilecek taşıt sayısı (doygun akım) (S_i) değerlerinin bilinmesi gerekmektedir.

$$y_i = \frac{Q_i}{S_i} \quad (4.4)$$

Q_i : Kavşakta i . yaklaşım kolundan geçen taşıt sayısı (ta/sa),

S_i : Kavşakta o yolun koşullarına göre, i . koldan geçebilecek taşıt sayısı (ta/sa),

y_i : Doyunluk oranı

Optimum devre süresi ve doyunluk oranlarının hesabından sonra, sinyal planında yer alacak olan ve kavşak yaklaşım kollarına ait yeşil sürelerinin (g_i) hesaplanması için Denklem 4.5'te verilen eşitlik kullanılmaktadır.

$$g_i = \frac{y_i}{Y} \times (C - L) \quad (4.5)$$

g_i : i . Koldaki etkin yeşil süre (s)

y_i : i . Koldaki doyunluk oranı

Y : Toplam doyunluk oranı

C : Devre süresi (s)

L : Toplam kayıp süre (s)

HCM 2010'da uygun şartlar altında, 250.000'den fazla nüfusun bulunduğu şehir içi yollarında doyun akım değeri 1900 otomobil/saat/şerit olarak belirtilmiştir. Bu sebeple, bu tez çalışmasındaki hesaplamalarda doyun akım (S_i), HCM 2010'a göre dikkate alınmıştır.

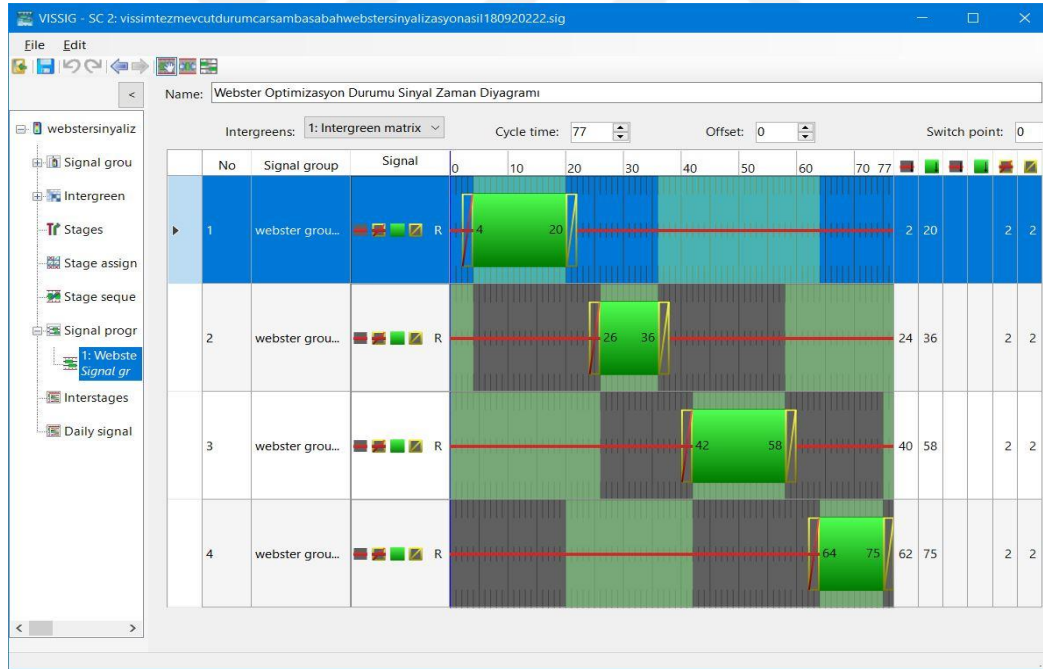
Yukarıdaki denklemlere göre yapılan hesaplamalarda, toplam doyunluk oranı (Y), 0.467 olarak elde edilmiştir. Buna bağlı olarak optimum devre süresi (C_{opt}), 77 s bulunmuştur. Daha sonra, her bir kavşak yaklaşım kolu için sırasıyla, 1 numaralı yaklaşım kolu için etkin yeşil süresi (g_1) 16 s, 2 numaralı yaklaşım kolu için etkin yeşil süresi (g_2)

10 s, 3 numaralı yaklaşım kolu için etkin yeşil süresi (g_3) 16 s, 4 numaralı yaklaşım kolu için etkin yeşil süresi (g_4) 11 s olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.119’da Senaryo 8’e ait sinyal planı, Şekil 4.51’de ise Vissim programında oluşturulan sinyal zaman diyagramı gösterilmiştir.

Çizelge 4.119. Senaryo 8 (Webster yöntemi ile optimum devre süresi) sinyal planı

Sinyal Grupları	Işık Süreleri (s)															
	2	2	16	2	2	2	10	2	2	2	16	2	2	2	11	2
Grup 1																
Grup 2																
Grup 3																
Grup 4																
Grup 5	-----															
Grup 6	-----															
Grup 7	-----															
Devre Süresi (s)															77	



Şekil 4.51. Senaryo 8 için Vissim’de oluşturulan sinyal zaman diyagramı

Çizelge 4.120’de Çarşamba sabah trafiği için Senaryo 8’e ait analiz sonuçları; ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, ortalama araç gecikmesi, ortalama durma gecikmesi ve ortalama seyahat süresi parametreleri bakımından, hareket doğrultuları ve kavşak geneli için gösterilmiştir.

Çizelge 4.120. Senaryo 8 Çarşamba sabah analiz sonuçları

Hareket	Ortalama Kuyruk Uzunluğu (m)	Maksimum Kuyruk Uzunluğu (m)	Hizmet Düzeyi	Ortalama Araç Gecikmesi (s)	Ortalama Durma Gecikmesi (s)	Ortalama Seyahat Süresi (s)
1-3	26.41	92.14	C	31.17	22.62	41.38
1-4	26.41	92.14	D	38.24	28.40	69.79
1-1	26.41	92.14	D	35.11	25.21	72.89
1-2	14.03	94.93	A	1.53	0.17	79.55
2-3	21.92	72.45	C	30.88	23.77	72.74
2-4	21.92	72.45	D	41.89	31.57	70.43
2-1	21.92	72.45	D	54.51	40.50	104.81
3-3	13.89	69.65	C	29.66	22.93	29.81
3-4	7.01	70.50	A	3.05	0.31	82.94
3-1	13.89	69.65	C	33.56	20.11	64.95
3-2	13.89	69.65	C	25.17	19.37	67.40
4-3	6.54	99.68	C	31.23	23.41	57.55
4-4	6.54	99.68	F	0.00	0.00	70.71
4-1	0.00	0.00	A	3.59	0.20	67.61
4-2	6.54	99.68	C	34.19	26.54	0.00
Kavşak	12.83	99.68	C	27.78	19.18	-

Çizelge 4.120’de görüldüğü üzere, Senaryo 8’de Çarşamba günü sabah trafiği için elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşaktaki ortalama araç gecikmesi değeri 27.78 s ve kavşak hizmet düzeyi değeri de “C” dir. Çizelge 4.121’de Senaryo 8 için Çarşamba günü sabah trafiği analizlerine göre egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.121. Senaryo 8 Çarşamba sabah egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri

Hareket	CO Emisyonu (g)	NOx Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (Galon)
1-3	886.04	172.39	205.35	12.68
1-4	572.79	111.44	132.75	8.19
1-1	184.63	35.92	42.79	2.64
1-2	68.11	13.25	15.79	0.97
2-3	55.71	10.84	12.91	0.80
2-4	134.34	26.14	31.13	1.92
2-1	526.27	102.39	121.97	7.53
3-3	31.66	6.16	7.34	0.45
3-4	13.31	2.59	3.09	0.19
3-1	842.97	164.01	195.37	12.06
3-2	119.54	23.26	27.70	1.71
4-3	57.54	11.19	13.33	0.82
4-4	0.00	0.00	0.00	0.00
4-1	704.29	137.03	163.22	10.08
4-2	173.43	33.74	40.19	2.48
Kavşak	4184.18	814.09	969.72	59.86

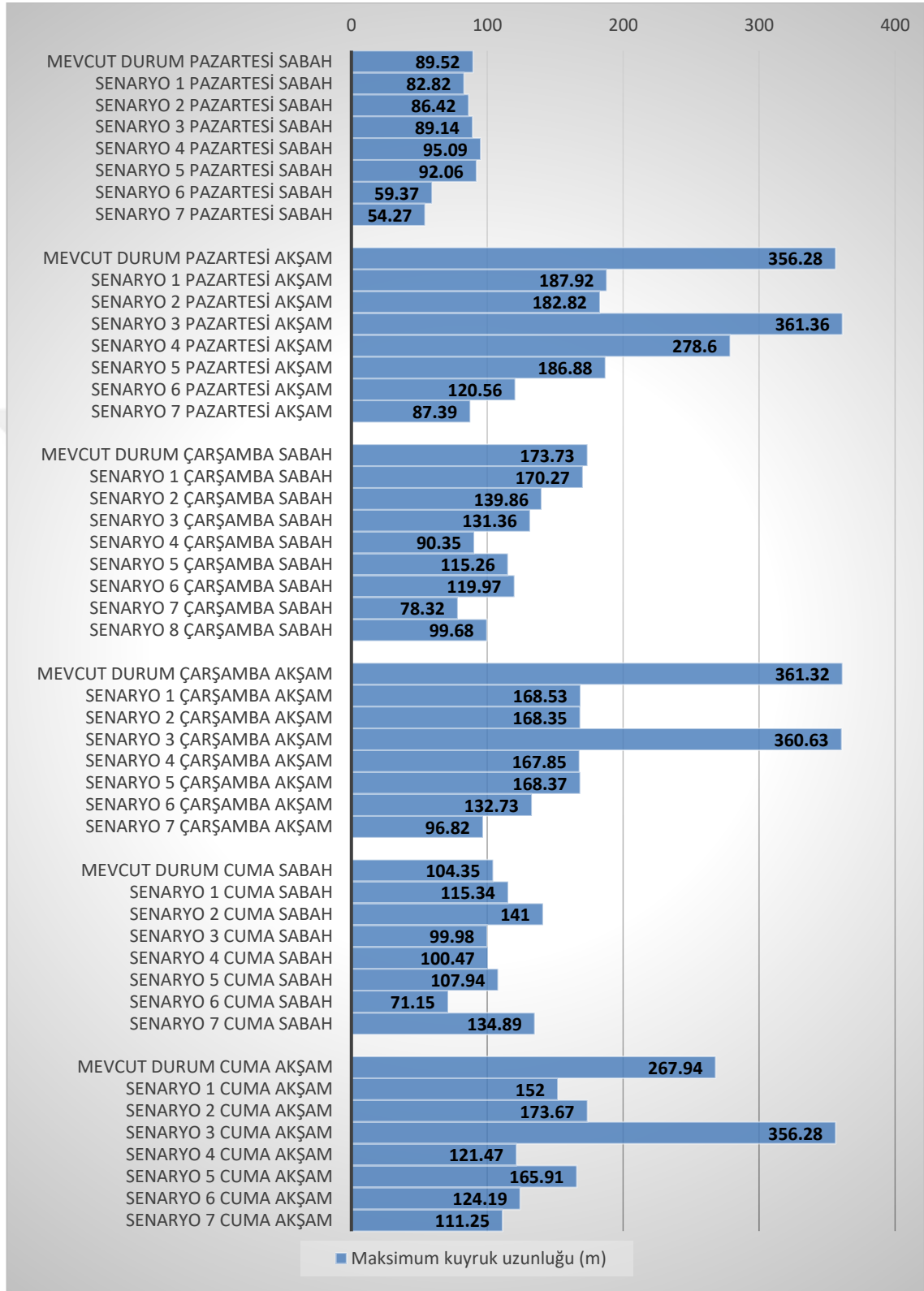
Çizelge 4.121’de görüldüğü üzere, Senaryo 8 için Çarşamba sabah kavşak genelinde CO emisyonu 4184.18 g, NOx emisyonu 814.09 g, VOC emisyonu 969.72 g, yakıt tüketimi değeri ise 59.86 galon’dur.

4.5. Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

Bu kısımda, kavşağı ait mevcut durum ve oluşturulan farklı durumlar için yapılan analizlerin karşılaştırılmasına yer verilmiştir. Maksimum kuyruk uzunluğu, ortalama kuyruk uzunluğu, hizmet düzeyi, araç başına kontrol gecikmesi, araç başına durma gecikmesi, egzoz emisyonları ve yakıt tüketimi parametreleri bakımından karşılaştırmalar yapılmıştır. Yapılan karşılaştırmalar grafikler halinde sunulmuş ve ardından yorumlanmıştır.



4.5.1. Maksimum kuyruk uzunluğu



Şekil 4.52. Bütün durumlara ait analiz sonuçlarının günler, vakitler ve maksimum kuyruk uzunlukları bakımından karşılaştırılması

Pazartesi sabah için, mevcut durum ve önerilen durumların tamamı kıyaslandığında, maksimum kuyruk uzunluğu parametresi bakımından en iyi sonuç 54.27 m ile Senaryo 7 önerisinden elde edilmiştir. En fazla kuyruk uzunluğuna sebep olan durum, 95.09 m ile Senaryo 4 önerisidir. Mevcut duruma ait maksimum kuyruk uzunluğu değeri 89.52 m'dir ve 82.82 m ile Senaryo 1'de, 86.42 m ile Senaryo 2'de, 89.14 m ile Senaryo 3'te, 59.37 m ile Senaryo 6'da ve 54.27 m ile Senaryo 7'de iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4 .52).

Pazartesi akşam için, mevcut durum ve önerilen durumların tamamı kıyaslandığında, maksimum kuyruk uzunluğu parametresi bakımından en iyi sonuç 87.39 m ile Senaryo 7 önerisinden elde edilmiştir. En fazla kuyruk uzunluğuna sebep olan durum, 361.36 m ile Senaryo 3 önerisidir. Mevcut duruma ait maksimum kuyruk uzunluğu değeri 356.28 m'dir ve 187.92 m ile Senaryo 1'de, 182.82 m ile Senaryo 2'de, 278.6 m ile Senaryo 4'te, 186.88 m ile Senaryo 5'te ve 120.56 m ile Senaryo 6'da, 87.39 m ile Senaryo 7'de iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4 .52).

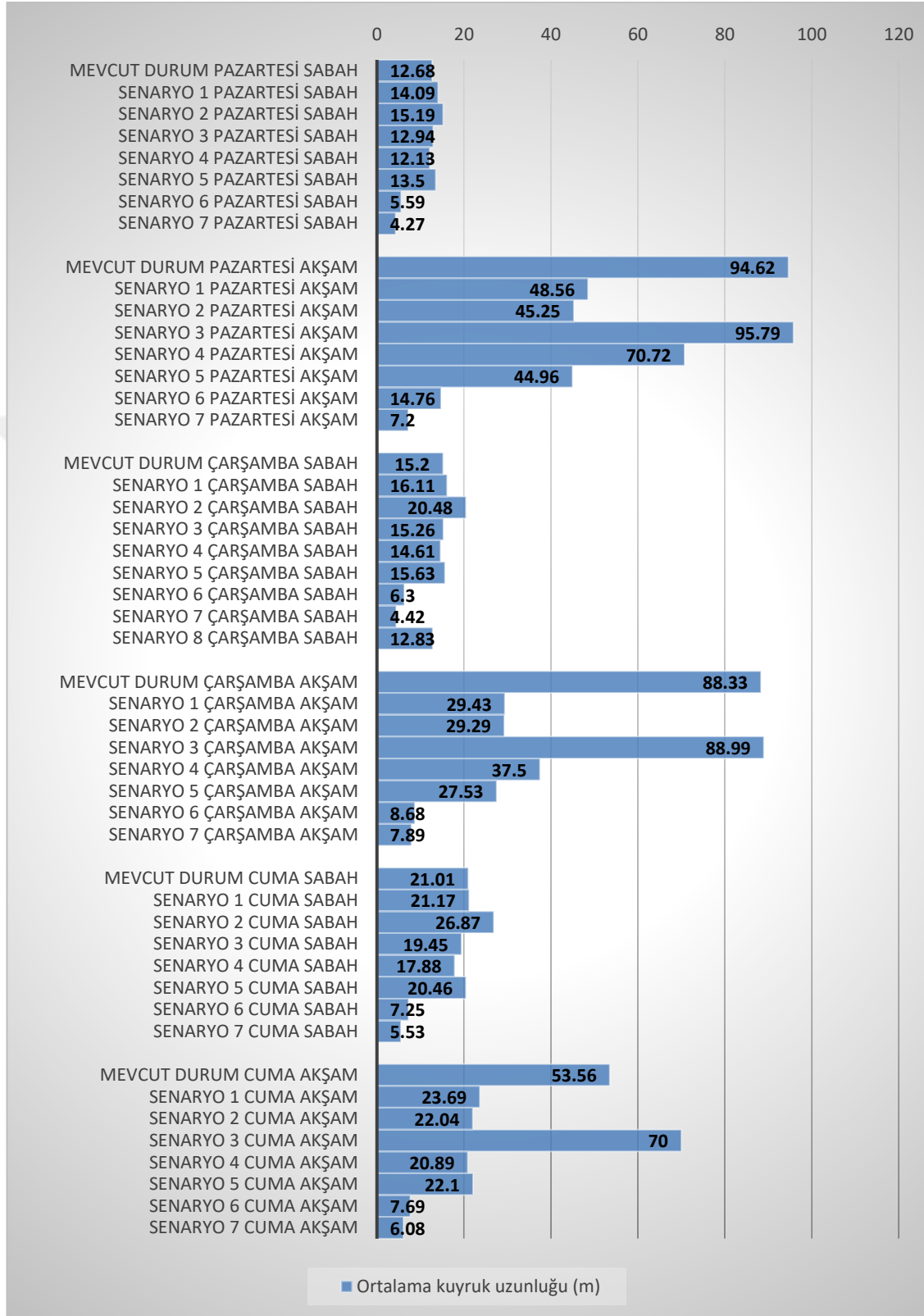
Çarşamba sabah için, mevcut durum ve önerilen durumların tamamı kıyaslandığında, maksimum kuyruk uzunluğu parametresi bakımından en iyi sonuç 78.32 m ile Senaryo 7 önerisinden elde edilmiştir. En fazla kuyruk uzunluğuna sebep olan durum, 173.73 m ile mevcut durumdur. Mevcut duruma ait maksimum kuyruk uzunluğu değeri 173.73 m'dir ve 170.27 m ile Senaryo 1'de, 139.86 m ile Senaryo 2'de, 131.36 m ile Senaryo 3'te, 90.35 m ile Senaryo 4'te, 115.26 m ile Senaryo 5'te, 119.97 m ile Senaryo 6'da, 78.32 m ile Senaryo 7'de ve 99.68 m ile Senaryo 8'de iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4 .52).

Çarşamba akşam için, mevcut durum ve önerilen durumların tamamı kıyaslandığında, maksimum kuyruk uzunluğu parametresi bakımından en iyi sonuç 96.82 m ile Senaryo 7 önerisinden elde edilmiştir. En fazla kuyruk uzunluğuna sebep olan durum, 361.32 m ile mevcut durumdur. Mevcut duruma ait maksimum kuyruk uzunluğu değeri 361.32 m'dir ve 168.53 m ile Senaryo 1'de, 168.35 m ile Senaryo 2'de, 360.63 m ile Senaryo 3'te, 167.85 m ile Senaryo 4'te, 168.37 m ile Senaryo 5'te, 132.73 m ile Senaryo 6'da ve 96.82 m ile Senaryo 7'de iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4 .52).

Cuma sabah için, mevcut durum ve önerilen durumların tamamı kıyaslandığında, maksimum kuyruk uzunluğu parametresi bakımından en iyi sonuç 71.15 m ile Senaryo 6 önerisinden elde edilmiştir. En fazla kuyruk uzunluğuna sebep olan durum, 141 m ile Senaryo 2 önerisidir. Mevcut duruma ait maksimum kuyruk uzunluğu değeri 104.35 m'dir ve 99.98 m ile Senaryo 3'te, 100.47 m ile Senaryo 4'te ve 71.15 m ile Senaryo 6'da iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4 .52).

Cuma akşam için, mevcut durum ve önerilen durumların tamamı kıyaslandığında, maksimum kuyruk uzunluğu parametresi bakımından en iyi sonuç 111.25 m ile Senaryo 7 önerisinden elde edilmiştir. En fazla kuyruk uzunluğuna sebep olan durum, 356.28 m ile Senaryo 3 önerisidir. Mevcut duruma ait maksimum kuyruk uzunluğu değeri 267.94 m'dir ve 152 m ile Senaryo 1'de, 173.67 m ile Senaryo 2'de, 121.47 m ile Senaryo 4'te, 165.91 m ile Senaryo 5'te, 124.19 m ile Senaryo 6'da ve 111.25 m ile Senaryo 7'de iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4 .52).

4.5.2. Ortalama kuyruk uzunluğu



Şekil 4.53. Bütün durumlara ait analiz sonuçlarının günler, vakitler ve ortalama kuyruk uzunlukları bakımından karşılaştırılması

Pazartesi sabah için, mevcut durum ve önerilen durumların tamamı kıyaslandığında, ortalama kuyruk uzunluğu parametresi bakımından en iyi sonuç 4.27 m ile Senaryo 7 önerisinden elde edilmiştir. En fazla ortalama kuyruk uzunluğuna sebep olan durum, 15.19 m ile Senaryo 2 önerisidir. Mevcut duruma ait ortalama kuyruk uzunluğu değeri 12.68 m'dir ve 12.13 m ile Senaryo 4'te, 5.59 m ile Senaryo 6'da, 4.27 m ile Senaryo 7'de iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.53).

Pazartesi akşam için, mevcut durum ve önerilen durumların tamamı kıyaslandığında, ortalama kuyruk uzunluğu parametresi bakımından en iyi sonuç 7.20 m ile Senaryo 7 önerisinden elde edilmiştir. En fazla ortalama kuyruk uzunluğuna sebep olan durum, 95.79 m ile Senaryo 3 önerisidir. Mevcut duruma ait ortalama kuyruk uzunluğu değeri 94.62 m'dir ve 48.56 m ile Senaryo 1'de, 45.25 m ile Senaryo 2'de, 70.72 m ile Senaryo 4'te, 44.96 m ile Senaryo 5'te, 14.76 m ile Senaryo 6'da ve 7.20 m ile Senaryo 7 'de iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.53).

Çarşamba sabah için, mevcut durum ve önerilen durumların tamamı kıyaslandığında, ortalama kuyruk uzunluğu parametresi bakımından en iyi sonuç 4.42 m ile Senaryo 7 önerisinden elde edilmiştir. En fazla ortalama kuyruk uzunluğuna sebep olan durum, 20.48 m ile Senaryo 2 önerisidir. Mevcut duruma ait ortalama kuyruk uzunluğu değeri 15.20 m'dir ve 14.61 m ile Senaryo 4'te, 6.30 m ile Senaryo 6'da, 4.42 m ile Senaryo 7'de ve 12.83 m ile Senaryo 8'de iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.53).

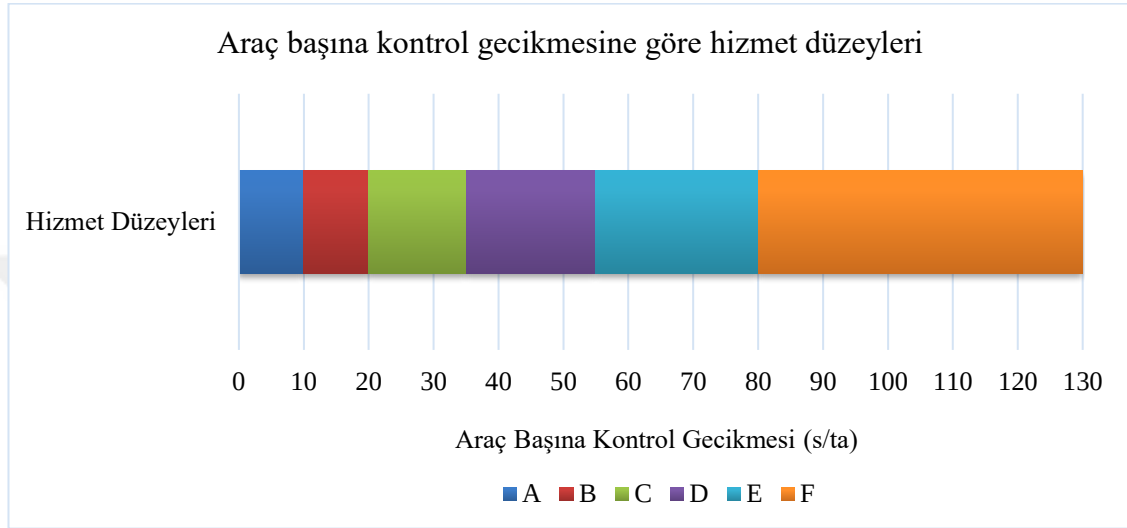
Çarşamba akşam için, mevcut durum ve önerilen durumların tamamı kıyaslandığında, ortalama kuyruk uzunluğu parametresi bakımından en iyi sonuç 7.89 m ile Senaryo 7 önerisinden elde edilmiştir. En fazla ortalama kuyruk uzunluğuna sebep olan durum, 88.99 m ile Senaryo 3 önerisidir. Mevcut duruma ait ortalama kuyruk uzunluğu değeri 88.33 m'dir ve 29.43 m ile Senaryo 1'de, 29.29 m ile Senaryo 2'de, 37.50 m ile Senaryo 4'te, 27.53 m ile Senaryo 5'te, 8.68 m ile Senaryo 6'da ve 7.89 m ile Senaryo 7'de iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.53).

Cuma sabah için, mevcut durum ve önerilen durumların tamamı kıyaslandığında, ortalama kuyruk uzunluğu parametresi bakımından en iyi sonuç 5.53 m ile Senaryo 7 önerisinden elde edilmiştir. En fazla ortalama kuyruk uzunluğuna sebep olan durum, 26.87 m ile Senaryo 2 önerisidir. Mevcut duruma ait ortalama kuyruk uzunluğu değeri 21.01 m'dir ve 19.45 m ile Senaryo 3'te, 17.88 m ile Senaryo 4'te, 20.46 m ile Senaryo 5'te, 7.25 m ile Senaryo 6'da ve 5.53 m ile Senaryo 7'de iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.53).

Cuma akşam için, mevcut durum ve önerilen durumların tamamı kıyaslandığında, ortalama kuyruk uzunluğu parametresi bakımından en iyi sonuç 6.08 m ile Senaryo 7 önerisinden elde edilmiştir. En fazla ortalama kuyruk uzunluğuna sebep olan durum, 70.00 m ile Senaryo 3 önerisidir. Mevcut duruma ait ortalama kuyruk uzunluğu değeri 53.56 m'dir ve 23.69 m ile Senaryo 1'de, 22.04 m ile Senaryo 2'de, 20.89 m ile Senaryo 4'te, 22.10 m ile Senaryo 5'te, 7.69 m ile Senaryo 6'da, 6.08 m ile Senaryo 7'de iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.53).

4.5.3. Araç başına kontrol gecikmesi ve hizmet düzeyi

Araç başına kontrol gecikmesi ve hizmet düzeyi beraber değerlendirilmesi gereken parametrelerdir. Vissim analizlerinde hizmet düzeyi değerlendirmeleri, araç başına kontrol gecikmesi parametresine göre belirlenmektedir. Şekil 4.54'te araç başına kontrol gecikmesine göre hizmet düzeyleri temsil edilmiştir. Ayrıca, sinyalizasyon kavşaklarında hizmet düzeylerinin, araç başına kontrol gecikmesiyle ilişkili olduğu Mannering ve Washburn (2019)'da ve HCM (2010)'da belirtilmiştir (Çizelge 4.122).



Şekil 4.54. Araç başına kontrol gecikmesi değerlerine göre hizmet düzeyleri

Araç başına kontrol gecikmelerine göre, bütün durumlar için ayrı ayrı kavşak hizmet düzeyleri Şekil 4.54'ten ve Çizelge 4.122'den referans alınarak anlaşılabilir.

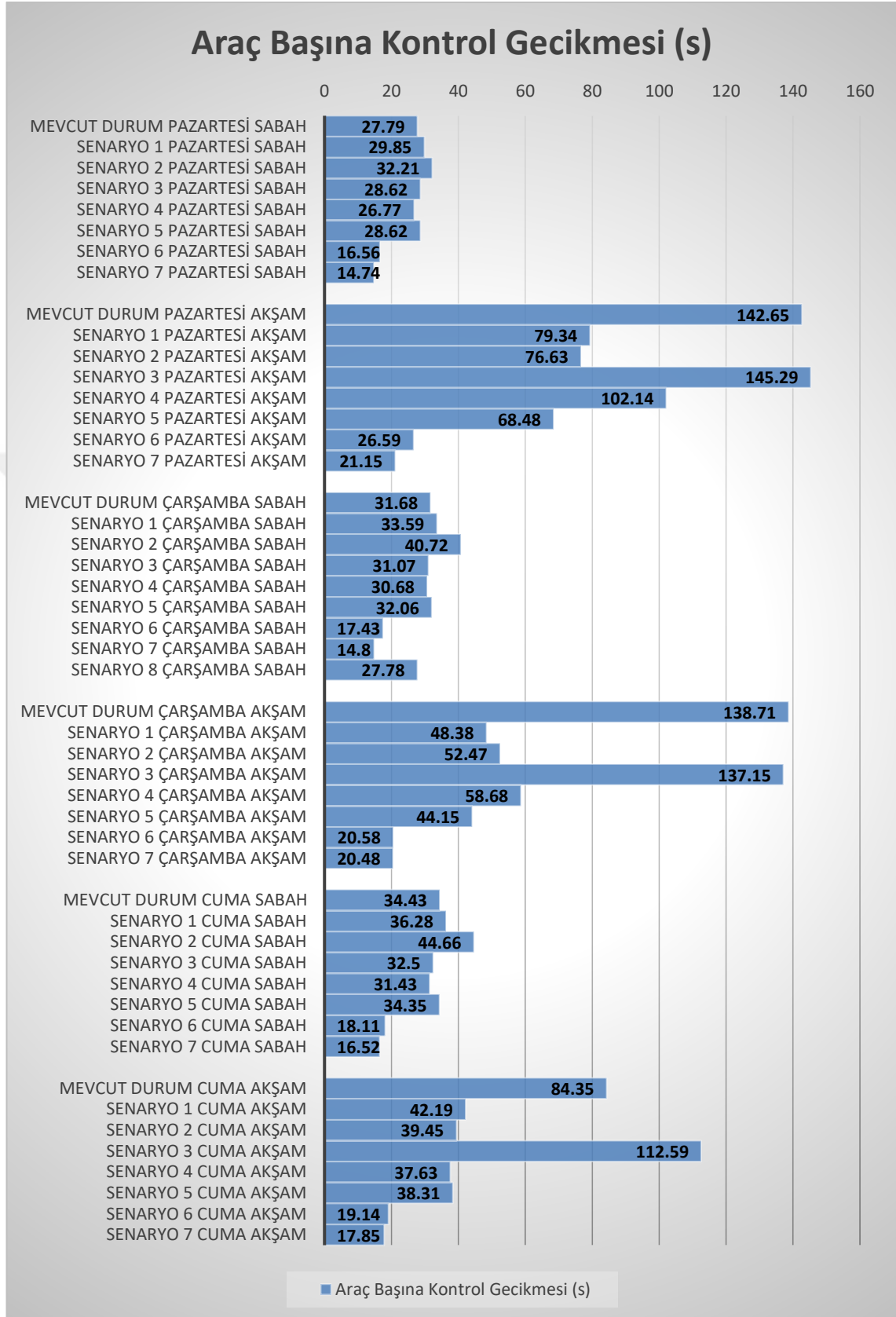
Çizelge 4.122. Sinyalizasyon kavşaklarında hizmet düzeyi kriteri (HCM 2010)

Hizmet Düzeyi	Araç başına kontrol gecikmesi (s/ta)
A	≤ 10
B	$>10-20$
C	$>20-35$
D	$>35-55$
E	$>55-80$
F	>80

Çizelge 4.123'te her bir durum için elde edilen analiz sonuçlarının, araç başına kontrol gecikmesi parametresi bakımından, hizmet düzeyi karşılıkları gösterilmektedir.

Çizelge 4.123. Bütün durumlar için hizmet düzeyleri ve araç başına kontrol gecikmeleri

Durumlar	Araç başına kontrol gecikmesi (s)	Hizmet Düzeyleri
Mevcut durum Pazartesi Sabah	27.79	C
Senaryo 1 Pazartesi Sabah	29.85	C
Senaryo 2 Pazartesi Sabah	32.21	C
Senaryo 3 Pazartesi Sabah	28.62	C
Senaryo 4 Pazartesi Sabah	26.77	C
Senaryo 5 Pazartesi Sabah	28.62	C
Senaryo 6 Pazartesi Sabah	16.56	B
Senaryo 7 Pazartesi Sabah	14.74	B
Mevcut durum Pazartesi Akşam	142.65	F
Senaryo 1 Pazartesi Akşam	79.34	E
Senaryo 2 Pazartesi Akşam	76.63	E
Senaryo 3 Pazartesi Akşam	145.29	F
Senaryo 4 Pazartesi Akşam	102.14	F
Senaryo 5 Pazartesi Akşam	68.48	E
Senaryo 6 Pazartesi Akşam	26.59	C
Senaryo 7 Pazartesi Akşam	21.15	C
Mevcut durum Çarşamba Sabah	31.68	C
Senaryo 1 Çarşamba Sabah	33.59	C
Senaryo 2 Çarşamba Sabah	40.72	D
Senaryo 3 Çarşamba Sabah	31.07	C
Senaryo 4 Çarşamba Sabah	30.68	C
Senaryo 5 Çarşamba Sabah	32.06	C
Senaryo 6 Çarşamba Sabah	17.43	B
Senaryo 7 Çarşamba Sabah	14.80	B
Senaryo 8 Çarşamba Sabah	27.78	C
Mevcut durum Çarşamba Akşam	138.71	F
Senaryo 1 Çarşamba Akşam	48.38	D
Senaryo 2 Çarşamba Akşam	52.47	D
Senaryo 3 Çarşamba Akşam	137.15	F
Senaryo 4 Çarşamba Akşam	58.68	E
Senaryo 5 Çarşamba Akşam	44.15	D
Senaryo 6 Çarşamba Akşam	20.58	C
Senaryo 7 Çarşamba Akşam	20.48	C
Mevcut durum Cuma Sabah	34.43	C
Senaryo 1 Cuma Sabah	36.28	D
Senaryo 2 Cuma Sabah	44.66	D
Senaryo 3 Cuma Sabah	32.50	C
Senaryo 4 Cuma Sabah	31.43	C
Senaryo 5 Cuma Sabah	34.35	C
Senaryo 6 Cuma Sabah	18.11	B
Senaryo 7 Cuma Sabah	16.52	B
Mevcut durum Cuma Akşam	84.35	F
Senaryo 1 Cuma Akşam	42.19	D
Senaryo 2 Cuma Akşam	39.45	D
Senaryo 3 Cuma Akşam	112.59	F
Senaryo 4 Cuma Akşam	37.63	D
Senaryo 5 Cuma Akşam	38.31	D
Senaryo 6 Cuma Akşam	19.14	B
Senaryo 7 Cuma Akşam	17.85	B



Şekil 4.55. Bütün durumlara ait analiz sonuçlarının günler, vakitler ve araç başına kontrol gecikmesi bakımından karşılaştırılması

Pazartesi sabah için, mevcut durum ve önerilen durumların tamamı kıyaslandığında, araç başına kontrol gecikmesi parametresi bakımından en iyi sonuç 14.74 s (B hizmet düzeyi) ile Senaryo 7 önerisinden elde edilmiştir. En fazla araç başına kontrol gecikmesine sebep olan durum, 32.21 s (C hizmet düzeyi) ile Senaryo 2 önerisidir. Mevcut duruma ait araç başına kontrol gecikmesi değeri 27.79 s'dir (C hizmet düzeyi) ve 26.77 s (C hizmet düzeyi) ile Senaryo 4'te, 16.56 s (B hizmet düzeyi) ile Senaryo 6'da, 14.74 s (B hizmet düzeyi) ile Senaryo 7'de iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.55).

Pazartesi akşam için, mevcut durum ve önerilen durumların tamamı kıyaslandığında, araç başına kontrol gecikmesi parametresi bakımından en iyi sonuç 21.15 s (C hizmet düzeyi) ile Senaryo 7 önerisinden elde edilmiştir. En fazla araç başına kontrol gecikmesine sebep olan durum, 145.29 s (F hizmet düzeyi) ile Senaryo 3 önerisidir. Mevcut duruma ait araç başına kontrol gecikmesi değeri 142.65 s'dir (F hizmet düzeyi) ve 79.34 s (E hizmet düzeyi) ile Senaryo 1'de, 76.63 s (E hizmet düzeyi) ile Senaryo 2'de, 102.14 s (F hizmet düzeyi) ile Senaryo 4'te, 68.48 s (E hizmet düzeyi) ile Senaryo 5'te, 26.59 s (C hizmet düzeyi) ile Senaryo 6'da ve 21.15 s (C hizmet düzeyi) ile Senaryo 7'de iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.55).

Çarşamba sabah için, mevcut durum ve önerilen durumların tamamı kıyaslandığında, araç başına kontrol gecikmesi parametresi bakımından en iyi sonuç 14.80 s (B hizmet düzeyi) ile Senaryo 7 önerisinden elde edilmiştir. En fazla araç başına kontrol gecikmesine sebep olan durum, 40.72 s (D hizmet düzeyi) ile Senaryo 2 önerisidir. Mevcut duruma ait araç başına kontrol gecikmesi değeri 31.68 s'dir (C hizmet düzeyi) ve 31.07 s (C hizmet düzeyi) ile Senaryo 3'te, 30.68 s (C hizmet düzeyi) ile Senaryo 4'te, 17.43 s (B hizmet düzeyi) ile Senaryo 6'da, 14.8 s (B hizmet düzeyi) ile Senaryo 6'da ve 27.78 s (C hizmet düzeyi) ile Senaryo 7'de iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.55).

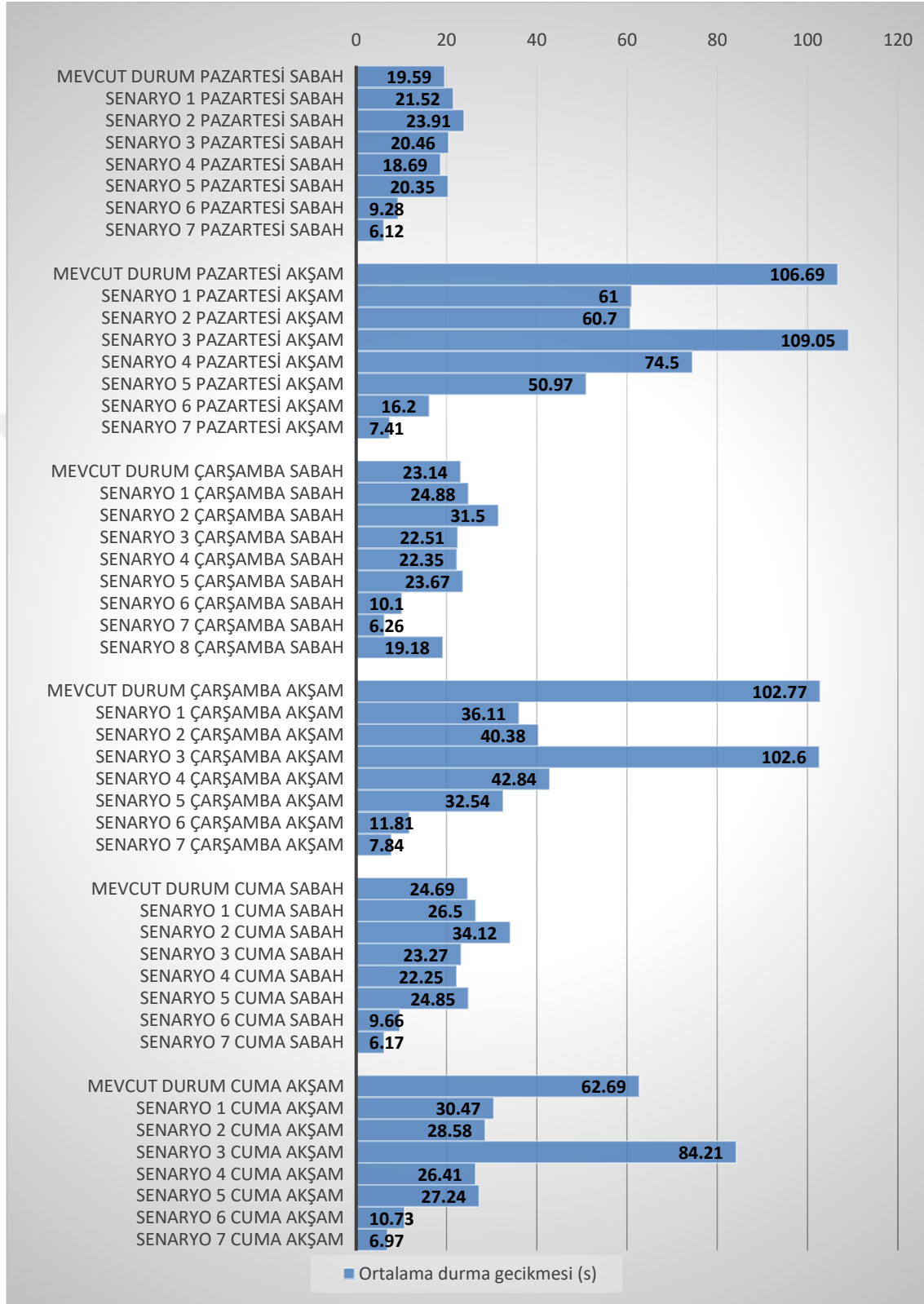
Çarşamba akşam için, mevcut durum ve önerilen durumların tamamı kıyaslandığında, araç başına kontrol gecikmesi parametresi bakımından en iyi sonuç 20.48 s (C hizmet düzeyi) ile Senaryo 7 önerisinden elde edilmiştir. En fazla araç başına kontrol gecikmesine sebep olan durum, 138.71 s (F hizmet düzeyi) ile mevcut durumdur. Mevcut duruma ait araç başına kontrol gecikmesi değeri 138.71 s'dir (F hizmet düzeyi) ve 48.38 s (D hizmet düzeyi) ile Senaryo 1'de, 52.47 s (D hizmet düzeyi) ile Senaryo 2'de, 137.15 s (F hizmet düzeyi) ile Senaryo 3'te, 58.68 s (E hizmet düzeyi) ile Senaryo 4'te, 44.15 s (D hizmet düzeyi) ile Senaryo 5'te, 20.58 s (C hizmet düzeyi) ile Senaryo 6'da, 20.48 s (C hizmet düzeyi) ile Senaryo 7'de iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.55).

Cuma sabah için, mevcut durum ve önerilen durumların tamamı kıyaslandığında, araç başına kontrol gecikmesi parametresi bakımından en iyi sonuç 16.52 s (B hizmet düzeyi) ile Senaryo 7 önerisinden elde edilmiştir. En fazla araç başına kontrol gecikmesine sebep olan durum, 44.66 s (D hizmet düzeyi) ile Senaryo 2 önerisidir. Mevcut duruma ait araç başına kontrol gecikmesi değeri 34.43 s'dir (C hizmet düzeyi) ve 32.50 s (C hizmet düzeyi) ile Senaryo 3'te, 31.43 s (C hizmet düzeyi) ile Senaryo 4'te, 34.35 s (C hizmet düzeyi) ile Senaryo 5'te, 18.11 s (B hizmet düzeyi) ile Senaryo 6'da ve 16.52 s (B hizmet düzeyi) ile Senaryo 7'de iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.55).

Cuma akşam için, mevcut durum ve önerilen durumların tamamı kıyaslandığında, araç başına kontrol gecikmesi parametresi bakımından en iyi sonuç 17.85 s (B hizmet düzeyi) ile Senaryo 7 önerisinden elde edilmiştir. En fazla araç başına kontrol gecikmesine sebep olan durum, 112.59 s (F hizmet düzeyi) ile Senaryo 3 önerisidir. Mevcut duruma ait araç başına kontrol gecikmesi değeri 84.35 s'dir (F hizmet düzeyi) ve 42.19 s (D hizmet düzeyi) ile Senaryo 1'de, 39.45 s (D hizmet düzeyi) ile Senaryo 2'de, 37.63 s (D hizmet düzeyi) ile Senaryo 4'te, 38.31 s (D hizmet düzeyi) ile Senaryo 5'te, 19.14 s (B hizmet düzeyi) ile Senaryo 6'da ve 17.85 s (B hizmet düzeyi) ile Senaryo 7'de iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.55).



4.5.4. Ortalama durma gecikmesi



Şekil 4.56. Bütün durumlara ait analiz sonuçlarının günler, vakitler ve ortalama kuyruk uzunlukları bakımından karşılaştırılması

Pazartesi sabah için, mevcut durum ve önerilen durumların tamamı kıyaslandığında, ortalama durma gecikmesi parametresi bakımından en iyi sonuç 6.12 s ile Senaryo 7 önerisinden elde edilmiştir. En fazla ortalama durma gecikmesine sebep olan durum, 23.91 s ile Senaryo 2 önerisidir. Mevcut duruma ait ortalama durma gecikmesi değeri 19.59 s'dir ve 18.69 s ile Senaryo 4'te, 9.28 s ile Senaryo 6'da, 6.12 s ile Senaryo 7'de iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.56).

Pazartesi akşam için, mevcut durum ve önerilen durumların tamamı kıyaslandığında, ortalama durma gecikmesi parametresi bakımından en iyi sonuç 7.41 s ile Senaryo 7 önerisinden elde edilmiştir. En fazla ortalama durma gecikmesine sebep olan durum, 109.05 s ile Senaryo 3 önerisidir. Mevcut duruma ait ortalama durma gecikmesi değeri 106.69 s'dir ve 61 s ile Senaryo 1'de, 60.70 s ile Senaryo 2'de, 74.50 s ile Senaryo 4'te, 50.97 s ile Senaryo 5'te, 16.20 s ile Senaryo 6'da ve 7.41 s ile Senaryo 7'de iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.56).

Çarşamba sabah için, mevcut durum ve önerilen durumların tamamı kıyaslandığında, ortalama durma gecikmesi parametresi bakımından en iyi sonuç 6.26 s ile Senaryo 7 önerisinden elde edilmiştir. En fazla ortalama durma gecikmesine sebep olan durum, 31.50 s ile Senaryo 2 önerisidir. Mevcut duruma ait ortalama durma gecikmesi değeri 23.14 s'dir ve 22.51 s ile Senaryo 3'te, 22.35 s ile Senaryo 4'te, 10.10 s ile Senaryo 6'da, 6.26 s ile Senaryo 7'de ve 19.18 s ile Senaryo 8'de iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.56).

Çarşamba akşam için, mevcut durum ve önerilen durumların tamamı kıyaslandığında, ortalama durma gecikmesi parametresi bakımından en iyi sonuç 7.84 s ile Senaryo 7 önerisinden elde edilmiştir. En fazla ortalama durma gecikmesine sebep olan durum, 102.77 s ile mevcut durumdur. Mevcut duruma ait ortalama durma gecikmesi değeri 102.77 s'dir ve 36.11 s ile Senaryo 1'de, 40.38 s ile Senaryo 2'de, 102.6 s ile Senaryo 3'te, 42.84 s ile Senaryo 4'te, 32.54 s ile Senaryo 5'te, 11.81 s ile Senaryo 6'da ve 7.84 s ile Senaryo 7'de iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.56).

Cuma sabah için, mevcut durum ve önerilen durumların tamamı kıyaslandığında, ortalama durma gecikmesi parametresi bakımından en iyi sonuç 6.17 s ile Senaryo 7 önerisinden elde edilmiştir. En fazla ortalama durma gecikmesine sebep olan durum, 34.12 s ile Senaryo 2 önerisidir. Mevcut duruma ait ortalama durma gecikmesi değeri 24.69 s'dir ve 23.27 s ile Senaryo 3'te, 22.25 s ile Senaryo 4'te, 9.66 s ile Senaryo 6'da ve 6.17 s ile Senaryo 7'de iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.56).

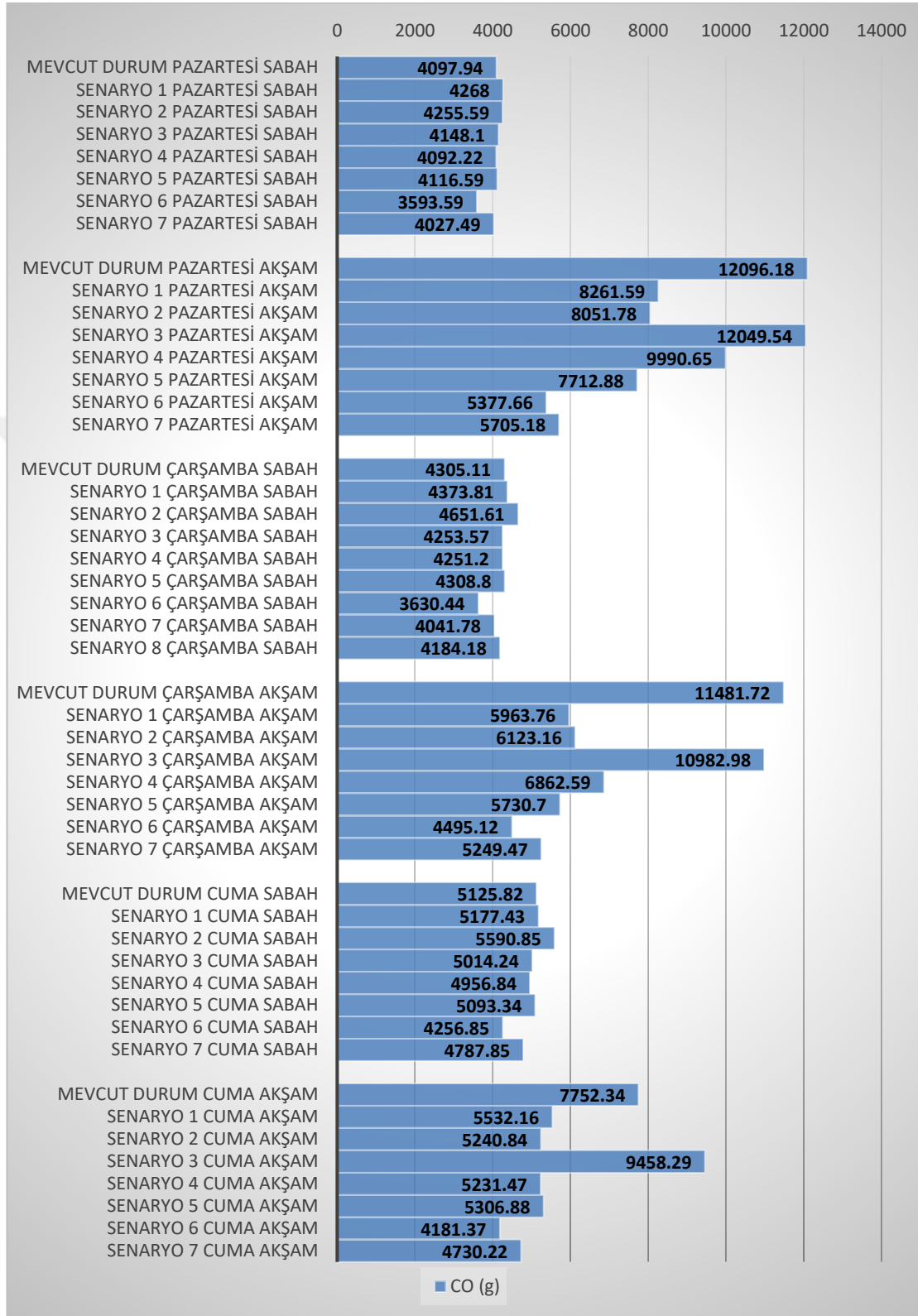
Cuma akşam için, mevcut durum ve önerilen durumların tamamı kıyaslandığında, ortalama durma gecikmesi parametresi bakımından en iyi sonuç 6.97 s ile Senaryo 7 önerisinden elde edilmiştir. En fazla ortalama durma gecikmesine sebep olan durum, 84.21 s ile Senaryo 3 önerisidir. Mevcut duruma ait ortalama durma gecikmesi değeri 62.69 s'dir ve 30.47 s ile Senaryo 1'de, 28.58 s ile Senaryo 2'de, 26.41 s ile Senaryo 4'te, 27.24 s ile Senaryo 5'te, 10.73 s ile Senaryo 6'da ve 6.97 s ile Senaryo 7'de iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.56).

4.5.5. Araçların egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri

şekil 4.57’de, kavşakta analizi yapılan bütün durumlara ait CO emisyonları, şekil 4.58’de NO_x emisyonları, şekil 4.59’da VOC emisyonları ve şekil 4.60’ta ise yakıt tüketimleri grafikleri gösterilmiştir.



4.5.5.1. CO emisyonu



Şekil 4.57. Bütün senaryolara ait analiz sonuçlarının günler, vakitler ve CO emisyonları bakımından karşılaştırılması

Pazartesi sabah için, mevcut durum ve önerilen senaryoların tamamı kıyaslandığında, CO emisyonu parametresi bakımından en iyi sonuç 3593.59 g ile Senaryo 6 önerisinden elde edilmiştir. En fazla CO emisyonuna sebep olan senaryo, 4255.59 g ile Senaryo 2 önerisidir. Mevcut duruma ait CO emisyonu değeri 4097.94 g'dır ve 4092.22 g ile Senaryo 4'te, 3593.59 g ile Senaryo 6'da, 4027.49 g ile Senaryo 7'de iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.57).

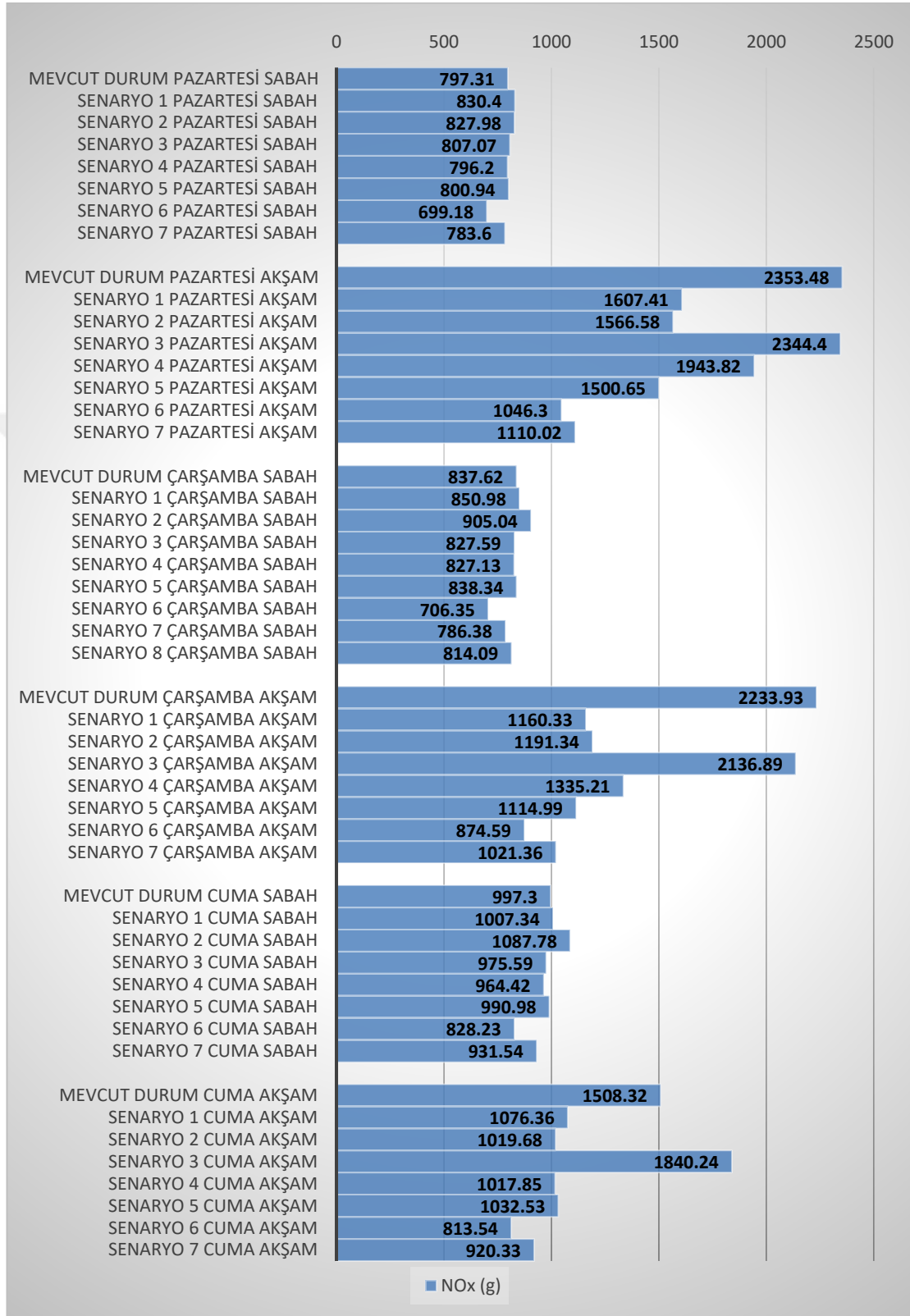
Pazartesi akşam için, mevcut durum ve önerilen senaryoların tamamı kıyaslandığında, CO emisyonu parametresi bakımından en iyi sonuç 5377.66 g ile Senaryo 6 önerisinden elde edilmiştir. En fazla CO emisyonuna sebep olan durum, 12096.18 g ile mevcut durumdur. Mevcut duruma ait CO emisyonu değeri 12096.18 g'dır ve 8261.59 g ile Senaryo 1'de, 8051.78 g ile Senaryo 2'de, 12049.54 g ile Senaryo 3'te, 9990.65 g ile Senaryo 4'te, 7712.88 g ile Senaryo 5'te, 5377.66 g ile Senaryo 6'da ve 5705.18 g ile Senaryo 7'de iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.57).

Çarşamba sabah için, mevcut durum ve önerilen senaryoların tamamı kıyaslandığında, CO emisyonu parametresi bakımından en iyi sonuç 3630.44 g ile Senaryo 6 önerisinden elde edilmiştir. En fazla CO emisyonuna sebep olan senaryo, 4651.61 g ile Senaryo 2 önerisidir. Mevcut duruma ait CO emisyonu değeri 4305.11 g'dır ve 4253.57 g ile Senaryo 3'te, 4251.20 g ile Senaryo 4'te, 3630.44 g ile Senaryo 6'da, 4041.78 g ile Senaryo 7'de ve 4184.18 g ile Senaryo 8'de iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.57).

Çarşamba akşam için, mevcut durum ve önerilen senaryoların tamamı kıyaslandığında, CO emisyonu parametresi bakımından en iyi sonuç 4495.12 g ile Senaryo 6 önerisinden elde edilmiştir. En fazla CO emisyonuna sebep olan durum, 11481.72 g ile mevcut durumdur. Mevcut duruma ait CO emisyonu değeri 11481.72 g'dır ve 5963.76 g ile Senaryo 1'de, 6123.16 g ile Senaryo 2'de, 10982.98 g ile Senaryo 3'te, 6862.59 g ile Senaryo 4'te, 5730.70 g ile Senaryo 5'te, 4495.12 g ile Senaryo 6'da ve 5249.47 g ile Senaryo 7'de iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.57).

Cuma sabah için, mevcut durum ve önerilen senaryoların tamamı kıyaslandığında, CO emisyonu parametresi bakımından en iyi sonuç 4256.85 g ile Senaryo 6 önerisinden elde edilmiştir. En fazla CO emisyonuna sebep olan senaryo, 5590.85 g ile Senaryo 2 önerisidir. Mevcut duruma ait CO emisyonu değeri 5125.82 g'dır ve 5014.24 g ile Senaryo 3'te, 4956.84 g ile Senaryo 4'te, 5093.34 g ile Senaryo 5'te, 4256.85 g ile Senaryo 6'da ve 4787.85 g ile Senaryo 7'de iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.57).

Cuma akşam için, mevcut durum ve önerilen senaryoların tamamı kıyaslandığında, CO emisyonu parametresi bakımından en iyi sonuç 4181.37 g ile Senaryo 6 önerisinden elde edilmiştir. En fazla CO emisyonuna sebep olan senaryo, 9458.29 g ile Senaryo 3 önerisidir. Mevcut duruma ait CO emisyonu değeri 7752.34 g'dır ve 5532.16 g ile Senaryo 1'de, 5240.84 g ile Senaryo 2'de, 5231.47 g ile Senaryo 4'te, 5306.88 g ile Senaryo 5'te, 4181.37 g ile Senaryo 6'da ve 4730.22 g ile Senaryo 7'de iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.57).

4.5.5.2. NO_x emisyonu

Şekil 4.58. Bütün senaryolara ait analiz sonuçlarının günler, vakitler ve NO_x emisyonları bakımından karşılaştırılması

Pazartesi sabah için, mevcut durum ve önerilen senaryoların tamamı kıyaslandığında, NOx emisyonu parametresi bakımından en iyi sonuç 699.18 g ile Senaryo 6 önerisinden elde edilmiştir. En fazla NOx emisyonuna sebep olan senaryo, 830 g ile Senaryo 1 önerisidir. Mevcut duruma ait NOx emisyonu değeri 797.31 g'dır ve 796.2 g ile Senaryo 4'te, 699.18 g ile Senaryo 6'da, 783.6 g ile Senaryo 7'de iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.58).

Pazartesi akşam için, mevcut durum ve önerilen senaryoların tamamı kıyaslandığında, NOx emisyonu parametresi bakımından en iyi sonuç 1046.30 g ile Senaryo 6 önerisinden elde edilmiştir. En fazla NOx emisyonuna sebep olan durum, 2353.48 g ile mevcut durumdur. Mevcut duruma ait NOx emisyonu değeri 2353.48 g'dır ve 1067.41 g ile Senaryo 1'de, 1566.58 g ile Senaryo 2'de, 2344.4 g ile Senaryo 3'te, 1943.82 g ile Senaryo 4'te, 1500.65 g ile Senaryo 5'te, 1046.30 g ile Senaryo 6'da ve 1110.02 g ile Senaryo 7'de iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.58).

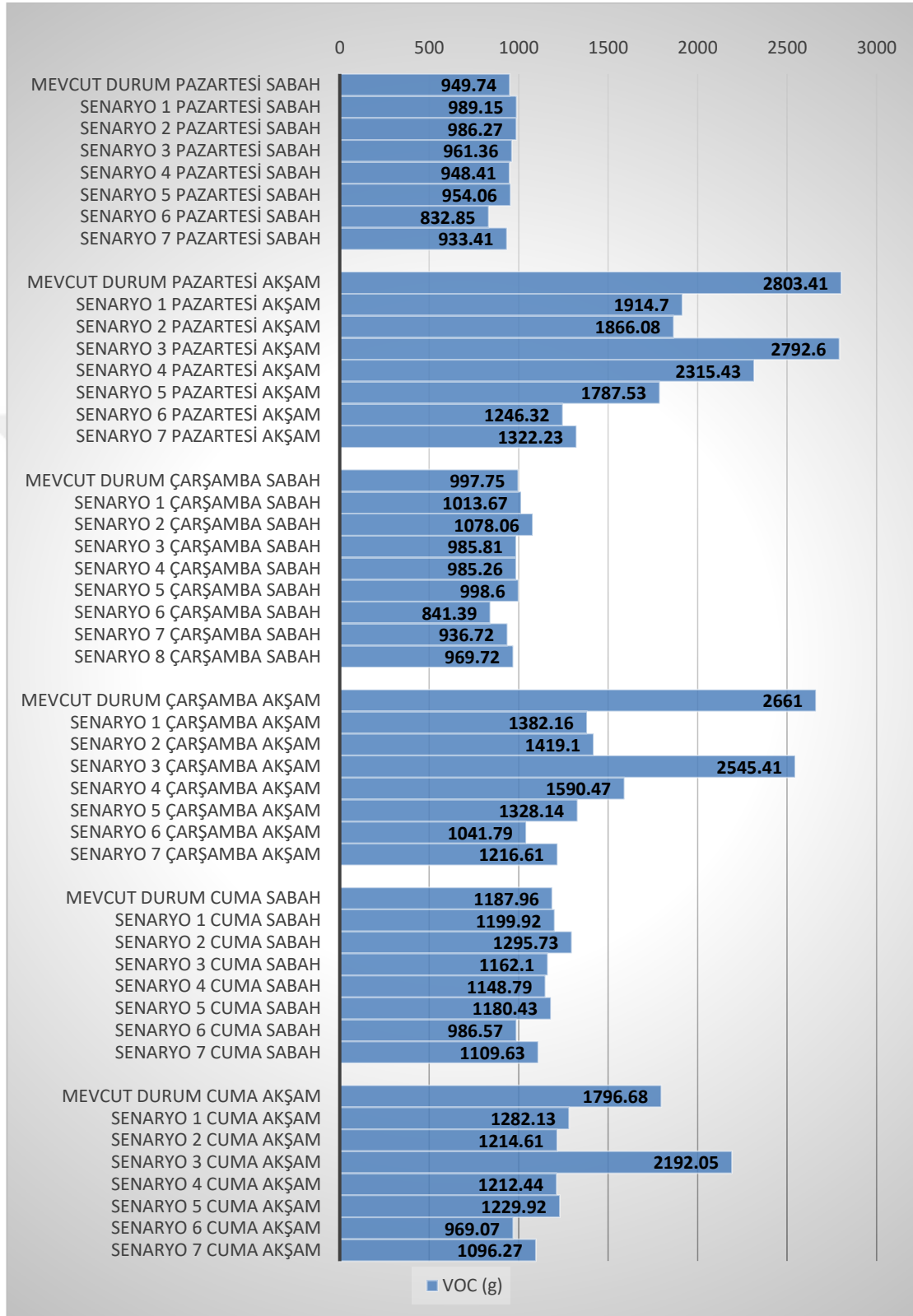
Çarşamba sabah için, mevcut durum ve önerilen senaryoların tamamı kıyaslandığında, NOx emisyonu parametresi bakımından en iyi sonuç 706.35 g ile Senaryo 6 önerisinden elde edilmiştir. En fazla NOx emisyonuna sebep olan senaryo, 905.04 g ile Senaryo 2 önerisidir. Mevcut duruma ait NOx emisyonu değeri 837.62 g'dır ve 827.59 g ile Senaryo 3'te, 827.13 g ile Senaryo 4'te, 706.35 g ile Senaryo 6'da, 786.38 g ile Senaryo 7'de ve 814.9 g ile Senaryo 8'de iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.58).

Çarşamba akşam için, mevcut durum ve önerilen senaryoların tamamı kıyaslandığında, NOx emisyonu parametresi bakımından en iyi sonuç 874.59 g ile Senaryo 6 önerisinden elde edilmiştir. En fazla NOx emisyonuna sebep olan durum, 2233.93 g ile mevcut durumdur. Mevcut duruma ait NOx emisyonu değeri 2233.93 g'dır ve 1160.33 g ile Senaryo 1'de, 1191.34 g ile Senaryo 2'de, 2136.89 g ile Senaryo 3'te, 1355.21 g ile Senaryo 4'te, 1114.99 g ile Senaryo 5'te, 874.59 g ile Senaryo 6'da ve 1021.36 g ile Senaryo 7'de iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.58).

Cuma sabah için, mevcut durum ve önerilen senaryoların tamamı kıyaslandığında, NOx emisyonu parametresi bakımından en iyi sonuç 828.23 g ile Senaryo 6 önerisinden elde edilmiştir. En fazla NOx emisyonuna sebep olan senaryo, 1087.78 g ile Senaryo 2 önerisidir. Mevcut duruma ait NOx emisyonu değeri 997.30 g'dır ve 975.59 g ile Senaryo 3'te, 964.42 g ile Senaryo 4'te, 990.98 g ile Senaryo 5'te, 828.23 g ile Senaryo 6'da ve 931.54 g ile Senaryo 7'de iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.58).

Cuma akşam için, mevcut durum ve önerilen senaryoların tamamı kıyaslandığında, NOx emisyonu parametresi bakımından en iyi sonuç 816.54 g ile Senaryo 6 önerisinden elde edilmiştir. En fazla NOx emisyonuna sebep olan senaryo, 1840.24 g ile Senaryo 3 önerisidir. Mevcut duruma ait NOx emisyonu değeri 1508.32 g'dır ve 1076.36 g ile Senaryo 1'de, 1019.68 g ile Senaryo 2'de, 1017.85 g ile Senaryo 4'te, 1032.53 g ile Senaryo 5'te, 813.54 g ile Senaryo 6'da ve 920.33 g ile Senaryo 7'de iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.58).

4.5.5.3. VOC emisyonu



Şekil 4.59. Bütün senaryolara ait analiz sonuçlarının günler, vakitler ve VOC emisyonları bakımından karşılaştırılması

Pazartesi sabah için, mevcut durum ve önerilen senaryoların tamamı kıyaslandığında, VOC emisyonu parametresi bakımından en iyi sonuç 832.85 g ile Senaryo 6 önerisinden elde edilmiştir. En fazla VOC emisyonuna sebep olan senaryo, 989.15 g ile Senaryo 1 önerisidir. Mevcut duruma ait VOC emisyonu değeri 949.74 g'dır ve 948.41 g ile Senaryo 4'te, 832.85 g ile Senaryo 6'da, 933.41 g ile Senaryo 7'de iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.59).

Pazartesi akşam için, mevcut durum ve önerilen senaryoların tamamı kıyaslandığında, VOC emisyonu parametresi bakımından en iyi sonuç 1246.32 g ile Senaryo 6 önerisinden elde edilmiştir. En fazla VOC emisyonuna sebep olan durum, 2803.41 g ile mevcut durumdur. Mevcut duruma ait VOC emisyonu değeri 2803.41 g'dır ve 1914.70 g ile Senaryo 1'de, 2866.08 g ile Senaryo 2'de, 2792.60 g ile Senaryo 3'te, 2315.43 g ile Senaryo 4'te, 1787.53 g ile Senaryo 5'te, 1246.32 g ile Senaryo 6'da ve 1322.23 g ile Senaryo 7'de iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.59).

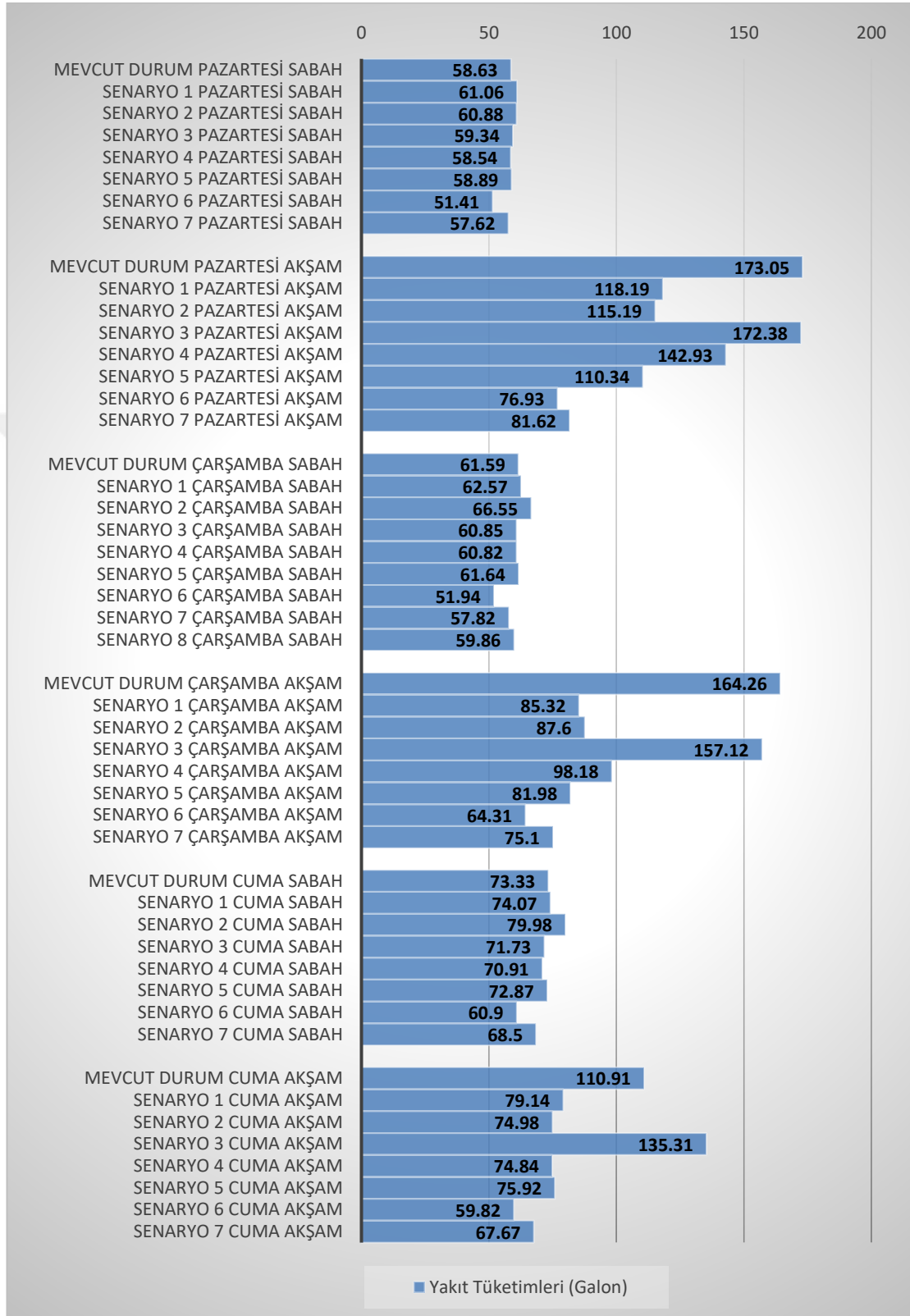
Çarşamba sabah için, mevcut durum ve önerilen senaryoların tamamı kıyaslandığında, VOC emisyonu parametresi bakımından en iyi sonuç 841.39 g ile Senaryo 6 önerisinden elde edilmiştir. En fazla VOC emisyonuna sebep olan senaryo, 1078.06 g ile Senaryo 2 önerisidir. Mevcut duruma ait VOC emisyonu değeri 997.75 g'dır ve 985.81 g ile Senaryo 3'te, 985.26 g ile Senaryo 4'te, 841.39 g ile Senaryo 6'da, 936.72 g ile Senaryo 7'de ve 969.72 g ile Senaryo 8'de iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.59).

Çarşamba akşam için, mevcut durum ve önerilen senaryoların tamamı kıyaslandığında, VOC emisyonu parametresi bakımından en iyi sonuç 1041.79 g ile Senaryo 6 önerisinden elde edilmiştir. En fazla VOC emisyonuna sebep olan durum, 2661.00 g ile mevcut durumdur. Mevcut duruma ait VOC emisyonu değeri 2661.00 g'dır ve 1382.16 g ile Senaryo 1'de, 1419.10 g ile Senaryo 2'de, 2545.41 g ile Senaryo 3'te, 1590.47 g ile Senaryo 4'te, 1328.14 g ile Senaryo 5'te, 1041.79 g ile Senaryo 6'da ve 1216.61 g ile Senaryo 7'de iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.59).

Cuma sabah için, mevcut durum ve önerilen senaryoların tamamı kıyaslandığında, VOC emisyonu parametresi bakımından en iyi sonuç 986.57 g ile Senaryo 6 önerisinden elde edilmiştir. En fazla VOC emisyonuna sebep olan senaryo, 1295.73 g ile Senaryo 2 önerisidir. Mevcut duruma ait VOC emisyonu değeri 1187.96 g'dır ve 1162.10 g ile Senaryo 3'te, 1148.79 g ile Senaryo 4'te, 1180.43 g ile Senaryo 5'te, 986.57 g ile Senaryo 6'da ve 1109.63 g ile Senaryo 7'de iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.59).

Cuma akşam için, mevcut durum ve önerilen senaryoların tamamı kıyaslandığında, VOC emisyonu parametresi bakımından en iyi sonuç 969.07 g ile Senaryo 6 önerisinden elde edilmiştir. En fazla VOC emisyonuna sebep olan senaryo, 2192.05 g ile Senaryo 3 önerisidir. Mevcut duruma ait VOC emisyonu değeri 1796.68 g'dır ve 1282.13 g ile Senaryo 1'de, 1214.61 g ile Senaryo 2'de, 1212.44 g ile Senaryo 4'te, 1229.92 g ile Senaryo 5'te, 969.07 g ile Senaryo 6'da ve 1096.27 g ile Senaryo 7'de iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.59).

4.5.5.4. Yakıt tüketimleri



Şekil 4.60. Bütün senaryolara ait analiz sonuçlarının günler, vakitler ve yakıt tüketimleri bakımından karşılaştırılması

Pazartesi sabah için, mevcut durum ve önerilen senaryoların tamamı kıyaslandığında, yakıt tüketimleri parametresi bakımından en iyi sonuç 51.41 galon ile Senaryo 6 önerisinden elde edilmiştir. En fazla yakıt tüketimleri emisyonuna sebep olan senaryo, 61.06 galon ile Senaryo 1 önerisidir. Mevcut duruma ait yakıt tüketimleri emisyonu değeri 58.63 galon'dur ve 58.54 galon ile Senaryo 4'te, 51.41 galon ile Senaryo 6'da, 57.62 galon ile Senaryo 7'de iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.60).

Pazartesi akşam için, mevcut durum ve önerilen senaryoların tamamı kıyaslandığında, yakıt tüketimleri parametresi bakımından en iyi sonuç 76.93 galon ile Senaryo 6 önerisinden elde edilmiştir. En fazla yakıt tüketimleri emisyonuna sebep olan durum, 173.05 galon ile mevcut durumdur. Mevcut duruma ait yakıt tüketimleri emisyonu değeri 173.05 galon'dur ve 118.19 galon ile Senaryo 1'de, 115.19 galon ile Senaryo 2'de, 172.38 galon ile Senaryo 3'te, 142.93 galon ile Senaryo 4'te, 110.34 galon ile Senaryo 5'te, 76.93 galon ile Senaryo 6'da ve 81.62 galon ile Senaryo 7'de iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.60).

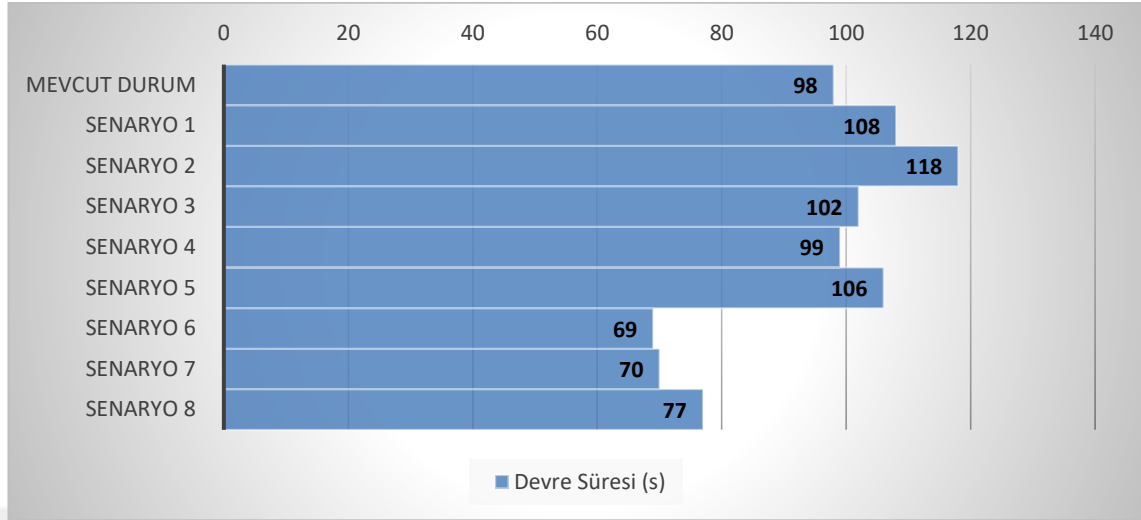
Çarşamba sabah için, mevcut durum ve önerilen senaryoların tamamı kıyaslandığında, yakıt tüketimleri parametresi bakımından en iyi sonuç 51.94 galon ile Senaryo 6 önerisinden elde edilmiştir. En fazla yakıt tüketimleri emisyonuna sebep olan senaryo, 66.55 galon ile Senaryo 2 önerisidir. Mevcut duruma ait yakıt tüketimleri emisyonu değeri 61.59 galon'dur ve 60.85 galon ile Senaryo 3'te, 60.82 galon ile Senaryo 4'te, 51.94 galon ile Senaryo 6'da, 57.82 galon ile Senaryo 7'de ve 59.86 galon ile Senaryo 8'de iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.60).

Çarşamba akşam için, mevcut durum ve önerilen senaryoların tamamı kıyaslandığında, yakıt tüketimleri parametresi bakımından en iyi sonuç 64.31 galon ile Senaryo 6 önerisinden elde edilmiştir. En fazla yakıt tüketimleri emisyonuna sebep olan durum, 164.26 galon ile mevcut durumdur. Mevcut duruma ait yakıt tüketimleri emisyonu değeri 164.26 galon'dur ve 85.32 galon ile Senaryo 1'de, 87.60 galon ile Senaryo 2'de, 157.12 galon ile Senaryo 3'te, 98.18 galon ile Senaryo 4'te, 81.98 galon ile Senaryo 5'te, 64.31 galon ile Senaryo 6'da ve 75.1 galon ile Senaryo 7'de iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.60).

Cuma sabah için, mevcut durum ve önerilen senaryoların tamamı kıyaslandığında, yakıt tüketimleri parametresi bakımından en iyi sonuç 60.90 galon ile Senaryo 6 önerisinden elde edilmiştir. En fazla yakıt tüketimleri emisyonuna sebep olan senaryo, 79.98 galon ile Senaryo 2 önerisidir. Mevcut duruma ait yakıt tüketimleri emisyonu değeri 73.33 galon'dur ve 71.73 galon ile Senaryo 3'te, 70.91 galon ile Senaryo 4'te, 72.87 galon ile Senaryo 5'te, 60.90 galon ile Senaryo 6'da ve 68.50 galon ile Senaryo 7'de iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.60).

Cuma akşam için, mevcut durum ve önerilen senaryoların tamamı kıyaslandığında, yakıt tüketimleri parametresi bakımından en iyi sonuç 59.82 galon ile Senaryo 6 önerisinden elde edilmiştir. En fazla yakıt tüketimleri emisyonuna sebep olan senaryo, 165.31 galon ile Senaryo 3 önerisidir. Mevcut duruma ait yakıt tüketimleri emisyonu değeri 110.91 galon'dur ve 79.14 galon ile Senaryo 1'de, 74.98 galon ile Senaryo 2'de, 74.84 galon ile Senaryo 4'te, 75.92 galon ile Senaryo 5'te, 59.82 galon ile Senaryo 6'da ve 97.97 galon ile Senaryo 7'de iyileştirmeler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.60).

4.5.6. Devre süreleri

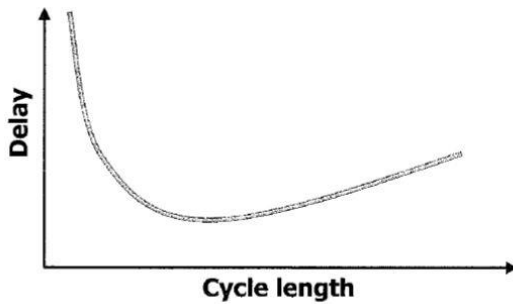


Şekil 4.61. Bütün senaryolar için devre sürelerinin karşılaştırılması

Şekil 4.61’den görüldüğü üzere en az devre süresine Senaryo 6 (69 s) sahiptir. En fazla devre süresine ise Senaryo 2 (118 s) sahiptir ve mevcut sinyal planının devre süresi ise 98 s’dir.

Devre süresi, sinyalizasyon kavşaklarının performansını etkileyen önemli bir kriterdir. Kavşağın herhangi bir yaklaşım koluna ait yeşil süresini artırmış olmak, o kol için iyileştirme gibi görünse de, aslında diğer yaklaşım kolları ile birlikte kavşak işleyişi irdelendiğinde, diğer kavşak kolları için fazladan beklemelere sebep olabilmektedir. Bu sebeple sinyal optimizasyonu ve faz planı düzenlemeleri kavşak performansını iyileştirme bakımından önem arz etmektedir.

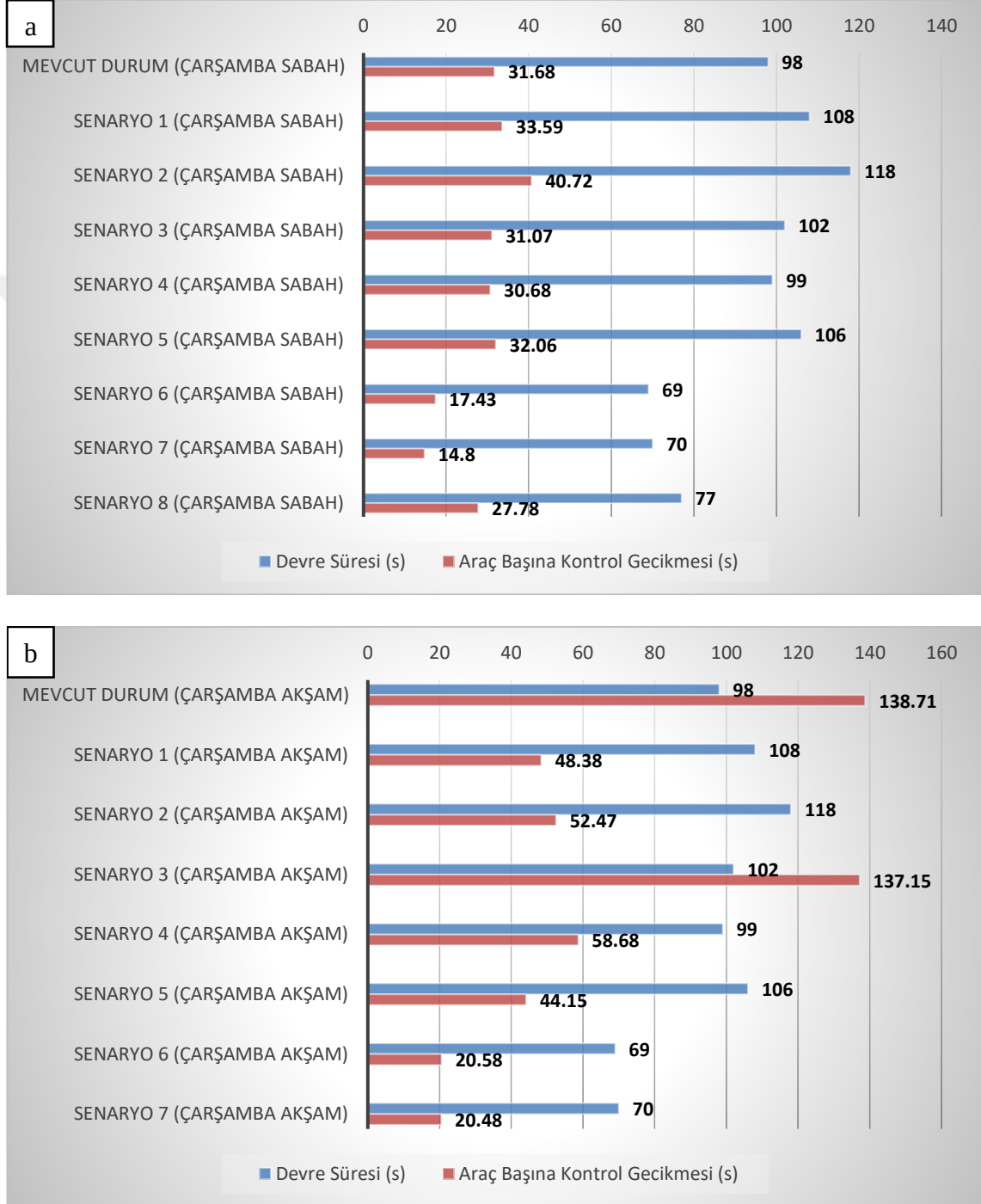
Bu tez kapsamında çalışılan kavşağın mevcut devre süresinin azaltıldığı Senaryo 6 (69 s), Senaryo 7 (70 s) ve Senaryo 8 (77 s) önerilerinde, analiz sonuçları karşılaştırmalarında önemli ölçüde iyileştirme elde edildiği sonucuna ulaşılmıştır. Şekil 4.62’de devre süresi ve gecikme arasındaki ilişkiyi anlatan bir grafik gösterilmiştir.



Şekil 4.62. Gecikme parametresi ve devre süresi ilişkisi (Roess 2011)

Şekil 4.62’de, Devre süresi artışının, kavşağı kullanan araçların gecikme değerini azalttığı, ancak devre süresindeki uzamanların daha sonralarda gecikme değerlerinde artış

meydana getirdiği görülmektedir. Bu değerlendirme genel bir değerlendirme olmasının yanı sıra, kavşağın geometrisi ve trafik özellikleri (şerit sayısı, şerit genişlikleri, otobüs durakları, hatalı araç parkları, yaklaşım kollarına ait yeşil süreleri, faz planı, taşıt türlerine göre trafik yoğunlukları vb.) kavşaktaki gecikme değerlerinin etkilenmesinde rol oynamaktadır. Bu tez çalışmasında da, farklı devre süreleri ile analizler yapılmasından dolayı, Şekil 4.62’de gösterilen grafiğin geçerliliği sağlanmıştır.



Şekil 4.63. Devre süresi ve araç başına kontrol gecikmesi ilişkisi; **a)** Çarşamba sabah; **b)** Çarşamba akşam

şekil 4.63'te arşamba sabah ve akşam analizleri için devre süresi ve gecikme değerleri arasındaki ilişkisinin yorumlanması için iki grafik verilmiştir. Grafikten elde edilen çıkarımlar, aşağıda yorumlanmıştır.

şekil 4.63a'da, devre süresi ve araç başına kontrol gecikmesi arasındaki ilişki incelendiğinde, devre süresinin gecikme üzerindeki etkileri görülmektedir. Senaryolar arasında ilişkilerde, artan devre süresinin gecikmeleri de arttırdığı sonucuna varılmaktadır.

şekil 4.63b'de, sabaha göre daha yoğun trafiğe sahip akşam vaktinde, devre süresinde ki artış ve azalışın, gecikme sürelerini doğrudan etkilemediği, kavşakta meydana gelen sürücü davranışları, taşıt hareketleri, farklı yaklaşım kollarına ait farklı trafik hacimleri ve yaklaşım kollarına verilen geçiş hakları ve yeşil süreleri etkilerinin gecikme süresine etki ettiği görülmektedir. Trafik yoğunluğunun devre süresi ve gecikme ilişkisinin geçerliliğini etkilediği, tez çalışması kapsamında elde edilen analiz sonuçlarından görülmektedir.

Grafikten elde edilen ilgi çekici sonuç; Senaryo 1 (108 s), Senaryo 2 (118 s) ve Senaryo 5 (106 s) nerilerinde, mevcut duruma göre devre süresi artmasına karşın, gecikme değerinde azalma meydana gelmesidir. Buradan trafik yoğunluğu ve yaklaşım kollarına verilen yeşil sürelerinin, devre süresinin gecikmeye olan etkisini değiştirdiği görülmektedir (şekil 4.63).

5. SONUÇLAR

Tez çalışmasının amacı Vissim mikrosimülasyon programı kullanılarak, kavşak performans analizi yapılması ve sinyal planı, faz planı ve geometrik değişiklik yöntemiyle kavşak performansında iyileştirme elde edilmesidir.

Tez çalışmasında, Pınarbaşı Caddesi, 732. Sokak ve 15. Cadde kesişiminden meydana gelen kavşakta mevcut durum ile test edilen ve önerilen senaryolar (Senaryo 1, Senaryo 2, Senaryo 3, Senaryo 4, Senaryo 5, Senaryo 6, Senaryo 7, Senaryo 8) arasında kavşak performans parametreleri, egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri bakımından karşılaştırmalar yapılmıştır.

Senaryo 1, Senaryo 2, Senaryo 3, Senaryo 4 ve Senaryo 5 çalışılan kavşağın mevcut sinyal planı üzerinde, yaklaşım kollarına ait yeşil sürelerin değiştirilmesi ile oluşturulan senaryolardır. Senaryo 6, kavşağın 4 fazlı işletiminin 3 faza düşürülmesi ile, Senaryo 7 ise kavşağın işletiminin 2 faza düşürülmesi ve bu doğrultuda geometrik değişimler yapılması ile oluşturulmuş senaryolardır. Mevcut durum dahil bütün bu senaryoların oluşturulması ve analiz edilmesi Vissim mikrosimülasyon programı aracılığı ile yapılmıştır.

Tez çalışması kapsamında çalışılan kavşağın trafik sayımları incelendiğinde, akşam vakitlerindeki araç yoğunluklarının sabah vakitlerine göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Kavşağın, Vissim programında yapılan modeli ile mevcut duruma ait analizler yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda da, sahada gözlemlenen trafik yoğunluklarının Vissim programında karşılıkları açıkça görülmüştür ve bu durum tez içerisinde grafiklerle yorumlanmıştır.

İncelenen günler içerisinde en yoğun trafik hacmi için, kavşak performans parametreleri ele alındığında, maksimum kuyruk uzunluğu parametresi bakımından en olumlu sonuç, 87.39 m ile Senaryo 7'de (faz planı değişikliği) elde edilmiştir. Böylelikle, mevcut duruma göre %75 iyileştirme sağlanmıştır. En olumsuz sonuç ise, 361.36 m ile Senaryo 3'te (sinyal planı değişikliği) elde edilmiştir ve maksimum kuyruk uzunluğunda, mevcut duruma göre %1.4 artış gözlenmiştir.

Ortalama kuyruk uzunluğu parametresi bakımından en olumlu sonuç, 7.2 m ile Senaryo 7'de elde edilmiştir. Senaryo 7 ile mevcut duruma göre %92.39 iyileştirme sağlanmıştır. En olumsuz sonuç, 95.79 m ile Senaryo 3'te elde edilmiştir. Mevcut duruma göre % 1.22 artış görülmüştür.

Araç başına kontrol gecikmesi ve hizmet düzeyi bakımından en olumlu sonuç, 21.15 s ile Senaryo 7'de elde edilmiştir. Böylelikle, mevcut duruma göre %85.17 iyileştirme sağlanmıştır. En olumsuz sonuç ise, 145.29 s ile Senaryo 3'te elde edilmiştir ve araç başına kontrol gecikmesinde, mevcut duruma göre % 2.16 artış gözlenmiştir.

Ortalama durma gecikmesi bakımından en olumlu sonuç, 7.41 s ile Senaryo 7'de elde edilmiştir. Senaryo 7 ile mevcut duruma göre % 93.05 iyileştirme sağlanmıştır. En olumsuz sonuç, 109.05 s ile Senaryo 3'te elde edilmiştir. Mevcut duruma göre %2.16 artış görülmüştür.

Egzoz emisyonları ve yakıt tüketimleri bakımından en olumlu sonuç, Senaryo 6'da (faz planı değişikliği) elde edilmiştir. Böylelikle, mevcut duruma göre %60.85 iyileştirme sağlanmıştır. En olumsuz sonuç ise, mevcut duruma aittir.

Kavşak hizmet düzeyini etkileyen araç başına kontrol gecikmesi parametresi bakımından;

- Senaryo 1 (4 fazlı işletim – sinyal planı değişikliği), 1 numaralı yaklaşım kolundan gelen trafik akımının akşamlarda daha yoğun olmasından dolayı, akşam vakitleri için iyileştirme sağlamıştır.
- Senaryo 2 (4 fazlı işletim – sinyal planı değişikliği), Senaryo 1'de olduğu gibi 1 numaralı yaklaşım kolundan gelen trafik akımının, akşamları daha yoğun olmasından dolayı, akşam vakitleri için iyileştirme sağlamış olsa da sabah vakitleri için iyileştirme sağlayamamıştır. Bunun sebebi, 1 numaralı yaklaşım koluna ait yeşil süresinin arttırılması ve diğer yaklaşım kollarının sürelerinin değiştirilmemesi sonucu artan devre süresi ve diğer yaklaşım kollarında artmış olan bekleme süresidir.
- Senaryo 3 (4 fazlı işletim planı – sinyal planı değişikliği), yalnızca 2 numaralı yaklaşım kolu yeşil süresinin 4 s arttırılması ile oluşturulmuştur. Bundan dolayı, sabah trafiklerinde kavşak hizmet düzeyinde, mevcut duruma göre yakın sonuçlar elde edilmiş olsa da, diğer senaryolardan farklı olarak akşam trafikleri için iyileştirme sağlanamamıştır. Bunun sebebi, akşam trafiklerindeki yoğunluğun artmasıyla beraber, trafik hacminin daha yoğun olduğu yaklaşım kollarındaki araçların kırmızı ışıktaki bekleme sürelerinin artmasıdır. Bu durum da, kavşak performansı için olumsuz bir etki yaratmıştır.
- Senaryo 4 (4 fazlı işletim – sinyal planı değişikliği), kavşağın sabah trafik hacimleri için hizmet düzeyinde iyileştirme sağlamasa da, özellikle Çarşamba ve Cuma akşam trafikleri için iyileştirmeler sağlamıştır. Bu senaryoda, 1 numaralı yaklaşım koluna ait yeşil süresi arttırılmış, 3 ve 4 numaralı yaklaşım kollarının yeşil süreleri azaltılmıştır. Bu sebeple, sabah trafiklerinde mevcut duruma yakın sonuçlar elde edilmiştir. Ancak, yaklaşım kollarından gelen taşıt yoğunluğunun akşam trafiklerinde farklılık göstermesi sebebiyle, mevcut duruma göre iyileştirmeler sağlanmasına rağmen, kavşak hizmet düzeyi istenen seviyeye getirilememiştir.
- Senaryo 5 (4 fazlı işletim – sinyal planı değişikliği), Senaryo 4 önerisi ile benzer katkı sağlayarak sabah trafikleri için pek fazla iyileştirme sağlamasa da, akşam trafikleri için iyileştirmelere sebep olmuştur. Bu senaryo ile, Senaryo 4 'ten farklı olarak kavşakta meydana gelen araç başına kontrol gecikmesi değerlerinde, daha yüksek oranda iyileştirme sağlanmıştır.
- Senaryo 6 (3 fazlı işletim – faz planı değişikliği), 1 ve 3 yaklaşım kollarından sola dönüşü engellemek ve sırasıyla 2 ve 4 yaklaşım kollarına geçiş hakkı verilmesi üzerine oluşturulmuştur. Bunun sonucu olarak, yapılan analizlerin grafiklerine bakıldığında, 3 fazlı işletim sağlayan bu senaryonun, kavşakta sabah ve akşam trafikleri için oldukça önemli ölçüde performans iyileştirmesi sağladığı görülmektedir.

- Senaryo 7 (2 fazlı işletim – faz planı değişikliği), bütün senaryolar içerisinde kavşak performansını iyileştirmeye yönelik en iyi çözüm olmuştur. Bu senaryoda her yaklaşım kolu için kavşak içerisinde sola dönüşler iptal edilmiş ve 1 ve 3 yaklaşım kollarının bulunduğu yerlere iki ayrı cep yapılarak, kavşak içerisinde engellenen dönüşler buradan yaptırılmıştır. Bu değişiklik de, bütün analizler içerisinde kavşak için en iyi performansın elde edilmesine sebep olmuştur.

Tez çalışması kapsamında yapılan analizler ve değerlendirmeler ışığında, sinyalizasyon kavşaklarda, trafik ışıklarından dolayı meydana gelen kontrol gecikmelerinin iyileştirilmesi yönünde önemli sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Tez çalışmasında, kavşağın özellikle akşam trafiklerinden kaynaklı yoğunluğunun, taşıt hareketleriyle bağlantısı da değerlendirilmiş olup, sola dönüşlerin kavşak içerisinde olumsuz etkileri tespit edilmiştir.

Işık sürelerinde ve faz düzeninde yapılan değişikliklerin, hem kavşaktaki hizmet düzeyi hem de araçlardan çevreye yayılan egzoz emisyonları bakımından oldukça önemli olduğu sonucuna varılmıştır. Bu tez çalışmasında oluşturulan senaryolarda, çevreye etkilerin azaltılması konusunda da elde edilen bu iyileştirmeler, artan şehirleşme ve motorlu taşıt kullanımının yol açmış olduğu çevre ve hava kirliliğinin azaltılması yönünde örnek bir çalışma olmuştur.

Simülasyon programlarının hızlı, güvenilir ve az maliyetli analiz olanakları sunması sebebiyle, ileri dönük trafik tahminleri için kavşak modellemeleri yapılabilir ve uygulanabilirlikleri değerlendirilebilir. Aynı şekilde, özellikle sinyalizasyon kavşaklarda meydana gelen fazla egzoz emisyonlarının çevreye etkilerinin azaltılması amacı ile simülasyon programları kullanılarak, birçok test yapılabilir. Kavşaklar, farklı senaryolar altında değerlendirilerek pratik çözümler üretilebilir. Yapay zeka ile nesne algılama, görüntü işleme teknikleri ve AUS'un koordine çalışmalarının test edilmesi için, ardışık sinyalizasyon kavşakların birbirleriyle iletişimi ve dinamik kavşak kontrol sistemleri konularında çalışmalar yapılabilir. Bu çalışmalar farklı simülasyon programları ile test edilerek, hem simülasyon programlarının karşılaştırılması yapılabilir hem de multidisipliner çalışmalar ile kavşak yönetim sistemleri için oluşabilecek trafik sorunlarına erken çözümler üzerine çalışılabilir.



6. KAYNAKLAR

- Ahadi, S. 2019. Vissim Yazılımı Kullanarak Mezar-I-Şerif (Afganistan) Örnek Çalışması İçerikli Kavşak Gecikme Analizleri. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya.
- Akmaz, M. M. 2012. Konya'nın önemli sinyalize kavşaklarının bilgisayar programı ile incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Aksoy, P. 2019. Işıklı Kavşaklarda Sola Dönüşlerde Sürücülerin Kurallara Uymamaları ile Trafik İşaretlemeleri ve Kavşak Geometrisi Arasındaki İlişkilerin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- AL-kareawi, Z. A. T. and Al-Obaedi, J. T. S. 2021. Simulation of U-turn traffic based on VISSIM and PARAMICS micro simulation. *J. Phys.: Conf. Ser.*, 1895: 012030
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). 2011. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets (6th Ed.). AASHTO, Washington DC. 970 p.
- Arshi, A. N., Alhajyaseen, W. K. M., Nakamura, H., ve Zhang, X. 2018. A comparative study on the operational performance of four-leg intersections by control type. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 118: 52-67.
- Aydın, M. M., Yıldırım, M. S., Saplıoğlu, M., ve Ünal, A. 2017. Şehir içi yollardaki geometri problemlerinin sınıflandırılması ve çözüm önerileri geliştirilmesi. II. Uluslararası Akademik Araştırmalar Kongresi, ss. 1240-1246, 18-21 Ekim, Alanya, Antalya.
- Baş, F. İ., Çolak, M. A., Demiriz, A. O., Bayata, H. F., Bayrak, O. Ü., Keleş, Ö. F., Mazlum, Y., Gürel, M. O. ve Demircioğlu, M. S. 2020. Kent içi Kavşakların Mikrosimülasyon Yöntemiyle Modellenmesi: Erzurum İli Örneği. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 444-451.
- Başkan, Ö. 2004. İzole sinyalize kavşaklardaki ortalama taşıt gecikmelerinin yapay sinir ağı ile modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli.
- Bayata, H. F. ve Bayrak, O. Ü. 2018. Yeni Yapılması Planlanan bir Kavşağın Mikro-Simülasyon ile Değerlendirilmesi. *Erzincan University Journal of Science and Technology*, 11 (3), 550-559.
- Boz, C., ve Gülgen, F. 2018. Sumo Trafik Simülasyonu Kullanılarak Trafik Düzenlemelerinin Etkilerinin Gözlenmesi. VII. UZAKTAN ALGILAMA VE CBS SEMPOZYUMU (UZAL-CBS 2018). 18-21 Eylül, Eskişehir. Doi: 10.15659/uzalcbs2018.7042
- Camcı, A. A. 2019. Kavşak tasarımında trafik simülasyon tekniklerinin kullanımı ve Sakarya için uygulamalar. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya.
- Chen, Y., and Hu, W. 2021. A video-based method with strong-robustness for vehicle detection and classification based on static appearance features and motion features. *IEEE Access*, 9: 13083–13098.
- Cheng, W., Zhu, X., and Song, X. 2016. Research on Capacity Model for Large Signalized Roundabouts. *Procedia Engineering*, 137: 352-361.

- Cheng, Z., Pang, M. S. and Pavlou, P. A. 2020. Mitigating traffic congestion: The role of intelligent transportation systems. *Information Systems Research*, 31 (3): 653–674.
- Colorado Department of Transportation (CDOT). 2020. Project Leadership Team meeting #2 file online. https://www.codot.gov/projects/us40fraserstudy/assets/plt2_meetingpresentation.pdf [Son Erişim Tarihi: 26.05.2022].
- Cruz, F. R. G., Santos, C. J. R. and Veal, L. A. 2019. Classified Counting and Tracking of Local Vehicles in Manila Using Computer Vision. 2019 IEEE 11th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment, and Management (HNICEM), pp. 1–5, Laoag, Philippines.
- Çakıcı, Z. 2014. Sinyalize dönel (yuvarlak ada) kavşakların tasarım esaslarının araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli.
- Çakıcı, Z. ve Murat, Y. Ş. 2015. Sinyalize Dönel Kavşakların Performanslarının Farklı Senaryolar Altında İncelenmesi. 11. Ulaştırma Kongresi, ss. 105-116, 27-29 Mayıs, İstanbul İnşaat Mühendisleri Odası, İstanbul.
- Çakıcı, Z. ve Murat, Y. Ş. 2016. Sinyalize dönel kavşaklar için hesap yöntemi önerisi ve performans analizi. *Teknik Dergi*, 27(4), 7569-7592.
- Çetinkaya, G. 2008. Işıklı kavşaklarda değişik hesaplama yöntemlerinin karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Deveci, M., Pamucar, D., and Gokasar, I. 2021. Fuzzy Power Heronian function based CoCoSo method for the advantage prioritization of autonomous vehicles in real-time traffic management. *Sustainable Cities and Society*, 69: 102846.
- Eraslan, O. 2008. Işıklı Kavşaklarda Amerikan ve Avustralya Yöntemleri ile Gecikme Analizi ve Örnek Bir Kavşak Çözümü. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Erol, D. 2018. Kent içi Işıklı ve Dönel Kavşak Uygulamalarının Performans Kriterlerine Etkisi: Denizli Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli.
- Eva, P. and Andrea, K. 2017. Case Study: Capacity Characteristics Comparison of Single-lane Roundabout and Turbo-roundabouts. *Procedia Engineering*, 192: 701-706.
- Gomaa, A., Abdelwahab, M. M., Abo-Zahhad, M., Minematsu, T. and Taniguchi, R. I. 2019. Robust vehicle detection and counting algorithm employing a convolution neural network and optical flow. *Sensors*, 19 (20): 4588.
- Güncü, V. 2019. Türkiye’de Karayolları Üzerinde Mevcut Dönel Kavşakların Geometrik Tasarımları Dikkate Alınarak Trafik Güvenliği Yönünden İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Gündoğan, F. 2020. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü Akıllı Şehirler Kapasite Geliştirme ve Rehberlik Projesi. Akıllı Ulaşım. <https://www.akillisehirler.gov.tr/wp-content/uploads/Ulasim.pdf> [Son Erişim Tarihi: 26.05.2022].

- Güzel, M. S. 2017. Çok yönlü araç takibi ve sayımı uygulaması. *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 7 (2): 622-626.
- Highway Capacity Manual (HCM). 2010. Transportation Research Board of National Academies (5th Ed.). Vol-1. Washington DC, 311 p.
- Integrated Systems& Systems Design (ISSD). 2022. Akademi PTV Vissim Webinarları, Conflict Areas - Signal controllers. https://www.issd.com.tr/upload/Node/36084/files/PTV_Vissim_ISSD_Webinar_04_Conflict_Areas_Signal_Controllers.mp4 [Erişim tarihi: 26.05.2022]
- İlyas, S. 2019. Yeni tip sinyalizasyon dönele kavşak tasarımı ve Antalya'nın önemli noktalarına uygulanabilirliğinin bilgisayar ile analizi. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya.
- James, A. J., Prasad, A., Ashok, B. P., Ramachandran, R., Varghese, A. I. 2021. Microsimulation Modelling in VISSIM for Long-Term Improvements in Kuruppanthara Junction. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*. Icart – 2021 (Volume 09 – Issue 09).
- K. F. Hussain, M. Afifi and G. Moussa. 2019. A Comprehensive Study of the Effect of Spatial Resolution and Color of Digital Images on Vehicle Classification. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 20(3): 1181-1190.
- Kahveci, E. Y. 2010. Karayolu Kesimi Trafik Karakterizasyonu için Matematiksel Modellemeler. Yüksek Lisans Tezi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Gazi Üniversitesi. Ankara.
- Karavaşahin, M. 2016. Trafik Hacmi ve Özellikleri ders notları. <https://docplayer.biz.tr/4413221-Trafik-hacmi-ve-ozellikleri-prof-dr-mustafa-karavashin.html> [Son Erişim Tarihi: 26.05.2022].
- Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM). 2005. Karayolu tasarımı el kitabı, Ankara, 305 s.
- Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM). 2009. Devlet Yolları Trafik Akım Özellikleri ve Trafik Parametreleri. <https://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionDocuments/KGMdocuments/Yayinlar/YayinPdf/Devlet%20Yolları%20Trafik%20Akımı%20Özellikleri%20ve%20Trafik%20Parametreleri.pdf> [Son Erişim Tarihi: 26.05.2022].
- Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM).2020. Karayolu Ulaşım İstatistikleri. <https://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionDocuments/KGMdocuments/Yayinlar/YayinPdf/KarayoluUlasimIstatistikleri2020.pdf> [Son Erişim Tarihi: 26.05.2022].
- Kosasih, R. 2022. Detection and Classification of Vehicles on the Bekasi Toll Road Using the Gaussian Mixture Models Method and Morphological Operations. *Telematika*, 15(1).
- Liang, Z., Xiao, Y. and Flötteröd, Y. P. 2021. An overlapping phase approach to optimize bus signal priority control under two-way signal coordination on urban arterials. *Journal of Advanced Transportation*, 2021 (6): 1-13.
- Lin, H., Yuan, Z., He, B., Kuai, X., Li, X. and Guo, R. 2022. A Deep Learning Framework for Video-Based Vehicle Counting. *Frontiers in Physics*, 10: 829734.

- Lu, M. and Yan, S. 2019. Signal Light Optimization based on PTV Vissim Software. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 688(4): 044003.
- Ma, R., Zhang, Z., Dong, Y. and Pan, Y. 2020. Deep learning based vehicle detection and classification methodology using strain sensors under bridge deck. *Sensors*, 20(18): 1–26.
- Mađziel, M., Campisi, T., Jaworski, A., Kuszewski, H. and Woś, P. 2021. Assessing vehicle emissions from a multi-lane to turbo roundabout conversion using a microsimulation tool. *Energies*, 14 (15).
- Mannering, F. L. and Washburn, S. S. 2019. Principles of Highway Engineering and Traffic Analysis. (7th Ed). Wiley. 414 p.
- Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways (MUTCD). 2003. Part 4: Highway Traffic Signals, 760 p.
- Maqbool, S., Khan M., Tahir J., Jalil, A., Ali, A. and Ahmad, J. 2018. Vehicle Detection, Tracking and Counting. 2018 IEEE 3rd International Conference on Signal and Image Processing (ICSIP), pp. 126-132.
- Murat, Y. Ş. 1999. Kentsel Ulaşım Çerçevesinde Sinyalize Kavşak Etüdları, 2. Ulusal Kentsel Altyapı Sempozyumu, 75-86.
- Murat., Y. Ş. 2012. Trafik Mühendisliği Ders Notları 2. <https://www.pau.edu.tr/ysmurat/tr/haber/trafik-muhendisligi> [Son Erişim Tarihi: 26.05.2022].
- Naghawi, H., AlSoud, A. and AlHadidi, T. 2018. The Possibility for Implementing the Superstreet Unconventional Intersection Design in Jordan. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 46(3): 122-128.
- Öğütveren, E. 2019. Modern Dönel Kavşakların Geometrik Tasarımı ve Kapasite İlişkisi. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli.
- Özen, M. 2020. Dört Kollu Sinyalize Kentsel Kavşaklarda Trafik Kazalarının Sıklığını Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi. *Teknik Dergi*, 31 (3): 10033-10053.
- Özge, K. V. 2010. Kavşak İyileştirme Seçeneklerinin Simülasyon Tekniği ile Değerlendirilmesi: İstanbul Cendere Yolu Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul
- Özinal, Y. ve Uz, V. E. 2021. Dönel kavşak geometrik elemanlarının kavşak güvenliği üzerine etkisinin literatür ışığında değerlendirilmesi. *Politeknik Dergisi*, 24(1):283-297.
- Pazar, Ş., Bulut, M. ve Uysal, C. 2020. Yapay Zeka Tabanlı Araç Algılama Sistemi Geliştirilmesi. *Journal of Scientific, Technology and Engineering Research*, 1 (1): 31-37.
- Roess, R. P., Prassas, E. S., and McShane, W. R. 2011. Traffic Engineering (4th Ed.) Pearson, NJ, 739 p.
- Saidallah, M., El Fergougui, A. and Elalaoui, A. E. 2016. A comparative study of urban road traffic simulators. In MATEC Web of Conferences, 81: 05002.

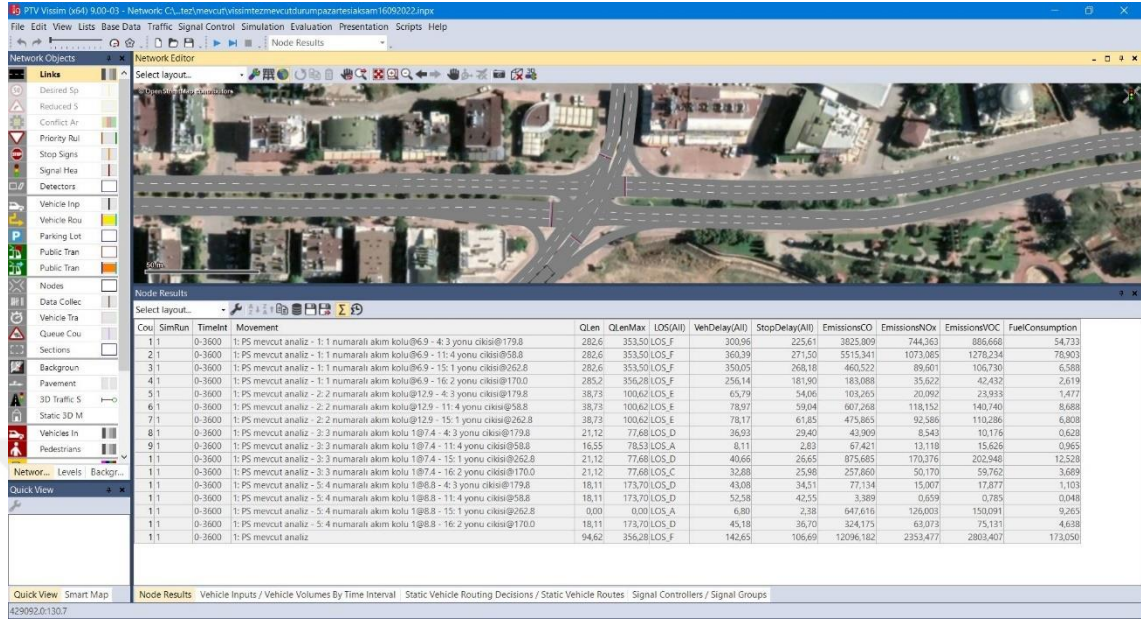
- Sarı, F. A. 2021. Kavşaklarda Trafik Simülasyon Tekniklerinin Kullanılması ve Simülasyon Programlarının Karşılaştırmalı Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya.
- Sundoro, H. S. and Harjoko, A. 2016. Vehicle Counting And Vehicle Speed Measurement based on Video Processing. *Journal of Theoretical & Applied Information Technology*, 84(2).
- Suzuki, K., Fujita, M. and Yamaguchi, D. 2011. Analysis of relationship among intersection geometry, users' behavior and traffic safety based on before-and-after survey data. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 9: 1839-1854.
- Şimşir, F., Özkaynak, E. ve Ekmekçi D. 2013. Kavşaklarda Trafik Sinyalizasyon Sisteminin Modellemesi ve Benzetimi. XV. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri, ss. 833-837, 23-25 Ocak, Akdeniz Üniversitesi, Antalya.
- The Federal Highway Administration (FHWA). 1998. Travel Time Data Collection Handbook, Washington, DC, 348 p.
- The Federal Highway Administration (FHWA). 2004. Signalized Intersection: Informational Guide, McLean, VA, 369 p.
- The Federal Highway Administration (FHWA). 2014. Median U-Turn Informational Guide, Washington, DC, 148 p.
- Türk Standartları Enstitüsü, TS 6407 Şehir içi ulaşım hesaplamalarında, araç tiplerine göre kullanılacak oto birim katsayıları, Türk Standard, TS 6407, Ankara, 2013.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). 2019. Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuc-lari-2019-33705>. [Son Erişim Tarihi: 26.05.2022]
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). 2020. “Motorlu Kara Taşıtları, Ekim 2020”. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Motorlu-Kara-Tasitlari-Ekim-2020-33658> [Son Erişim Tarihi: 26.05.2022].
- Vaiana, R., Gallelli V. and Iuele T. 2012. Simulation of observed traffic conditions on roundabouts by dedicated software. *Procedia-social and behavioral sciences*, 53: 741-753.
- Wang, F., Gu, D., Chen, A. 2022. Analysis of Traffic Operation Characteristics and Calculation Model of the Length of the Connecting Section between Ramp and Intersection. *Sustainability*, 14: 629.
- Yang, S., Chong, X., Li, X. and Li, R. 2022. Intelligent Intersection Vehicle and Pedestrian Detection Based on Convolutional Neural Network. *Journal of Sensors*, 2022: 1–11.
- Yavuzylmaz, F. and Dünder, S. 2017. 15 Temmuz Şehitler Köprüsü gişe sahasının trafik akımına etkisinin araştırılması. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 8(4): 703-714.
- Yayla, N. 2004. Karayolu Mühendisliği, Birsen Yayınevi, İstanbul, 285 s.
- Yılmaz, Ö. 2012. Karayolu Ulaşımında Akıllı Ulaştırma Sistemleri. Uzmanlık Tezi. T.C. Kalkınma Bakanlığı Bilgi Toplumu Dairesi, Ankara.

- Yiğit, H. İ. 2019. Koordine sinyalizasyon kavşaklarında gecikme modellemesi: Ulus Bulvarı örneği, Denizli. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli.
- Zhao, J., Hao, S., Dai, C., Zhang, H., Zhao, L., Ji, Z. and Ganchev, I. 2022. Improved Vision-Based Vehicle Detection and Classification by Optimized YOLOv4. *IEEE Access*, 10: 8590–8603.

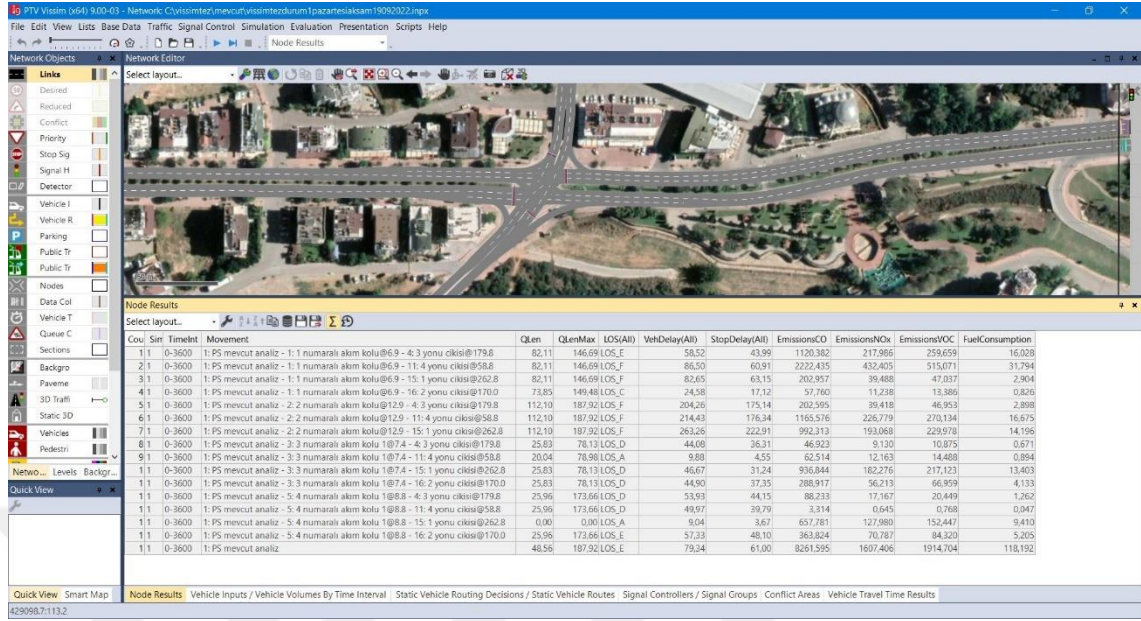


7. EKLER

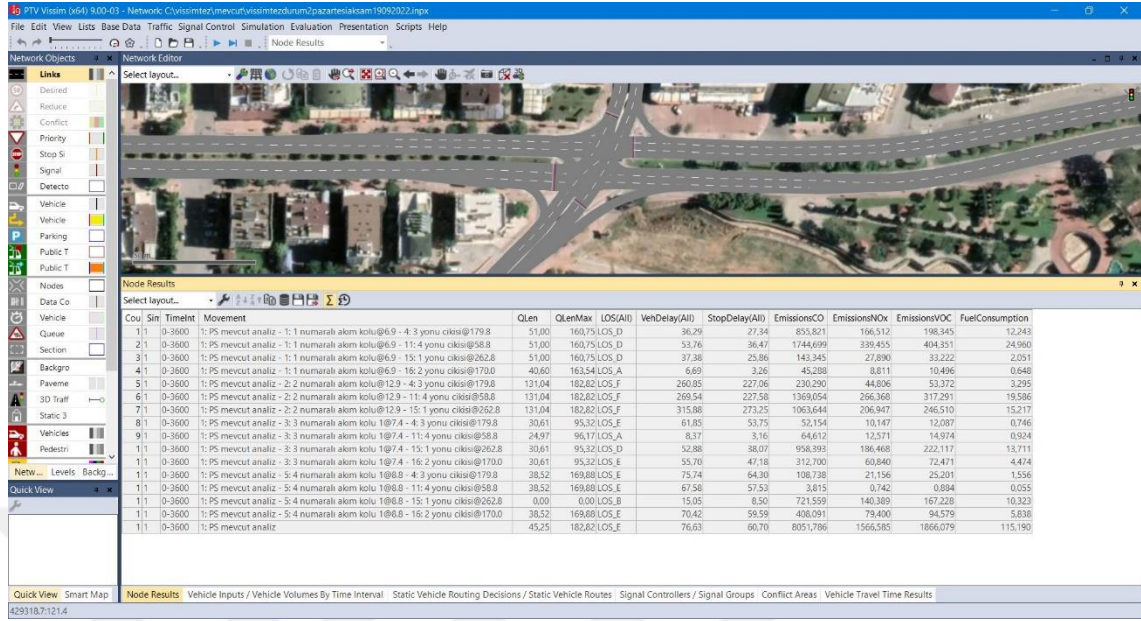
EK-1: PTV Vissim Mevcut Durum Analiz Sonucu Örnek (Pazartesi akşam)



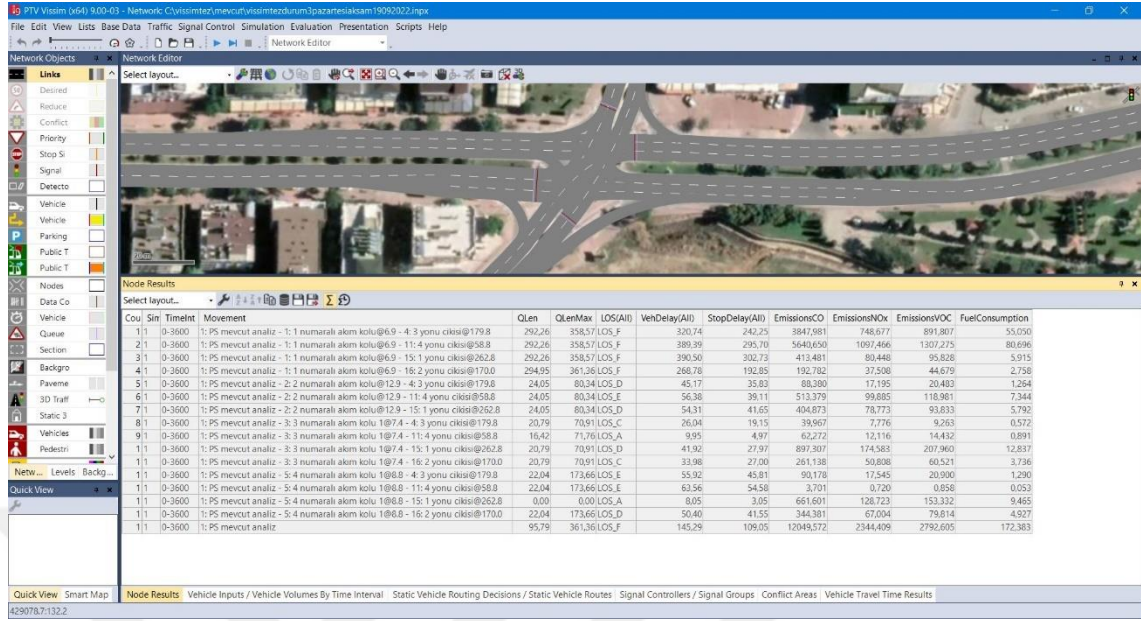
EK-2: PTV Vissim Senaryo 1 Analiz Sonucu Örnek (Pazartesi akşam)



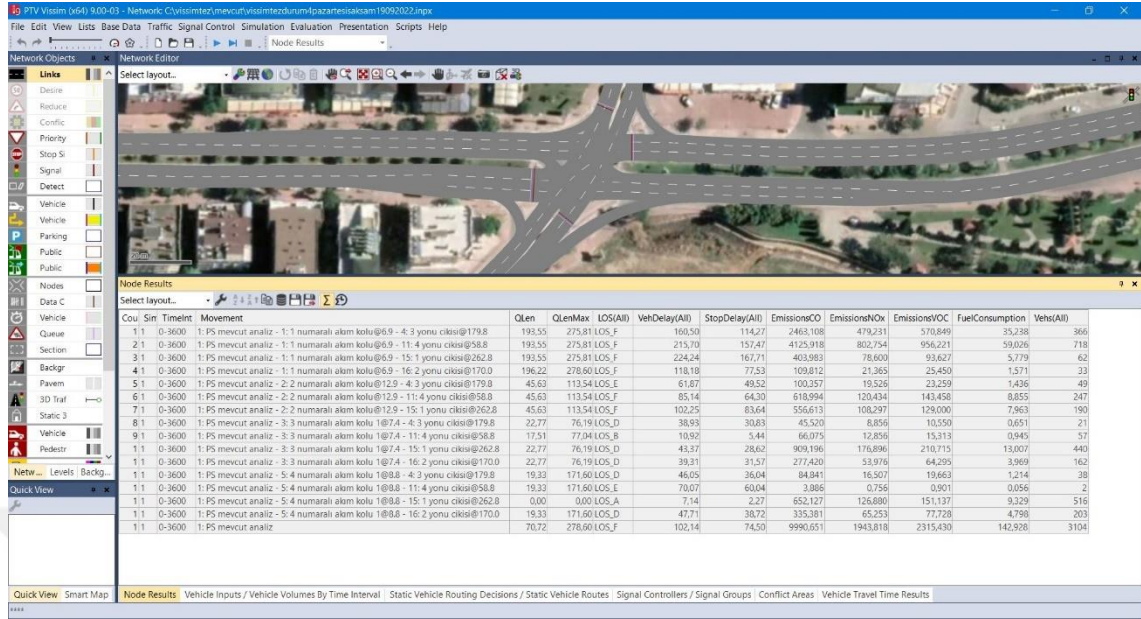
EK-3: PTV Vissim Senaryo 2 Analiz Sonucu Örnek (Pazartesi akşam)



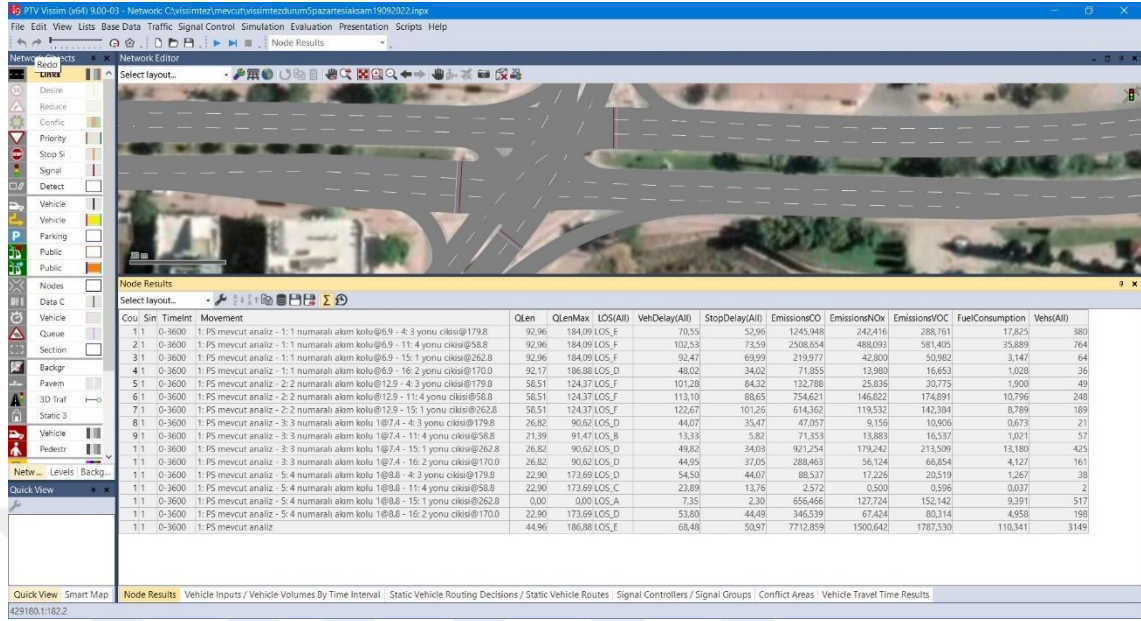
EK-4: PTV Vissim Senaryo 3 Analiz Sonucu Örnek (Pazartesi akşam)



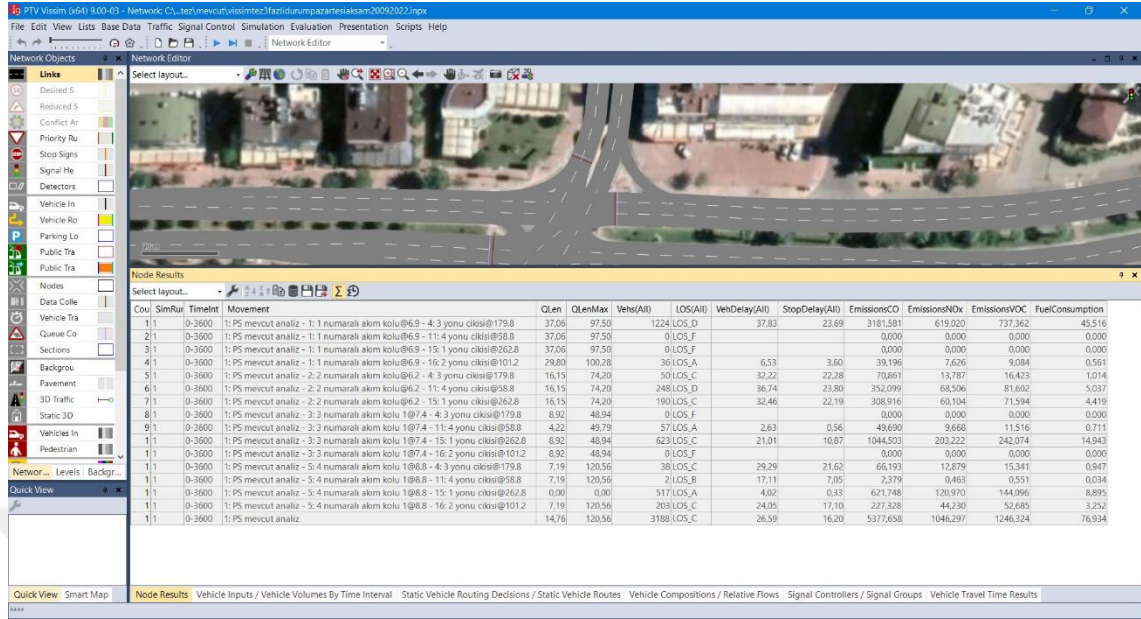
EK-5: PTV Vissim Senaryo 4 Analiz Sonucu Örnek (Pazartesi akşam)



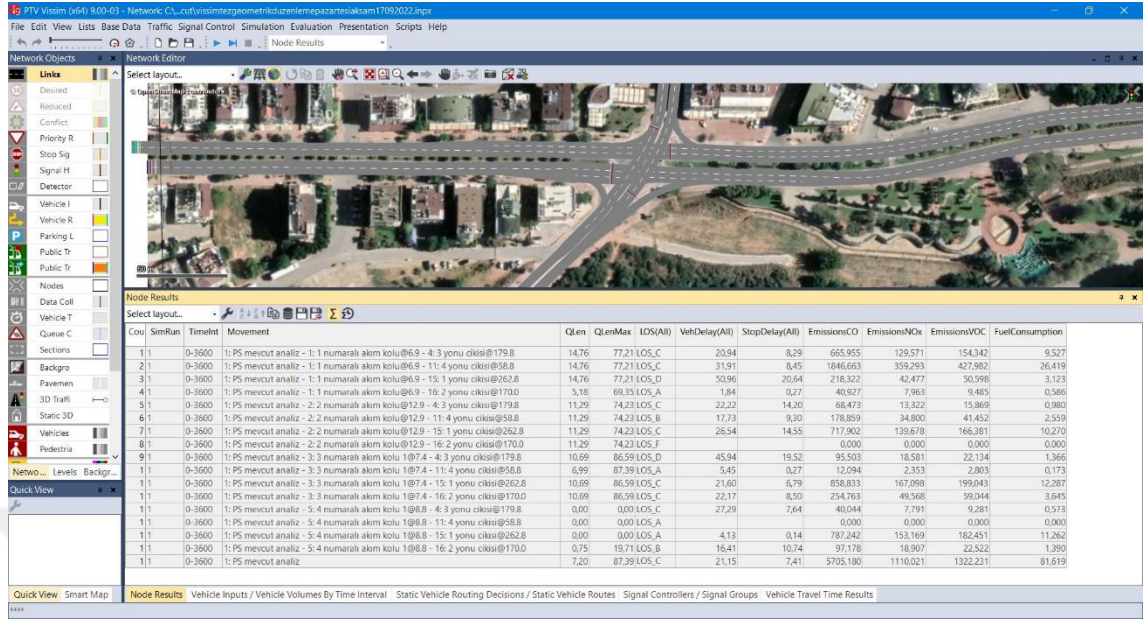
EK-6: PTV Vissim Senaryo 5 Analiz Sonucu Örnek (Pazartesi akşam)



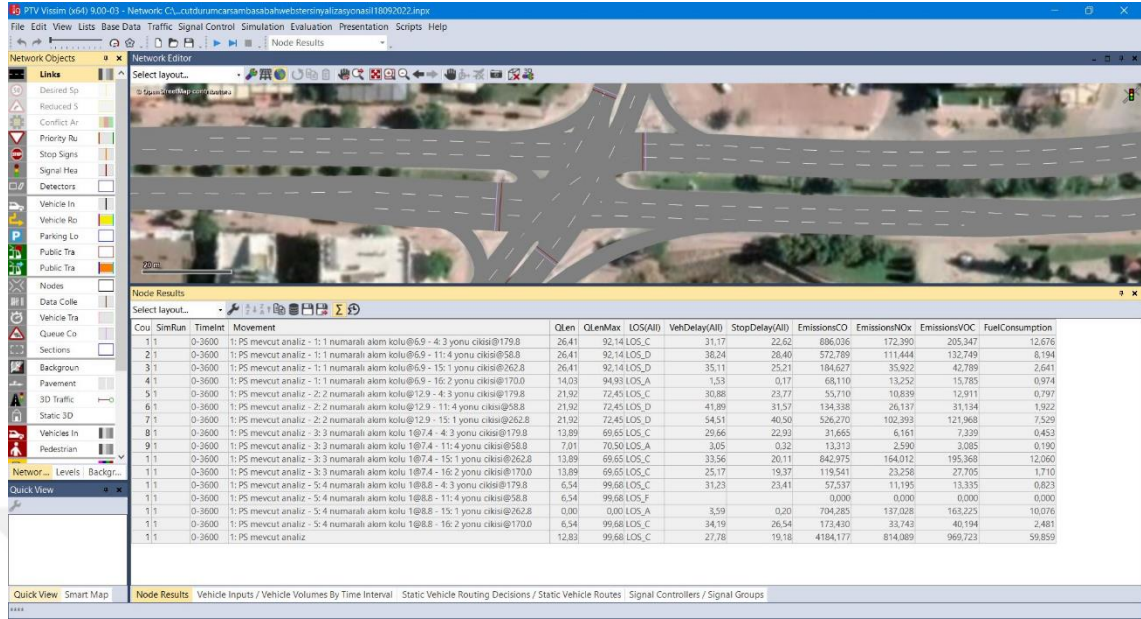
EK-7: PTV Vissim Senaryo 6 Analiz Sonucu Örnek (Pazartesi akşam)



EK-8: PTV Vissim Senaryo 7 Analiz Sonucu Örnek (Pazartesi akşam)



EK-9: PTV Vissim Senaryo 8 Analizleri ve Sonuçları



ÖZGEÇMİŞ

Bahadır Ersoy ULUSOY

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2019-2022	Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya
Lisans	Sakarya Üniversitesi
2012-2017	Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

İnşaat Mühendisi	Hep Kar İnşaat
2017-2018	Bandırma / Balıkesir
Stajyer İnşaat Mühendisi	Karayolları 13. Bölge Müdürlüğü
2016-2016	Antalya
Stajyer İnşaat Mühendisi	IMS Project Management
2015-2015	İstanbul

ESERLER:

Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

Ulusoy, B. E. and Köfteci, S. 2022. Investigation of The Environmental Effects of A Signal Plan Change Made at A Signalized Intersection in Antalya by Traffic Simulation. International Symposium on Advanced Engineering Technologies (ISADET). pg. 90. 16-18 June, Kahramanmaraş.