

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**VISSİM YAZILIMI KULLANARAK MEZAR-I-ŞERİF  
(AFGANİSTAN) ÖRNEK ÇALIŞMASI İÇERİKLİ  
KAVŞAK GECİKME ANALİZLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Suhrab AHADI**

**Enstitü Anabilim Dalı** : **İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**  
**Enstitü Bilim Dalı** : **ULAŞTIRMA**  
**Tez Danışmanı** : **Dr. Öğr.Üyesi Hakan ASLAN**

**Eylül 2019**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

VISSIM YAZILIMI KULLANARAK MEZAR-I-ŞERİF  
(AFGANİSTAN) ÖRNEK ÇALIŞMASI İÇERİKLİ  
KAVŞAK GECİKME ANALİZLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Suhrab AHADI

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü bilim Dalı : ULAŞTIRMA

Bu tez 06.09.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

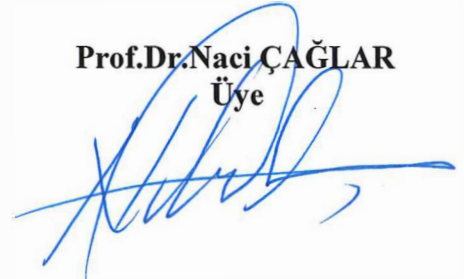
Prof.Dr.Metin İPEK  
Jüri Başkanı



Dr. Öğr.Üyesi  
Hakan ASLAN  
Üye



Prof.Dr.Naci ÇAĞLAR  
Üye



## **BEYAN**

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Suhrab AHADI  
06.09.2019

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimin boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Dr.Öğr.Üyesi. Hakan ASLAN'a teşekkürlerimi sunarım.

İyi bir eğitim almam ve hayatta hep güçlü durabilmem için maddi manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen annem ve babama, çalışma süreci boyunca varlığı ile çalışma gayretimin temel unsurlarından olan sevgili eşime ve çalışmamı yapabilmem için ekonomik destek sağlayan Afganistan hükümeti ve halkına sonsuz şükranlarımı sunarım.

## İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ .....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	vii
TABLolar LİSTESİ .....	xiii
ÖZET .....	xvi
SUMMARY .....	xvii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ .....	1
1.1. Sinyalize Kavşaklar .....	5
1.1.1. Sabit zamanlı trafik sinyalizasyon sistemleri.....	5
1.1.1.1. Sabit zamanlı trafik sinyalizasyon sistemleri avantajları .....	5
1.1.1.2. Sabit zamanlı trafik sinyalizasyon sistemleri dezavantajlar .....	5
1.1.2. Yarı değişken trafik sinyalizasyon sistemleri .....	5
1.1.3. Değişken zamanlı sinyalizasyon sistemleri .....	5
1.1.4. Kavşaklarda sinyalizasyon sistemi kullanımının avantajları ...	7
1.2. Işıksız Kavşaklar .....	9
1.3. Problem Tanımı .....	10
1.4. Araştırma İhtiyacı ve Önemi .....	10
1.5. Çalışmanın Amacı ve Tez içeriği .....	11
1.6. Araştırma Metodu .....	11
1.7. Tezin Organizasyonu .....	12

## BÖLÜM 2.

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI .....	14
2.1. Simülasyon Tarihçesi .....	14
2.2. Simülasyonun İlkeleri ve Teorik Temelleri .....	15
2.3. Trafik Mühendisliğinde Simülasyonlar: VISSIM .....	17
2.3.1. VISSIM .....	19
2.4. Gecikme Etüdü ve Kuyruklanma Teorisi .....	19
2.4.1. Deterministik kuyruk modeli .....	20
2.4.2. Gecikmenin bileşenleri .....	21
2.4.2.1. Üniform gecikme .....	21
2.4.2.2. Rastgele (Eklenik) gecikme .....	22
2.4.2.3. Taşma gecikmesi .....	23
2.4.3. (HCM 2010) gecikme modeli .....	24
2.4.4. HCM2000 ve HCM2010 (IQA) yöntemleri .....	25
2.4.4.1. (HCM 2000) gecikme modeli .....	25
2.4.4.2. IQA (HCM 2010) yöntemi .....	26
2.4.5. Hizmet düzeyi .....	28
2.5. Sinyal Koordinasyonu .....	29
2.5.1. Koordineli sinyalizasyon çalışma prensipleri .....	30
2.5.2. Zaman – Mesafe diyagramı ve ideal offset .....	30
2.5.3. Koordineli sinyalizasyon sistemlerinin türleri .....	32
2.5.4. Trafik sinyal koordinasyonunun avantajları ve dezavantajları .	33
2.5.4.1. Trafik sinyal koordinasyonunun avantajlarından bazıları .....	33
2.5.4.2. Trafik sinyal koordinasyonunun dezavantajlarından bazıları .....	33
2.5.5. Sinyal koordinasyon tasarımında mikrosimülasyon yazılımını kullanmanın faydaları .....	34
2.6. Araştırma Geçmişine Genel Bakış .....	34

### BÖLÜM 3.

MATERYAL VE YÖNTEM .....	39
3.1. Materyal .....	39
3.1.1. Veri toplanması .....	40
3.2. Yöntem .....	46
3.2.1. SIDRA yazılımıyla faz ve devre sürelerinin belirlenmesi .....	46
3.2.2. VISSIM simülasyon modellenmesi .....	47

### BÖLÜM 4.

ARAŞTIRMA BULGULARI .....	49
4.1. Sinyal Koordinasyonundan Önce ve Sonra Simülasyon Modellemesi ve Analizleri .....	49
4.1.1. Mevcut durum .....	49
4.1.2. İyileştirilmiş durum .....	57
4.2. Senaryo Uygulamaları .....	66
4.2.1. Simülasyon analizleri .....	66
4.2.1.1. Sinyal koordinasyondan öncesi VISSIM analizleri ...	69
4.2.1.2. Sinyal koordinasyondan sonrası VISSIM analizleri ...	76
4.2.1.3. Sinyal koordinasyondan önce ve sonra sistem (ağ) için simülasyon uygulamasının sonuçları .....	86

### BÖLÜM 5.

DEĞERLENDİRME .....	95
5.1. Mevcut Durum .....	95
5.2. İyileştirilmiş Durum .....	97
5.3. Kavşakların Geometrik İyileştirmesi ve Performansa Etkisi .....	99
5.4. Senaryo Değerlendirmeleri .....	100

### BÖLÜM 6.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	103
6.1. Sonuçlar .....	103
6.2. Öneriler .....	106

KAYNAKLAR .....	107
EKLER .....	110
ÖZGEÇMİŞ .....	140





## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

FHWA	: Federal Highway Administration
HCM	: Highway Capacity Manual
VISSIM	: Verkehr In städten – SIMulations modell
IQA	: Incremental Queue Accumulation
KTKS	: Kentsel Trafik Kontrol Sistemleri
Km	: Kilometre
LOS	: Level of Service
m	: Metre
sn	: Saniye
sa	: Saat
SIDRA	: Signalised & Unsignalised Intersection Design and Research Aid
ta	: Taşıt
ZTK	: Zaman Tabanlı Koordinasyon

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Sinyalize kavşakta duruş, yaklaşım, kontrol, yavaşlama ve hızlanma gecikmelerinin tanımı .....	3
Şekil 1.2. Dört kollu ve T tipindeki ışıksız kavşaklarda araçların geçişlerinde olası etkileşim noktaları .....	7
Şekil 1.3. Işıklı kavşakta araçların geçişlerinde olası etkileşim noktaları .....	7
Şekil 1.4. T – tipindeki kavşakta ortalama gecikmenin ışıklı ve ışıksız iki farklı modda karşılaştırılması .....	8
Şekil 1.5. Işıklı ve ışıksız iki modda T- tipli kavşak kapasitesi .....	9
Şekil 2.1. Farklı ölçekli trafik simülasyon modelleri .....	17
Şekil 2.2. Düşük doygun koşullar için idealize edilmiş kümülatif varışlar ve ayrılışlar (çıkışlar) .....	20
Şekil 2.3. Aşırı doygun koşullar için idealize edilmiş kümülatif varış ve ayrılışlar (çıkışlar) .....	21
Şekil 2.4. Eklenik gecikmenin gösterimi .....	22
Şekil 2.5. Taşma gecikmenin gösterimi .....	24
Şekil 2.6. Duruş çizgisi itibari ile kuyruklanma ve araçların kavşaktan ayrılış oranına bağlı olarak oluşan üçgen alanlar .....	26
Şekil 2.7. Kuyruk birikimi ve kavşak boşaltma fonksiyonlarının gösterimi .....	27
Şekil 2.8. Zaman-Mesafe diyagramı .....	31
Şekil 3.1. Marmaul caddesine ait birinci ve ikinci kavşakların resmi .....	39
Şekil 3.2. Marmul caddesindeki birinci ve ikinci kavşakların mevcut durum geometrik tasarımları .....	40
Şekil.3.3. Kavşaklara ait trafik hacimleri ve hava fotoğrafı .....	41
Şekil 3.4. Marmul caddesine ait birinci kavşağın akım yönlü toplam taşıt miktarları .....	42

Şekil 3.5. Marmul caddesine ait ikinci kavşağın akım yönlü toplam taşıt miktarları .....	43
Resim 3.1. Marmul caddesine ait birinci kavşağın genel görünüşü .....	44
Resim 3.2. Marmul caddesine ait birinci kavşağın tüm bağlantı kollarının görünüşleri .....	44
Resim 3.3. Marmul caddesine ait ikinci kavşağın genel görünüşü.....	45
Resim 3.4. Marmul caddesine ait ikinci kavşağın tüm bağlantı kollarının görünüşleri .....	45
Şekil 3.6. SIDRA yazılımının ekran görüntüsü.....	47
Şekil 3.7. Kavşaklarda mevcut durum VISSIM simülasyon modellemesi .....	48
Şekil 3.8. Marmul caddesine ait birinci ve ikinci kavşağın geometrik tasarımının iyileştirilmesinden sonra yapılan VISSIM simülasyon modellemesi .....	48
Şekil 4.1. Marmul caddesine ait birinci ve ikinci kavşağının mevcut durum simülasyon modeli .....	50
Şekil 4.2. Koordinasyon öncesi Marmul caddesine ait birinci kavşakta SIDRA ile elde edilen sinyalizasyon faz süreleri .....	50
Şekil 4.3. Koordinasyon öncesi Marmul caddesine ait ikinci kavşakta SIDRA ile elde edilen sinyalizasyon faz süreleri .....	50
Şekil 4.4. Sinyal koordinasyonundan sonra Marmul caddesine ait birinci kavşağının sinyalizasyon faz süreleri .....	51
Şekil 4.5. Sinyal koordinasyonundan sonra Marmul caddesine ait ikinci kavşağının sinyalizasyon faz süreleri .....	51
Şekil 4.6. Mevcut durum, Marmul caddesine ait birinci ve ikinci kavşağının sinyal koordinasyonu sonrası zamanlama planının zaman-mesafe diyagramı .....	51
Şekil 4.7. Sinyal koordinasyonundan önce ve sonra Marmul caddesine ait birinci kavşağının akım yönlerine ve dağılımlarına göre ortalama taşıt gecikme değerleri .....	52
Şekil 4.8. Sinyal koordinasyonundan önce ve sonra Marmul caddesine ait birinci kavşağının akım yönlerine göre ortalama kuyruk uzunlukları .....	52
Şekil 4.9. Sinyal koordinasyonundan önce ve sonra Marmul caddesine ait birinci kavşağının akım yönlerine göre maksimum kuyruk uzunlukları .....	53

Şekil 4.10. Sinyal koordinasyonundan önce ve sonra Marmul caddesine ait ikinci kavşağının akım yönlerine ve dağılımlarına göre ortalama taşıt gecikme değerleri .....	54
Şekil 4.11. Sinyal koordinasyonundan önce ve sonra Marmul caddesine ait ikinci kavşağının akım yönlerine göre ortalama kuyruk uzunluk değerleri .....	54
Şekil 4.12. Sinyal koordinasyonundan önce ve sonra Marmul caddesine ait ikinci kavşağının akım yönlerine göre maksimum kuyruk uzunluk değerleri .....	55
Şekil 4.13. Marmul caddesindeki birinci ve ikinci kavşakların iyileştirilmiş geometrik tasarımları .....	57
Şekil 4.14. Marmul caddesine ait geometrik tasarımı iyileştirilmiş birinci ve ikinci kavşağın VISSIM simülasyon modeli .....	58
Şekil 4.15. Geometrik tasarımı iyileştirildikten sonraki marmul caddesine ait birinci kavşağın sinyal koordinasyonundan önceki faz diyagramı ve süreleri .....	58
Şekil 4.16. Geometrik tasarımı iyileştirildikten sonraki Marmul caddesine ait ikinci kavşağın sinyal koordinasyonundan önceki faz diyagramı ve süreleri .....	59
Şekil 4.17. Geometrik tasarımı iyileştirildikten sonraki Marmul caddesine ait birinci kavşağın sinyal koordinasyonundan sonraki faz diyagramı ve süreleri .....	59
Şekil 4.18. Geometrik tasarımı iyileştirildikten sonraki Marmul caddesine ait ikinci kavşağın sinyal koordinasyonundan sonraki faz diyagramı ve süreleri .....	59
Şekil 4.19. Geometrik tasarım iyileştirilmesi yapılan Marmul caddesine ait birinci ve ikinci kavşağın sinyal koordinasyonu sonrası zamanlama planının zaman-mesafe diyagramı .....	60
Şekil 4.20. Marmul caddesine ait geometrik iyileştirilmesi yapılmış birinci kavşağın sinyal koordinasyonundan önce ve sonra akım yönlerine göre ortalama taşıt gecikme değerleri .....	60

Şekil 4.21. Marmal caddesine ait geometrik iyileştirilmesi yapılmış birinci kavşağın sinyal koordinasyonundan önce ve sonra akım yönlerine göre ortalama kuyruk uzunluk değerleri .....	61
Şekil 4.22. Marmal caddesine ait geometrik iyileştirilmesi yapılmış birinci kavşağın sinyal koordinasyonundan önce ve sonra akım yönlerine göre maksimum kuyruk uzunluk değerleri .....	61
Şekil 4.23. Marmal caddesine ait geometrik iyileştirilmesi yapılmış ikinci kavşağın sinyal koordinasyonundan önce ve sonra akım yönlerine göre ortalama taşıt gecikme değerleri .....	63
Şekil 4.24. Marmal caddesine ait geometrik iyileştirilmesi yapılmış ikinci kavşağın sinyal koordinasyonundan önce ve sonra akım yönlerine göre ortalama kuyruk uzunluk değerleri .....	63
Şekil 4.25. Marmal caddesine ait geometrik iyileştirilmesi yapılmış ikinci kavşağın sinyal koordinasyonundan önce ve sonra akım yönlerine göre maksimum kuyruk uzunluk değerleri .....	64
Şekil 4.26. Geometrik tasarımı iyileştirildikten sonraki Marmul caddesine ait birinci kavşağın dört fazlı yönetilmesi durumunda uygulanacak olan faz ve faz sıra planı .....	68
Şekil 4.27. Geometrik tasarımı iyileştirildikten sonraki Marmul caddesine ait ikinci kavşağın dört fazlı yönetilmesi durumunda uygulanacak olan faz ve faz sıra planı .....	68
Şekil 4.28. Sinyal koordinasyonu öncesi birinci kavşak için 40 farklı senaryo'ya göre elde edilen ortalama taşıt gecikmeleri .....	72
Şekil 4.29. Sinyal koordinasyonu öncesi birinci kavşak için 40 farklı senaryo'ya göre elde edilen otomobil ortalama taşıt gecikmeleri .....	72
Şekil 4.30. Sinyal koordinasyonu öncesi birinci kavşak için 40 farklı senaryo'ya göre elde edilen ortalama ve maksimum kuyruk uzunluk değerleri ....	73
Şekil 4.31. Sinyal koordinasyonu öncesi ikinci kavşak için 40 farklı senaryo'ya göre elde edilen ortalama taşıt gecikmeleri .....	75
Şekil 4.32. Sinyal koordinasyonu öncesi ikinci kavşak için 40 farklı senaryo'ya göre elde edilen otomobil ortalama taşıt gecikmeleri .....	75

Şekil 4.33. Sinyal koordinasyonu öncesi ikinci kavşak için 40 farklı senaryo'ya göre elde edilen ortalama ve maksimum kuyruk uzunluk değerleri ....	76
Şekil 4.34. Sinyal koordinasyonu sonrası birinci kavşak için 40 farklı senaryo'ya göre elde edilen ortalama taşıt gecikmeleri .....	79
Şekil 4.35. Sinyal koordinasyonu sonrası birinci kavşak için 40 farklı senaryo'ya göre elde edilen otomobil ortalama taşıt gecikmeleri .....	80
Şekil 4.36. Sinyal koordinasyonu sonrası birinci kavşak için 40 farklı senaryo'ya göre elde edilen ortalama ve maksimum kuyruk uzunluk değerleri ....	80
Şekil 4.37. Sinyal koordinasyonu sonrası ikinci kavşak için 40 farklı senaryo'ya göre elde edilen ortalama taşıt gecikmeleri .....	82
Şekil 4.38. Sinyal koordinasyonu sonrası ikinci kavşak için 40 farklı senaryo'ya göre elde edilen otomobil ortalama taşıt gecikmeleri .....	83
Şekil 4.39. Sinyal koordinasyonu sonrası birinci kavşak için 40 farklı senaryo'ya göre elde edilen ortalama ve maksimum kuyruk uzunluk değerleri ....	83
Şekil 4.40. Sisteme ait sinyal koordinasyonu sonrası 30'uncu senaryo için değişim devre sürlerine göre SIDRA dan elde edilen ortalama taşıt gecikme değerleri .....	85
Şekil 4.41. Sisteme ait sinyal koordinasyonu sonrası 30,31 ve 32'uncu senaryo için 65 ve 120 saniye devre sürlerine göre SIDRA dan elde edilen ortalama gecikme değerleri .....	85
Şekil 4.42. Sisteme (ağ) ait senaryolara göre koordinasyon öncesi ortalama taşıt gecikmeleri .....	88
Şekil 4.43. Sisteme (ağ) ait senaryolara göre koordinasyon öncesi ortalama taşıt hızları .....	88
Şekil 4.44. Sisteme (ağ) ait senaryolara göre koordinasyon öncesi otomobil ortalama gecikmeleri .....	88
Şekil 4.45. Sisteme (ağ) ait senaryolara göre koordinasyon öncesi otomobil ortalama hızları .....	89
Şekil 4.46. Sisteme (ağ) ait senaryolara göre koordinasyon öncesi toplam taşıt gecikmeleri .....	89
Şekil 4.47. Sisteme (ağ) ait senaryolara göre koordinasyon öncesi toplam otomobil gecikmeleri .....	90

Şekil 4.48. Sisteme (ağ) ait senaryolara göre koordinasyon sonrası ortalama taşıt gecikmeleri .....	91
Şekil 4.49. Sisteme (ağ) ait senaryolara göre koordinasyon sonrası ortalama taşıt hızları .....	92
Şekil 4.50. Sisteme (ağ) ait senaryolara göre koordinasyon sonrası otomobil ortalama gecikmeleri .....	92
Şekil 4.51. Sisteme (ağ) ait senaryolara göre koordinasyon sonrası otomobil ortalama hızları .....	93
Şekil 4.52. Sisteme (ağ) ait senaryolara göre koordinasyon sonrası toplam taşıt gecikmeleri .....	93
Şekil 4.53. Sisteme (ağ) ait senaryolara göre koordinasyon sonrası toplam otomobil gecikmeleri .....	94

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Sinyalize kavşak için LOS kriterleri .....	28
Tablo 3.1. Otomobil birim eşdeğerleri UK, Bangladesh .....	41
Tablo 3.2. Marmul caddesine ait birinci kavşağın akım yönlü trafik kompozisyonu .....	42
Tablo 3.3. Marmul caddesine ait ikinci kavşağın akım yönlü trafik kompozisyonu .....	43
Tablo 4.1. Marmul caddesine ait birinci kavşağın SIDRA yazılımından elde edilen sinyalizasyon faz ve devre süreleri .....	53
Tablo 4.2. Marmul caddesine ait ikinci kavşağın SIDRA yazılımından elde edilen sinyalizasyon faz ve devre süreleri .....	55
Tablo 4.3. Marmul caddesine mevcut duruma ait birinci ve ikinci kavşağın sinyal koordinasyonundan önce ve sonra kavşak başına elde edilen ortalama taşıt gecikmesi, taşıt türlerine göre ortalama gecikme, ortalama ve maksimum kuyruk uzunluk değerleri .....	56
Tablo 4.4. Kavşaklarda mevcut durumuna ait sinyal koordinasyonundan önce ve sonra tüm ağ için simülasyon uygulamasının sonuçları .....	56
Tablo 4.5. Birinci ve ikinci kavşaklara ait iyileştirilme öncesi ve sonrası geometrik parametreleri .....	57
Tablo 4.6. Marmul caddesine ait geometrik iyileştirilmesi yapılan birinci kavşağın koordinasyon öncesi ve sonrasındaki akım kollarının faz ve devre süreleri .....	62
Tablo 4.7. Marmul caddesine ait ikinci kavşağın geometrik tasarımı iyileştirildikten sonra SIDRA yazılımından elde edilen sinyalizasyon faz ve devre süreleri .....	64



Tablo 4.8. Marmul caddesine ait geometrik iyileştirilmesi yapılmış birinci ve ikinci kavşağının sinyal koordinasyonundan önce ve sonra kavşak başına elde edilen ortalama taşıt gecikmesi, taşıt türlerine göre ortalama gecikme, ortalama ve maksimum kuyruk uzunluk değerleri .	65
Tablo 4.9. Kavşaklarda geometrik iyileştirilmesi yapılmış durumuna ait sinyal koordinasyonundan önce ve sonra tüm ağ için simülasyon uygulamasının sonuçları .....	65
Tablo 4.10. Farklı trafik senaryolarına ait kavşaklarda yaklaşım kollarının artırılmış oranları .....	67
Tablo 4.11. Marmul caddesine ait birinci ve ikinci kavşakta koordinasyonundan önce 40 farklı senaryo'ya göre SIDRA ile elde edilen sinyalizasyon faz ve devre süreleri .....	69
Tablo 4.12. Marmul caddesine ait geometrik iyileştirilmesi yapılmış birinci kavşak için sinyal koordinasyonundan önce 40 farklı senaryo'ya ait analiz sonuçları .....	71
Tablo 4.13. Marmul caddesine ait geometrik iyileştirilmesi yapılmış ikinci kavşak için sinyal koordinasyonundan önce 40 farklı senaryo'ya ait analiz sonuçları .....	74
Tablo 4.14. Marmul caddesine ait birinci ve ikinci kavşakta koordinasyonundan sonra 40 farklı senaryo'ya göre SIDRA ile elde edilen sinyalizasyon faz ve devre süreleri .....	77
Tablo 4.15. Marmul caddesine ait geometrik iyileştirilmesi yapılmış birinci kavşak için sinyal koordinasyonundan sonra 40 farklı senaryo'ya ait analiz sonuçları .....	78
Tablo 4.16. Marmul caddesine ait geometrik iyileştirilmesi yapılmış ikinci kavşak için sinyal koordinasyonundan sonra 40 farklı senaryo'ya ait analiz sonuçları .....	81
Tablo 4.17. Sisteme (ağ) ait senaryolara göre koordinasyon öncesi simülasyon uygulamasının sonuçları .....	86
Tablo 4.18. Sisteme (ağ) ait senaryolara göre koordinasyon sonrası simülasyon uygulamasının sonuçları .....	90

Tablo 5.1. Marmul caddesinde ki birinci kavşağın mevcut durumuna ait akım yönleri ve trafik hacimlerine göre sinyal koordinasyonu sonrasında göre total değişimler (%) .....	95
Tablo 5.2. Marmul caddesinde ki ikinci kavşağın mevcut durumuna ait akım yönleri ve trafik hacimlerine göre sinyal koordinasyonu sonrasında göre total değişimler (%) .....	96
Tablo 5.3. Mevcut durum trafik değerleri açısından ait birinci ve ikinci kavşak için VISSIM simülasyon sonuçlarına dayalı sinyal koordinasyonun etkileri (%) .....	96
Tablo 5.4. Mevcut duruma ait sistem (ağ) için sinyal koordinasyonun total etkileri (%) .....	97
Tablo 5.5. Marmul caddesindeki birinci kavşağın iyileştirilmiş durumuna ait akım yönleri ve mevcut trafik miktarlarına göre sinyal koordinasyonun etkileri (%) .....	97
Tablo 5.6. Marmul caddesindeki ikinci kavşağın iyileştirilmiş durumuna ait akım yönleri ve mevcut trafik miktarlarına göre sinyal koordinasyonun etkileri (%) .....	98
Tablo 5.7. İyileştirilmiş duruma ait birinci ve ikinci kavşak için VISSIM simülasyon sonuçlarına dayalı sinyal koordinasyonun etkileri (%) .....	98
Tablo 5.8. İyileştirilmiş duruma ait sistem (ağ) için sinyal koordinasyonun etkileri (%) .....	99
Tablo 5.9. İyileştirilmiş kavşak sisteminin sinyal koordinasyonu öncesi ve sonrası mevcut duruma ve trafik akım değerlerine göre etkisi (%) .....	100

## ÖZET

Anahtar kelimeler: VISSIM, SIDRA, Sinyal Koordinasyonu, Işıklı Kavşak, Gecikme, Kuyruk

Trafik ışıkları kavşaklardaki anahtar bileşenlerden biri olarak, trafik akışının kontrolünde önemli bir role sahiptir. Kavşakların koordine edilmesi sürekli bir trafik akışının elde edilmesi için en etkin yollardan biridir. Işıklı ve sinyal koordineli kavşaklar vasıtası ile arter yollar üzerinde hareket eden araçların gecikme süresi, kuyruk uzunluğu ve seyahat süresi önemli ölçüde azalacaktır. Bu nedenle sinyal koordinasyonu öncesi ve sonrası yapılacak analizler, bir şebekede tıkanıklığın önlenmesinde önemli bir fonksiyon görmektedir.

Bu çalışmada; teze konu olarak ele alınan Afganistan'ın önemli bir şehri olan Mezar-ı-şerifte bulunan iki kavşaktaki mevcut durum ve sinyalize sistemle revize edilerek elde edilen yeni yapı, geometrik durumda yapılan değişiklikler de dikkate alınarak iki farklı VISSIM ve SIDRA yazılımları kullanılarak, gecikme süreleri ve kuyruklama uzunlukları ile ilgili parametreler çerçevesinde analiz edilmiştir. Mevcut durum ve geometrik iyileştirme senaryolarına ek olarak, 40 adet farklı trafik senaryoları oluşturularak sinyal koordinasyonu ile şimdiki ve gelecekteki gecikme süreleri ve kuyruk uzunluklarının azaltılması sayesinde trafik açısından hizmet seviyesinin iyileştirilmesi için analizler yapılmıştır.

Araştırmada elde edilen bulgulara göre, geometrik tasarım iyileştirilmesinden önce Marmul caddesine ait birinci ve ikinci kavşak arasında koordinasyon sağlanması durumunda sistem için toplam taşıt gecikmelerinde yüzde 3,36'a varan düşüşler görülmüştür. Geometrik tasarım iyileştirildikten sonra ise sistem için toplam taşıt gecikmelerinde yüzde 8,85'a varan düşüşler görülmüştür. Mevcut durum ile iyileştirilmiş durum kıyaslandığında, iyileştirilmiş durumda koordinasyon öncesi sistem (ağ) için toplam taşıt gecikmelerinde yüzde 51,78'a, koordinasyon sonrası ise toplam taşıt gecikmelerinde de yüzde 54,51'e ulaşan düşüşler görülmüştür. Farklı trafik akım senaryolarına göre yapılan doğrusal regresyon analiz sonuçlarına göre temsil etkinliğini gösteren  $R^2$  değerlerinin güçlü bir ilişkiye işaret ettiği görülmüştür.

# **ANALYSIS OF INTERSECTION DELAYS THROUGH VISSIM. CASE STUDY OF MEZAR-I-SHERIF, AFGHANISTAN**

## **SUMMARY**

Keywords: VISSIM, SIDRA, Signal Coordination, Signal Intersection, Delay, Queue

As a key component at intersections, traffic lights play an important role in controlling traffic flow. Coordinating network intersections is one of the best ways to establish a smooth and continuous traffic flow. The delay time, queue length and travel time of the vehicles on arterial paths can be significantly reduced by means of signal coordinated junctions. Therefore, phasing of intersections and analysis of before and after signal coordination can be an important step in preventing congestion in a network.

In this study; delay times and queue length parameters were analysed for the new structure obtained by revising the current geometric situation and signalling system at two intersections in an important city of Afghanistan, Mezar-i-sheriff, using two different VISSIM and SIDRA software's. In addition to these present and improved geometry scenarios, 40 different scenarios were also created to see the traffic characteristics of the current and future case to improve the service level of the network by reducing delay time and queue lengths through signal coordination.

According to the analytical findings of the study, it was found that if the coordination is carried out between the first and the second intersection of Marmul Street before the geometric design is improved, the total vehicle delays for the system decreased by up to 3.36 percent. After improving the geometric design, total vehicle delays for the system decreased by up to 8.85 percent. When the current and the improved situation are compared, it was seen that, in the improved case, the delays in the total vehicle delays for the pre-coordination and after coordination system (network) decreased 51.78 and 54.51 percent, respectively. According to different traffic flow scenarios regression analyses were also carried out and the resulted  $R^2$  values representing linear relations` coordination were found to represent a strong relationship.

## BÖLÜM 1. GİRİŞ

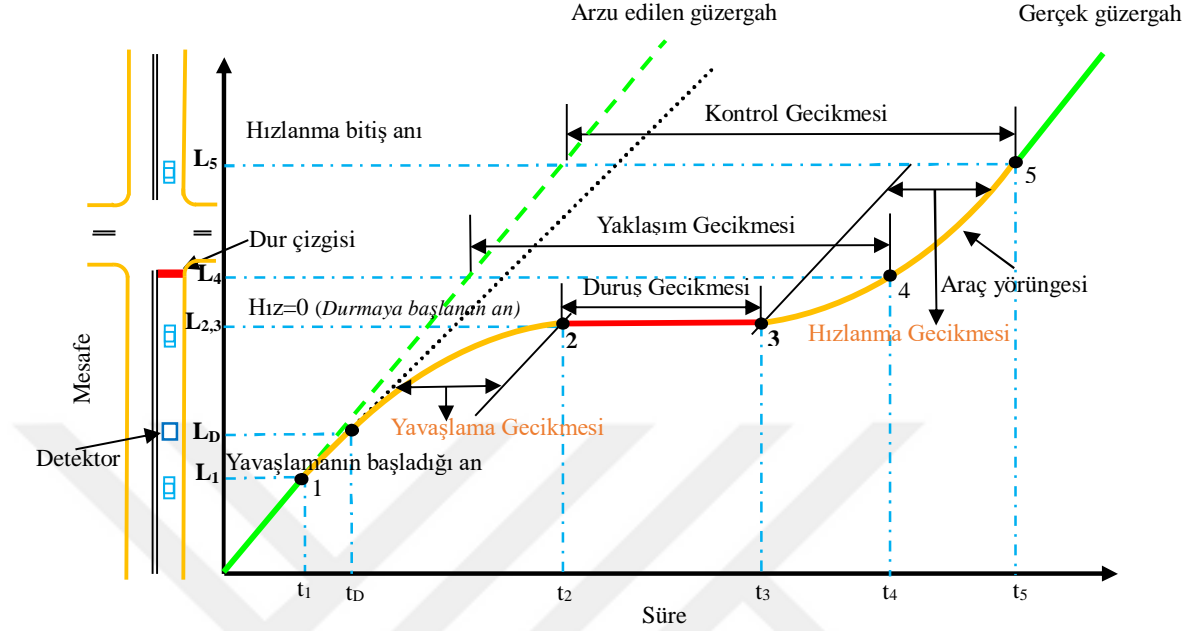
Belkh, kuzey Afganistan'ın ilk kurulan ve en önemli illerinden birisidir. Mazar-i Sharif şehri ilin merkezi olup, aynı zamanda kuzey bölgesinin ticari ve politik ehemmiyete sahip önemli bir noktasıdır. Ticari amaçlı olarak Afganistan'ın birçok ilinden insanlar bu şehre gelmektedirler. Hayratan ticaret limanına yakın olması ve sahip olduğu turistik potansiyel, bu anlamda şehrin önemini daha da artırmaktadır. Bireysel otomobil kullanımındaki artış, kişisel taşımacılık, taksi, kamyon ve ağır taşıtların yoğunluğu, şehrin ana yollarında, tıkanıklık derecesinde trafik problemine neden olmaktadır. Trafik sıkışıklığı özellikle hafta içi günlerde daha yoğun hissedilmektedir. Kişi başına düşen araç sayısındaki artışın belirgin bir şekilde gün yüzüne çıkması ve özel araç kullanımının en çok tercih edilen ulaşım modu haline gelmesi ile gecikmeler, kuyruklanmalar ve çevresel sorunlar ortaya çıkmıştır. Dolayısı ile gecikme ve kuyruklanma etkilerini en aza indirmek için kritik önemdeki kavşaklarda uygun trafik yönetimi stratejilerinin uygulanması gerekmektedir.

Ulaşım sistemine ait temel performans parametreleri olarak genellikle hız, seyahat süresi ve gecikme ile ilgili göstergeler kullanılmaktadır. Bu göstergelerin tümü, aslında sürücüler tarafından doğrudan hissedilen ve yolculuk süresi olarak bilinen temel bir faktörle ilgilidir. Sürücüler yolculuklarını mümkün olan en kısa sürede ve güvenlikle tamamlamak istedikleri için, trafik sistem performansı genellikle bu amaca ulaşmanın kalitesi olarak tanımlanmaktadır. Genel olarak, gecikme, toplam seyahat süresinin bir parçasıdır. Seyahat süresinin gecikmeye karşılık gelen kısmı sürücüler tarafından yüksek etkinlikte hissedilir ve genel bir memnuniyetsizliğe neden olur. Örneğin, bir ana arter güzergâhında bulunan sinyalizasyon sistem kavşakları, hareket halindeki araçları engelleyip bu araçların durma ve bekleme sürelerinin artmasına neden olabilir. Sinyalizasyon kavşaklardaki gecikme, kavşaktan geçerken bir aracın maruz kaldığı gerçek seyahat süresi ile bu aracın trafik sinyali kontrolü

yokluğunda yaşayacağı seyahat süresi arasındaki fark olarak tanımlanır. En sık kullanılan gecikme türleri aşağıdaki gibidir [1].

- Duruş süresi gecikmesi (*stopped-time delay*): Duruş süresi gecikmesi, kavşaktan geçmeyi beklerken bir aracın kuyrukta hareketsiz olarak kaldığı süre olarak tanımlanır. Ortalama duruş süresi gecikmesi ise, belirli bir zaman boyunca kavşaktaki tüm araçlara ait toplam gecikme süresinin ilgili araç sayısına oranı olarak belirlenir.
- Yaklaşım gecikmesi (*approach delay*): Duruş süresi gecikmesine ek olarak araçların kırmızı ışıkta kuyrukta bekleyen araçlara yaklaşırken hızlarını düşürmeleriyle tekrar istedikleri hıza ulaşana kadar geçen kayıp zamandır. Ortalama yaklaşım gecikmesi, belirli bir süre boyunca tüm araçlara ait ortalama bir değer olarak hesap edilir.
- Seyahat süresi gecikmesi (*travel time delay*): Sürücünün herhangi bir yol segmenti boyunca beklediği seyahat süresi ile kavşak noktasındaki gecikmeleri de içine alan gerçek süre arasındaki farktır. Ortalama bireysel gecikme, genellikle belirli bir zaman aralığı için sn/taşıtlar cinsinden ifade edilir.
- Kuyruk Gecikmesi (*time-in-queue*): Bu gecikme, kavşak kuyruğuna katılan bir aracın, kalkıştaki dur çizgisinden geçene kadar tecrübe ettiği toplam bekleme süresidir.
- Kontrol gecikmesi: Yavaşlama, ve hızlanma gecikmesi ile kuyrukta bekleme süresi olmak üzere üç ana bileşenden oluşmaktadır. Yavaşlama gecikmesi, kavşaktaki sinyalizasyon sistemine yaklaşan taşıtlar sürücüsünün, hızını azaltmaya başladığı andan itibaren, sinyalizasyon sistemi nedeni ile durmaya başladığı ana kadar geçen zaman dilimi olarak tanımlanmaktadır Duruş Süresi Gecikmesi, taşıtların kırmızı sinyalize gösterimi boyunca statik olarak kaldığı zaman dilimi olarak tanımlanırken, hızlanma gecikmesi ise sinyalize gösterimi kırmızıdan yeşile döndükten sonra taşıtların tekrar önceki seyir hızına ulaşabilmesi için gereken zaman periyodu olarak tanımlanmaktadır [2]. Şekil 1.1.' de tek bir araç için sinyalize kavşaktan geçen, duruş, yaklaşım ve kontrol gecikmeleri arasındaki farkları göstermektedir. Ayrıca bir taşıtların

yaşadığı toplam gecikmenin yavaşlama gecikmesi, durma gecikmesi ve hızlanma gecikmesi olarak kategorize edilebileceğini göstermektedir.



Şekil 1.1. Sinyalize kavşakta duruş, yaklaşım, kontrol, yavaşlama ve hızlanma gecikmelerinin tanımı [3]

Bir kavşakta oluşacak gecikmeler; sürücülerin davranış şekilleri, kavşağa ait özel bölgesel koşullar, kavşağın geometrik özelliklerini belirleyen bağlantı caddeleri, kavşak ışıklarının faz ve periyodları ile kavşağı kullanmak isteyen trafik akım kollarına ait trafik hacimleri gibi faktörlerin karşılıklı etkileşimlerine bağlıdır [4].

Zaman bağımlılığı ve kuyruk oluşumunun niteliğinin karmaşıklığından dolayı kavşaklardaki gecikme süresinin hesaplanması her zaman zor olmuştur [5].

Gecikme, Trafik Simülasyon yazılımından da elde edilebilir. Saha deneyleri ve aktivitelerinden daha ucuz, daha güvenli ve daha hızlı olmalarından dolayı mikro ölçekli model simülasyonları, hem ulaştırma operasyonlarında hem de yönetiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Gerçek saha uygulamalarından önce farklı zamanlama ve geometrik değişimleri değerlendirmeye imkan sağlayan mikro simülasyon yazılımları, farklı durumlarda kullanılabilir. Bununla beraber simülasyon modellerinde kullanılan birçok parametrenin saha ölçümlerinin zor olmasının model performansı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu ifade etmek

gerekmektedir. Önemli ve büyük ölçekli modellemelerde bu tip parametrelerin özenle elde edilmesi, beklenen sonuçlarda önemli bir etkiye sebep olabilecektir [6].

Simülasyondan üretilen ile sinyalize kavşaklar için Karayolları Kapasite Yönetmeliği (Highway Capacity Manual - HCM) metodolojisi kullanılarak hesaplanan gecikmeler arasındaki farklar aşağıda özetlenmiştir [7]:

- HCM; yavaşlama, kuyrukta hareket süresi, durma süresi ve hızlanmayı içeren ortalama kontrol gecikmesini rapor etmektedir. Bununla birlikte, yaklaşımın uzunluğu ve ivmenin azaltılmasında rol alan hız dikkate alınmamıştır. Örneğin, yüksek hızlar ivmeyi artırmak ve azaltmak için daha fazla zamana ihtiyaç gerektirebilir.
- Simülasyon modellerinin çoğu, ortalama toplam gecikmeyi rapor etmektedirler. Bu gecikme, gerçekte, serbest ve yasal akış hızında hareket süresi ile daha düşük hızlardaki seyahat süresindeki fark olarak bilinmektedir. Bu nedenle, toplam gecikme; sinyalize sistemlerle veya diğer kontrol sistemleri ile yönetilen kavşaklarda ortaya çıkan kontrol gecikmeleriyle beraber trafik sıkışıklığı koşulları ve araç takip kuralları nedeniyle gerçekleşen diğer gecikmeleri de içermektedir.
- HCM den elde edilen araç başına ortalama gecikme, analiz boyunca sisteme belirlenen noktadan dahil olan araçlar için belirlenirken, simülasyon modelleri ise analiz sürecinde sistemden belirlenen noktadan ayrılan araçlara ait gecikmeleri hesaplamaktadır. Doygunluk koşulları altında, talep ve çıktı akışı aynı olduğundan dolayı, gecikme süresindeki bu fark, simülasyon süresi uzun olduğunda ihmal edilebilir. Doygun akım değerlerinden fazla trafik akımlarının olduğu durumlarda ise gecikme farkları önemli miktarda gerçekleşebilmektedir.
- Simülasyon modeli otomatik olarak önceki periyod diliminin kalan kuyruklarını dikkate alır. HCM bu kuyruklanma etkisinin nasıl ele alınacağını açıklasa da, HCM tabanlı analitik bilgisayar programları, Highway Capacity Software gibi, artık kuyrukların gecikmeyle olan ilişkilerini ihmal etmektedirler.



## 1.1. Sinyalize Kavşaklar

Genellikle üç tür trafik sinyalizasyon sistemleri kullanılır; bunlar[8]:

- Sabit zamanlı sinyalizasyon sistemleri (*pretimed signals*)
- Yarı değişken zamanlı sinyalizasyon sistemleri (*Semi-actuated signals*)
- Değişken zamanlı sinyalizasyon sistemleri (*vehicle actuated signals*)

### 1.1.1. Sabit zamanlı trafik sinyalizasyon sistemleri

Tasarım saatindeki trafik akım değerlerine göre hesaplanan ve uygulanan bu ışığın zamanlaması sabit olup farklı zamanlardaki trafik hacim değişiklikleri, ışıkların zamanlamasını etkilememektedir. Başka bir ifade ile, bu sistemlerde trafik ışıklarının zamanlamasında yapılacak herhangi bir değişiklik, yeniden düzenleme veya elle müdahale dışında, algoritma üzerinden mümkün olamamaktadır [8].

#### 1.1.1.1. Sabit zamanlı sinyalizasyon sistemlerinin avantajları

Sabit zamanlama ile trafik ışıkları, ilk maliyet ve bakım maliyetleri bakımından değişken sinyalize sistemlerine göre daha ucuzdur. Herhangi bir dinamik veri toplama ve analiz süreci ile bunlara bağlı algoritma işletimi söz konusu değildir [8].

#### 1.1.1.2. Sabit zamanlı sinyalizasyon sistemlerinin dezavantajları

Bu sistemlerin akış hacim değişimlerine duyarlı olmayıp, trafiğin değişken yapısını dikkate almayı, olası sistem gecikmelerinin göreceli olarak daha fazla olmasına sebep olabilmektedir [8].

### 1.1.2. Yarı değişken trafik sinyalizasyon sistemleri

Bu sistemler genellikle bir tali yolundaki trafiğin, ana yol üzerindeki trafikten çok düşük olduğu durumlarda kullanılmaktadır. Bu durumda, tali yola yerleştirilen dedektörler vasıtası ile tali yoldan gelip kavşağı kullanmak isteyen bir veya birkaç

araç tespit edilene kadar, bu yoldaki ışıklar kırmızı kalır ve ana yoldaki araçlara geçiş üstünlüğü tanınır. Tali yol fazı için yeşil zaman, tali-yoldaki araç akışının göreceli olarak yüksek olması durumunda, ana yoldaki yeşil süre sadece belirli bir zaman veya maksimum süre kadar uzatılacak şekilde ayarlanır [8].

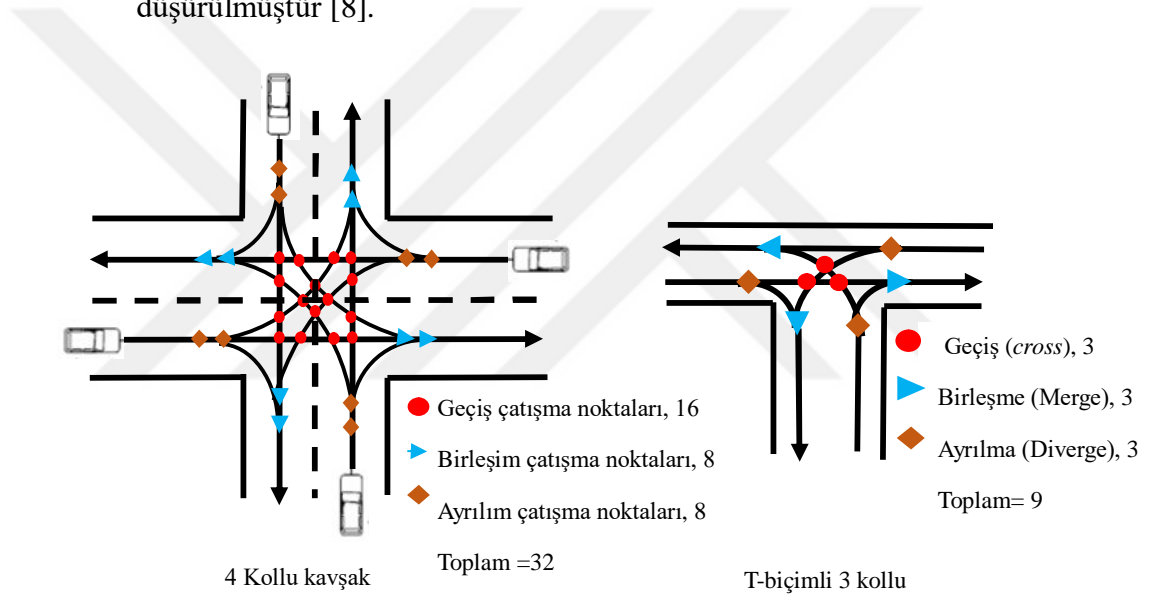
### 1.1.3. Değişken zamanlı sinyalizasyon sistemleri

Bu tür sistemler, trafik akım değişikliklerine karşı duyarlı olup belirlenmiş olan her bir fazın yeşil zaman aralığı, fazla ilgili trafik akım kollarının değişken akış hacim miktarlarına bağlı olarak hesap edilip, güncellenmektedir. Yeşil zamanın ayarlanması, durma çizgisinden belirli aralıklarla göstergeler ve kavşağa her yöne kurularak yapılır. Bu sistemlerde ışıkların süresini ayarlamak için üç tür zaman vardır [8]:

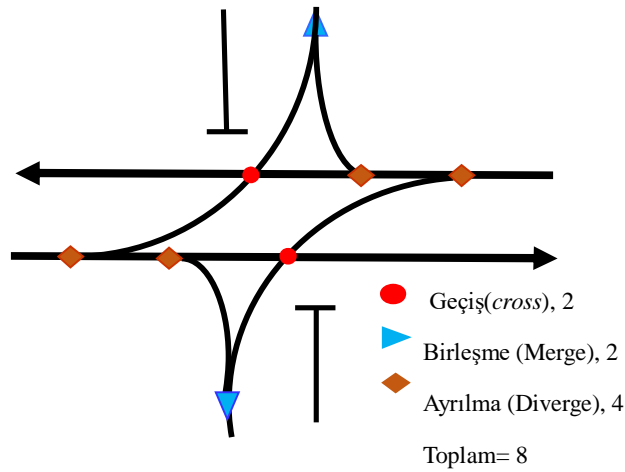
1. Minimum geçiş süresi: Bu süre, araçların ilgili fazda buldukları akım kolunda hareket ederlerken kavşaklardan güvenle geçebilmeleri için ihtiyaç duydukları minimum süredir. Minimum geçiş süresi sabit olmayıp genellikle 7 ile 13 saniye arasında belirlenmektedir. Bu ayar aralığı, ilgili kavşakaki herhangi bir trafik akım kolu veya araç akışının olup olmaması ve araçların farklı yönlere yönlendirilmelerinin gerekmesine bağlı olarak belirlenmektedir.
2. Süre uzatımı: Değişken ışıklarda, bazı fazlarda geçiş yapmak üzere bazı akım kollarında araçların geçiş talebinin devam etmesi surumunda, bu fazın yeşil zamanı bir dereceye kadar uzatılabilir. Eski değişken ışıklarda bu süre sabit iken, yeni sistemlerde araçların hızına bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir.
3. Maksimum yeşil süre: Bir kavşakta belli akım kollarındaki araçlar için gerekmesi durumunda sürekli bir şekilde süre uzatımı söz konusu olursa, bu durum diğer yönlerdeki araçlarda gecikmelere neden olacağından, bu gecikmelerin önlenmesi, her fazın yeşil süresinin ancak belirli bir dereceye kadar uzatılması ile önlenebilmektedir. Tüm yönlerdeki araç akışlarının yüksek olduğu zirve saatlerde, değişken zamanlı sinyalizasyon sistemi bu zaman aralıklarında sabit zamanlı sistem gibi işlev görecektir.

#### 1.1.4. Kavşaklarda sinyalizasyon sistemi kullanımının avantajları

1. Sürüş güvenliği: Trafik ışığı kullanılarak, kavşaklarda araçların olası çarpışma noktaları büyük ölçüde azaltılmış olmaktadır. Şekil 1.2. ve Şekil 1.3.'de ışiksiz ve ışıklı kavşaklarda araçların kavşak kullanımları esnasında karşılaşılabilecekleri olası etkileşim noktalarını gösterilmektedir. Şekillerden de görülebileceği gibi, sinyalizasyon kavşakta etkileşim noktalarının sayısı, aynı kavşağın ışiksiz halinden çok azdır. Dolayısıyla ile trafik ışıkları, kaza sayısının azaltılmasında son derece etkili bir role sahip olacaktır. Yapılan araştırmalara göre, ışıkların yerleştirilmesinden sonraki kavşaklardaki kaza oranı% 40'a düşürülmüştür [8].

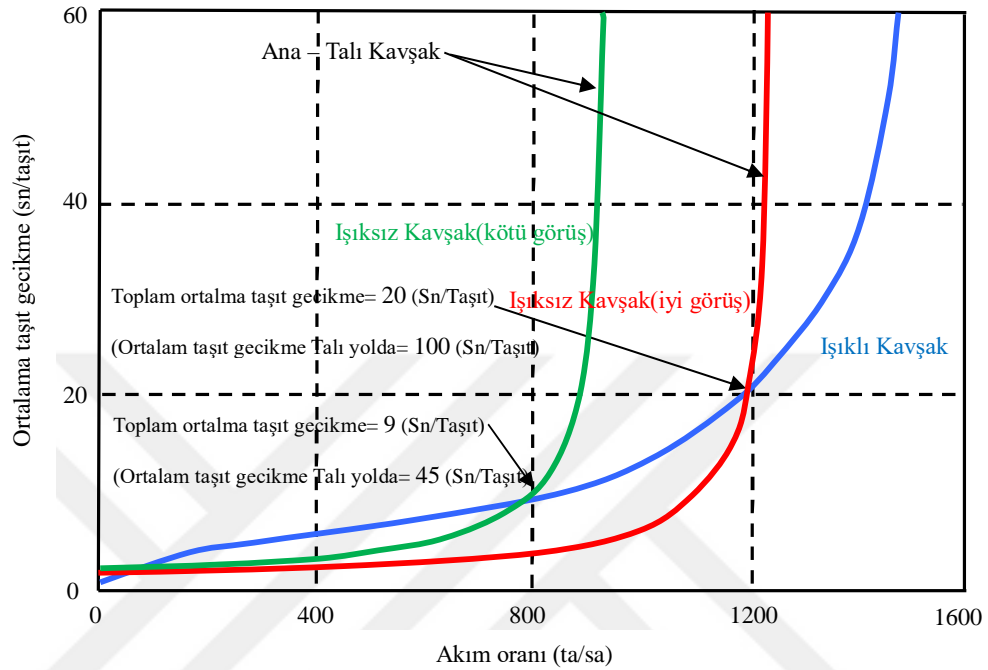


Şekil 1.2. Dört kollu ve T tipindeki ışiksiz kavşaklarda araçların geçişlerinde olası etkileşim noktaları [8]



Şekil 1.3. Işıklı kavşakta araçların geçişlerinde olası etkileşim noktaları [8]

2. Gecikmelerin azaltılması: T-tipindeki bir kavşakta ışıklı ve ışıksız iki farklı modda araç başına gerçekleşen ortalama gecikme analizleri yapılmış ve bulgular aşağıdaki şekilde sunulmuştur.

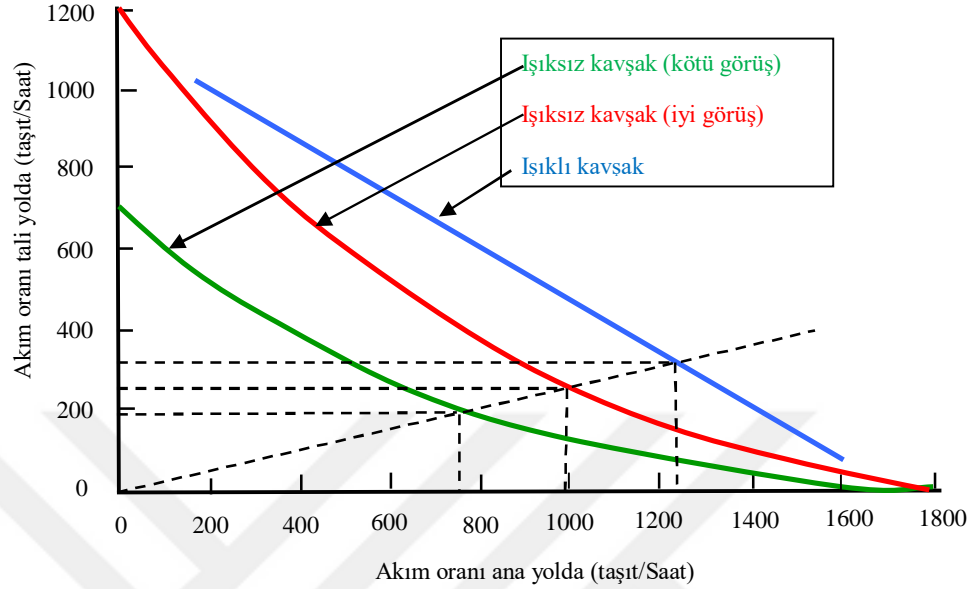


Şekil 1.4. T - tipindeki kavşakta ortalama gecikmenin ışıklı ve ışıksız iki farklı modda karşılaştırılması [8]

Şekil 1.4.'den analiz edildiğinde, kavşağın düşük akım değerlerinde trafik ışıklarıyla yönetilmesi durumu için elde edilen gecikme miktarının, ışıksız kavşak duruma göre daha fazla olduğu görülmektedir. Trafik miktarı arttıkça, ışıklı kavşaklarda ortaya çıkacak ortalama gecikme süresi, ışıksız kavşak durumuna göre göreceli olarak azalacaktır. Dolayısı ile gecikme yönetimi anlamında ışıklı kavşaklar yüksek akımlı kavşaklarda çok daha verimli sonuçlar üreteceklerdir. Bu nedenle, doğru maliyetli trafik ışıklarının uygun kavşaklarda uygulanması, ortalama araç gecikmesi kriteri açısından ekonomik olmaktadır [8].

3. Kavşak Kapasitesinin Artırılması: Sinyalize sistemle işletilen kavşaklarda kapasite genellikle artmaktadır. Şekil 1.5.'de, T-tipindeki bir kavşak için ana ve tali yaklaşım kollarındaki trafik kapasitesi ışıklı ve ışıksız iki mod için

gösterilmektedir. Şekilden de görülebileceği üzere ışıklı kavşak kapasitesi ışıksız durumdan daha büyüktür.



Şekil 1.5. Işıklı ve ışıksız iki modda T- tipli kavşak kapasitesi [8]

## 1.2. Işıksız Kavşaklar

Sinyalize sistemler, kavşağa farklı kollardan yaklaşan araçların hareketliliğindeki sürekliliği engellediği için gecikmelere neden olmaktadır. Bununla beraber, genel olarak devre süreleri doğru hesaplanıp ilgili uygun algoritmalarla kavşak yönetimi sağlanabilirse, ışıksız kavşak işletimlerine göre daha düşük ortalama taşıt gecikmeleri sağlanabilmektedir. Bu durum, kavşak yaklaşım kollarındaki trafik miktarları arttıkça, oluşacak kuyruklukların minimize edilmesini sağlayacak işletim sistemlerinin uygulanması ile daha da belirgin olacaktır [8].

Aşağıda öncelikle bu araştırmanın yapılmasının gerekliliği ve önemi tartışıldıktan sonra, hedeflere ve son olarak tezin bölümlerine odaklanılacaktır.

### 1.3. Problem Tanımı

Kentsel hemzemin kavşaklar, en önemli ve en eski kavşak türlerinden biridir. Saatlik trafiğin değişken yapısı bu kavşaklar üzerindeki etkisi gittikçe daha fazla hissedilmektedir. Kavşak kullanıcılarını bir bütün olarak ele alıp karşılıklı etkileşimlerinin dikkate alındığı çok yönlü çalışmaların yapılması, kentsel trafik yönetimi açısından son derece önemlidir. Bu anlamda ele alındığında kavşak sistemlerini sürekli kullanan yayalar ve araçlar en önemli sistem kullanıcıları olarak değerlendirilebilir. Gerek araçların kendi aralarında, gerekse de araç-yaya etkileşimlerinin belirlenmesi için en yaygın kullanılan yöntemlerden biri olarak simülasyon teknikleri öne çıkmaktadır. Günümüzde ulaşım mühendisleri ve planlayıcılarının hizmetinde bu amaç için olan yazılımlardan biriside VISSIM dir.

Bu tez içeriğinde yapılan araştırmanın değişkenleri, araç trafik hacmi, yoğunluğu, gecikme süresi, hız ve kuyruk uzunluğu gibi önemli trafik parametrelerini içermektedir. Bu çalışmanın asıl konusu, Afganistan'ın Mazar-ı Şerif şehrinde bulunan iki ışısız kavşağın örnek uygulamaları ile trafikten kaynaklanan gecikme ve kuyruklamaların gerek mevcut durum gerekse de sinyalize sistem için analiz edilerek karşılıklı performans değerlendirmelerinin yapılmasıdır. İlgili trafik parametrelerini belirlemek için VISSIM ve SIDRA trafik simülasyon yazılımları farklı senaryolar dikkate alınarak kullanılmış ve çözümlenmeler yapılmıştır.

### 1.4. Araştırma İhtiyacı ve Önemi

Trafik kontrol sistemleri, yol güvenliği ve trafik yönetimi için etkin araçlardır. Kontrol sistemlerine ait ögeler olarak yol çizgileri, değişken içerikli mesaj sistemleri, trafik ışıkları ve veri toplama ve analiz amaçlı kullanılan elektronik ekipmanlar zikredilebilir. Hemzemin kavşaklarda en çok kullanılan trafik kontrol araçlarından biri trafik ışıklarıdır. Trafik ışıkları, bir kavşaktaki belli akım kollarına geçiş hakkı vermek ve diğer kollardaki taşıtların geçişini engellemek için kullanılır. Kavşak kontrolü uygulama yöntemlerinden biri olan sinyalizasyon sistemlerinde bulunan devre hesabında araç başı ortalama gecikmeyi minimumda tutup, kavşak kapasitenin

maksimum düzeye eriştirilmesi son derece önemlidir. Son dönemlerde kullanılan dinamik kavşak sinyalizasyon sistemlerinde, trafik akım değerlerinde oluşan değişiklikler sürekli takip edilmekte ve değişken devre süresi üreten algoritmalarla, kavşaklardaki taşıt gecikme süreleri minimumda tutulmakta böylece yüksek performanslı kavşaklar dizayn edilebilmektedir. Nüfustaki büyüme, kentlerde özel araç kullanımının ve araç sahipliğinin artması, seyahat talebinin ve kent içi yollarda ki araç hacmini arttırmaktadır. Günümüzde kentsel karayolu şebekelerinde artan yoğunluğa bağlı ortaya çıkan seyahat süresi sorunu, büyükşehirlerde en önemli problemlerden biridir. Büyükşehirlerdeki ulaşım ağındaki seyahat süresinin önemli bir kısmı, kavşaklardaki gecikme süresinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, gecikme süresinin ve kuyruklamanın planlama boyutunda analizi ve yönetilebilmesi için farklı senaryolar altında geleceğe dönük tahminlerin elde edilmesi son derece önem arz etmektedir.

### **1.5. Çalışmanın Amacı ve Tez İçeriği**

Simülasyon yazılımları sayesinde kavşak tasarımının ana parametreleri olan periyod süresi, yeşil zaman, fazlama, geometrik şekil vb. üzerinde farklı senaryolar oluşturularak hiçbir ekstra ücret ödemedi alternatif sonuçlar üretilebilir. Bu çalışmada; teze konu olarak ele alınan Afganistan'ın önemli bir şehri Mezar-ı-Şerifte bulunan kavşaklardaki mevcut durum ve sinyalizasyon sistemi revize edilerek elde edilen yeni yapı, geometrik durumda yapılan değişiklikler de dikkate alınarak iki farklı VISSIM ve SIDRA yazılımları kullanılarak, gecikme süreleri ve kuyruklama uzunlukları ile ilgili parametreler çerçevesinde analiz edilmiştir. Sonrasında, birkaç senaryonun formatı oluşturularak şimdiki ve gelecekteki trafik açısından (gelecek 20 yıl için) analizler tekrar yapılmıştır.

### **1.6. Araştırma Metodu**

Simülasyon uygulaması için gerekli bilgiler konusunda ilk çalışmalar yapıldıktan sonra analizlerin yapılabilmesi için kavşaklardan gerçek duruma ait geometrik ve trafik verileri yerinde yapılan çalışmalarla elde edildi. Bu veriler ışığında çeşitli

trafik akım senaryoları üretilerek, her kavşak için modelleme gecikme süresi ve kuyruk uzunlukları ile ilgili sonuçlar simülasyon yazılımları sayesinde elde edilmiştir. Nihai olarakta, çalışma alanındaki trafik durumunu iyileştirmek için farklı senaryolara göre simülasyonlardan elde edilen trafik parametrelerine göre değerlendirmeler ve öneriler yapılmıştır. Bu araştırmada ki çalışma adımları ve süreçleri aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- Konuyla ilgili araştırma geçmişine genel bir bakış ve ilgili literatürün teorik temellerine aşinalığın elde edilmesi,
- Mevcut kavşaklarla ilgili sorunların tespiti,
- Mevcut durum ve geliştirilen yirmi yıllık gelecek senaryoları için VISSIM ve SIDRA yazılımları kullanılarak analizlerin yapılması,
- Yapılan analizler sonucunda seyahat süresi, yoğunluk, gecikme süresi ve kuyruk uzunluğu gibi trafik parametreleri çıktılarının belirlenmesi,
- Kavşak yönetimi açısından değerlendirmelerin ve önerilerin yapılması

## 1.7. Tez İçeriği ve Organizasyonu

Tez içeriği ve sistematığı aşağıdaki gibi düzenlenmiştir.

### 1. BÖLÜM 1 (Giriş)

Tezin bu ilk bölümü konunun önemi ve gerekliliği ile bu araştırmaya olan gereksinimi açıklamaktadır. Araştırma objektif ve amaçları da yine bu bölümde ele alınarak açıklanmıştır.

### 2. BÖLÜM 2 (Literatür Araştırması)

İkinci bölümde, literatür araştırması çerçevesinde teze konu araştırma ile ilgili geçmişte ve günümüzde yapılan çalışmalara değinilerek, tezin teorik temelleri ortaya konulmuş ve çalışmanın güncel boyutu açıklanmıştır.

### 3. BÖLÜM 3 (Materyal Ve Yöntem)

Üçüncü bölümde, araştırma yöntemi ayrıntılarıyla açıklanmıştır.

### 4. BÖLÜM 4 (Araştırma Bulguları)

Dördüncü bölümde, araştırmanın sonuçları çıktılar halinde sunulmuş ve analiz edilmiştir.



## 5. BÖLÜM 5 (Değerlendirme)

Beşinci bölümde, analiz sonuçlarına dayanarak değerlendirmeler yapılmıştır.

## 6. BÖLÜM 6 (Sonuçlar ve öneriler)

Altıncı ve son bölümde, sonuçlar ve öneriler sunulmuştur.



## BÖLÜM 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

### 2.1. Simülasyon Tarihçesi

Tarihsel bakış açısından, bilgisayar simülasyonunun kısa ama etkili bir geçmişi vardır. Dijital bilgisayarlarda çalışmalar 1930'larda başlamış ve bu bilgisayarlar 1940'larda ilk kez simülasyon için kullanılmıştır. 1950'lerde Amerika Birleşik Devletleri'nde yaklaşık 100 adet ticari olmayan dijital bilgisayar vardı ve ilk ticari dijital bilgisayar da 1945'te yine Amerika Birleşik Devletleri'nde kullanıldı. Dijital bilgisayarların sayısı on yıllardır sürekli olarak artmış ve bununla birlikte bilgisayar simülasyonları da geliştirilmiştir. Dijital bilgisayarlar tarafından yapılan ilk simülasyon, 1940'ların sonlarında Von Neuman ve Ulam tarafından geliştirilmiştir. Bu simülasyon, gerçek ortamında oldukça maliyetli ve tehlikeli olan atomik reaktör kabuklarıyla ilgili olarak yapılmıştı. Simülasyon dergisi olarak ise bilgisayar simülasyonu alanında ki ilk dergi 1953 yılında yayın hayatına başlamıştır [9].

Karayolu ulaşımı ve trafik alanında ki en eski simülasyon çalışması 1950 de yapılmıştır. Daha sonra, kavşaklarla ilgili simülasyon çalışması 1951'de İngiltere'deki Yol Araştırma Laboratuvarı tarafından yapıldı. Amerika Birleşik Devletleri'nde ki ilk simülasyon çalışmaları ise 1953 yılında Kaliforniya Üniversitesi'nde otoyollar ve kavşakları modellemek amacıyla yapılmıştır. Daha sonra, Michigan Üniversitesi'nde yine kavşak simülasyonu, Felico'da arter yolların simülasyonu, New York Limanı yöntemi tarafından yapılan otobüs terminalleri ve araç hareketlerinin simülasyonu gibi simülasyon çalışmaları yapılmıştır. 1964 yılında Capelle ve Gerlough, trafik akımı simülasyonu bağlamında trafik akış teorisine giriş olarak bir tez sunmuşlardır. 1975 yılında, tez tekrar gözden geçirildi ve tezin bilgisayar destekli simülasyon bölümü de tamamlanmış oldu [9].

Berkeley California Üniversitesi, ulaştırma sistemlerinde kullanılan bilgisayar simülasyonu alanında aktif olan, bu alanda önde gelen üniversitelerden biridir. Aynı dönemlerde, Avrupada biri 1969'da İngiliz yol araştırma laboratuvarı ve diğeri 1972'de Ekonomik İşbirliğı ve Kalkınma Örgütü tarafından simülasyon çalışmaları yapılmıştır. 1981'de Amerika Birleşik Devletleri'nde modelleme ve simülasyonun önemi o kadar arttı ki, 75 araştırmacı ve ulaştırma sistemi uzmanı, FHWA–Federal highway administration tarafından bu alanda üç günlük bir konferans düzenlendi [9].

Konferansın iki ana hedefi vardı [9];

- a. Genel halka da modelleme ve simülasyon sistemleri hakkında bilgilendirme yapmak için gerekli planlanma çalışmalarının ve sürecinin belirlenmesi,
- b. Gelecekteki çalışmaların sürdürülebilmesi ve araştırmaları genişletmek için finansal yardım sağlaması.

1980'lerde, kişisel bilgisayarlarında yaygın olarak kullanılmaya başlanması ile mevcut simülasyon modellerinde kayda değer bir aşama sağlanarak önemli bir geçiş dönemi gerçekleşmiştir. Bu iyileştirmeler sayesinde algoritmalarda alt optimizasyon modellerinin genel sisteme olan etkilerini, ve sistem kullanıcılarının genel modellemeye nasıl tepki verdiklerini incelemek ve analiz etmek mümkün olabilmıştir [9].

## **2.2.Simulasyonun İlkeleri ve Teorik Temelleri**

Trafik simülasyon modelleri mikroskobik, makroskobik ve bazen de mezoskobik bakış açıları ile geliştirilmişlerdir. Ulaştırma planlamasında, kentin bölgesel gelişim modellerinin ulaştırma altyapısının performansı üzerindeki etkileri genellikle makro ölçekli simülasyon modelleri yardımları ile değerlendirilmektedir. Öte yandan, daha küçük ölçekli tasarıma odaklanılan mikroskobik bir modelleme de, karayolu tasarımında ve ulaştırma sistemi operasyonlarının modellenmesinde etkili olabilir. Yerel de uygulanan sistemlerin verimliliğini ve performansını arttırmak için hat türlerinin, sinyalizasyon zamanlamasının ve trafik akım stratejilerinin incelenip ilgili

ulaşım ve trafik sorunlarına d6n6k gerek problemin tanımlanması, gerekse de 6z6m arayışlarında sim6lasyon çalışmaları son derece 6nemli bir rol oynamaktadır [10].

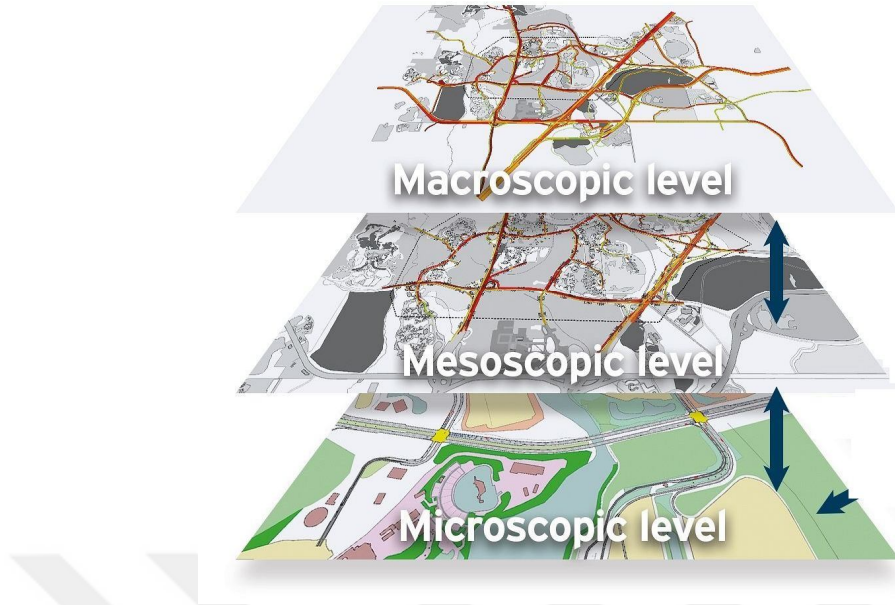
Sim6lasyon yazılımları aşağıda belirtilen çok farklı ulaşım alanlarında hizmet vermektedirler [10];

- Yol tasarımı ve trafik y6netimi
- Ulaşım sistemlerine ait gelecek yapısının belirlenmesi
- Alt ve 6st yapı tasarımı
- Demiryolu taşımacılığı
- Denizcilik ve havacılık taşımacılığı

Matematik, m6hendislik ve bilgisayar alanındaki yeni gelişmelerle, sim6lasyon yazılımı programları giderek daha hızlı, daha g6l6, daha detaylı ve gerçekçi sonuçlar 6retebilmektedirler. Daha 6ncede belirtildiği gibi ulaşım ve trafik m6hendisliği alanında mikroskobik, mezoskobik, ve makroskobik olmak 6zere 6 farklı yaklaşımla geliştirilen sim6lasyon modelleri aşağıda açıklanmıştır [10].

- Mikroskobik model, ulaşım sistemine ait belli noktalardaki, şebeke 6zerinde taşıtların bulunan hareketlerinin ayrı ayrı tanımlanması ve analiz edilmesi ile ilgili modeldir. Burada, her aracın ayrı ayrı davranışları ele alınmakta ve taşıt hareketinin bazı genel karakteristikleri incelenmektedir.
- Mezoskobik model de, homojen unsurların analizinin g6z 6n6ne alındığı k66k gruplar içindeki ulaşım unsurlarına odaklanılır. Araç dinamiği modeli, seyahat davranışı d6zeyindedir.
- Makroskobik modellerin esası, sistemi oluşturan unsurların bir b6t6n olarak ele alındığı ve parçadan ziyade b6t6nsel yaklaşımla sistem işleyişinin analiz edilmeye çalışıldığı bir 6z6mlene y6ntemidir. Bir diğer ifade ile bu modellerde tek bir araç davranışı yerine sistemin davranışı incelenir.

şekil 2.1.'de açıklanan bu trafik sim6lasyon modelleri karşılaştırmalı olarak g6sterilmektedir.



Şekil 2.1. Farklı ölçekli trafik simülasyon modelleri [10]

### 2.3. Trafik Mühendisliğinde Kullanılan Simülasyonlar: VISSIM

Tezin modelleme ve analiz işlemleri için VISSIM ve SIDRA yazılımları kullanılmıştır. SIDRA ile elde edilen optimum sinyalizasyon devre süreleri VISSIM de veri olarak kullanılıp, kavşak performans analizleri yapılmıştır. Mikroskobik simülasyon modeli olarak dizayn edilen VISSIM, araçların ve sistem kullanıcıların tekil hareketlilik yapılarını inceleyerek, yönlendirme kararlarını seçip ve davranış modellerini belirlemektedir. Farklı senaryolar için modelleri uygulamak gerektiğinde, istenen doğruluğu elde etmek için araçların hareketliliklerindeki ve sisteme katılışlarındaki rastgelelik özenle göz önüne alınmalı ve farklı olasılıksal durumlar sisteme dahil edilmelidir. Bu durumun dikkate alınması ile ancak kararlı ve güvenilir sonuçlar elde edilebilecektir [9].

Mikro simülasyon modeli, genellikle iki tür sonuç sağlar [9]:

1. Hareketli ekran (animasyon)
2. Metin dosyalarında sayısal çıktı.

Yanlış yorumlamayı önlemek ve yazılımın nasıl çalıştığını daha iyi anlamak için sayısal sonuçların özetinin elde edilmesi önemlidir. Animasyon, görsel olarak sistemin işleyişi ile ilgili farklı senaryoların hızlı bir şekilde performans değerlendirmesine imkan sağlamaktadır. Nitel etkinlik ölçütleri ise her simülasyon programı için benzersiz olabilecek şekilde hesaplanıp tanımlanabilir. Bu ölçütler, projenin amaçlarına ve özgün yapısına göre elde edilmek istenen sonuçlar ve istatistiksel çıktılar olabilir. Aynı simülasyon yazılımı değişik projelerde farklı ve özgün çıktılar elde edilebilmesi için kullanılabilir [9].

Aşağıda simülasyon modellerinin analizinde bu farklı çıktılarla ilgili kullanılan yaygın parametreler açıklanmıştır [9].

- Taşıt seyahat mesafesi (*Vehicle miles of travel*): İncelenen veya iyileştirilmesi istenen sistemdeki bir dizi veya tekil bir aracın düşünülen uygulamalar sonucu yapacakları yolculuklarla ilgili katedecekleri mesafeler olarak tanımlanır.
- Taşıt seyahat süresi (*Vehicle travel time*): Trafik hacimlerindeki veya sistem geometrisinde oluşan değişikliklere bağlı olarak ortaya çıkacak seyahat sürelerinin hesap edilmesi, simülasyona konu olan çalışmalara ait alternatiflerin veya gelecek durumunun analiz edilmesinde oldukça önemli bir parametre olarak değerlendirilmektedir.
- Gecikme süreleri (*Delay times*): Toplam sistem gecikmesi, araç başına ortalama gecikme olarak hesaplanan bu değerler, sistem analizlerinin elde edilmesinde ve alternatiflerin karşılaştırılmasında en etkili unsurlardan biridir.

Gecikmeler belirlenirken farklı yaklaşımlar söz konusu olabilmektedir [9].

- Sadece serbest akım koşullarının geçerli olduğu durumlara ait gecikmeler
- Trafik kontrol sistemlerine bağlı olarak meydana gelen gecikmeler
- Durma, hızlanma, yavaşlama ve araç takibi etkilerinin de dikkate alındığı genel ve kısmi gecikmeler,

bu anlamda incelenebilecek gecikme türleri olarak simülasyon çalışmalarında irdelenmektedir.

Şebekenin tamamında veya bir bölümündeki, yoğunluk, hız, trafik hacmi, kuyruk uzunluğu gibi parametrelerle gecikme etkileşimleri bir çok simülasyon yazılımlarında analiz edilebilmektedir. Bu yazılımlardan biri de VISSIM dir.

### 2.3.1. VISSIM

VISSIM, mikroskobik simülasyon modelleme yazılımı olup PTV Group tarafından geliştirilmiştir. VISSIM yazılımı çok yönlü trafik akımlarını mikro ölçekte modelleyerek, mevcut durumun test edilebilmesini veya çeşitli senaryolar geliştirilerek en uygun çözümün bulunmasını sağlayacak uygulamaların yapılmasına imkan verebilmektedir. VISSIM yazılımı kullanılarak aşağıdaki analizler 2D ve 3D olarak sağlayabilmektedir [11]:

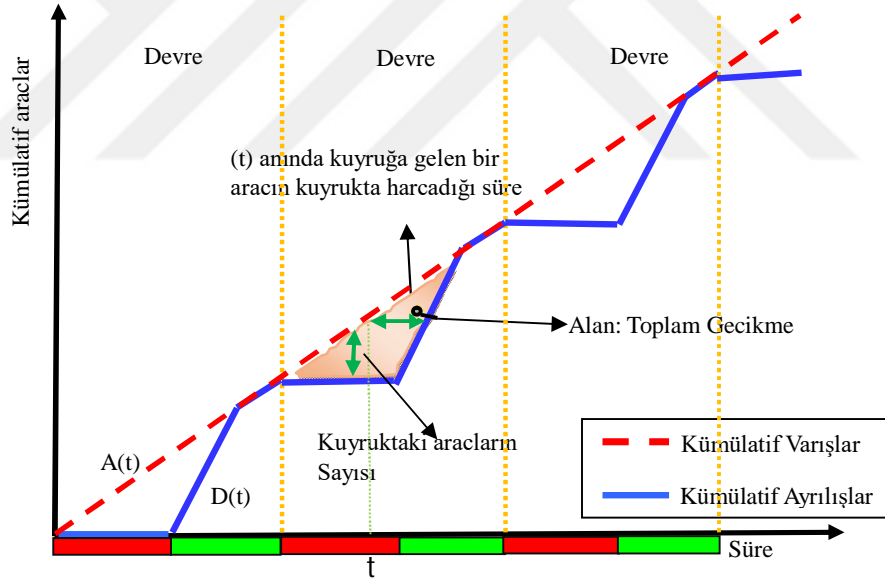
- Ulaşım sistemleri (ağları) ve taşıt hareket modelleri,
- Trafik ve ulaştırma yönetimi,
- Raylı ulaşım,
- Sinyalizasyon sistemlerini kontrolü,
- Karayolu trafiği,
- Kentiçi trafik yönetimi ( tek yön uygulamaları, yayalaştırma vb )
- Değerlendirme ve analiz ( gecikme, kuyruklanma, yoğunluk etüdüleri vb)
- Karmaşık kavşakların analizi,

### 2.4. Gecikme Etüdü ve Kuyruklanma Teorisi

Ulaşım sistemleri ile ilgili olarak sistem kullanıcıları açısından tecrübe edilen en olumsuz unsurlardan birisi şebekenin ve sistemin neden olduğu gecikmelerdir. Ulaşım mühendisleri bu itibarla gecikmelerin hesap edilmesi ve yönetilmesi için birçok gecikme analiz yöntemleri geliştirmiş, gecikmelere sebep olan kuyruklanma probleminin yapısını incelemişlerdir.

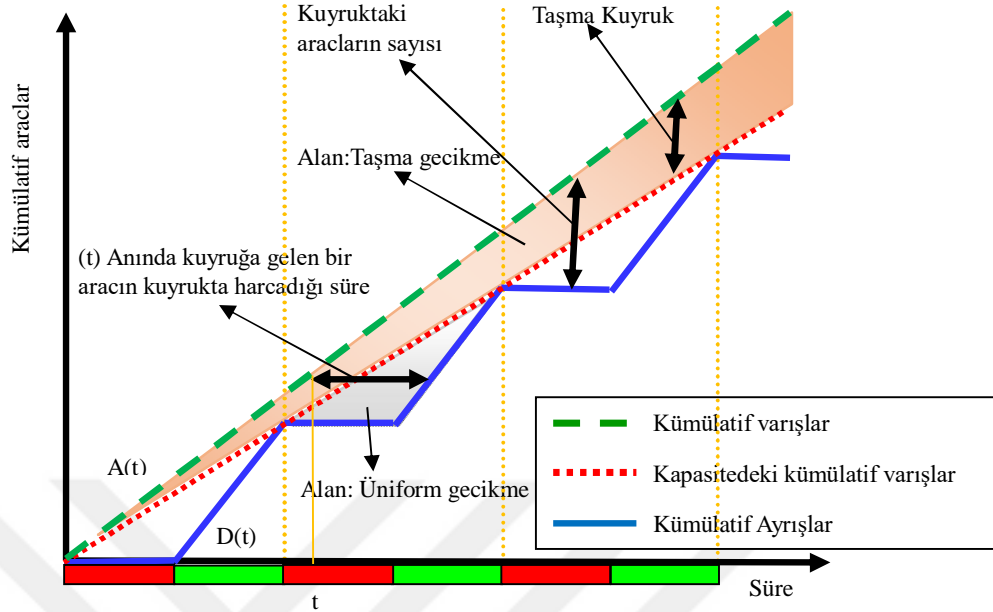
### 2.4.1. Deterministik kuyruk modeli

Klasik deterministik kuyruk modelleri, sinyalizasyon sistemlerde akım kollarına sunulan yeşil sürelerde, kavşağı kullanmak isteyen araçların periyod başına oluşturduğu talebin, kavşak kapasitesinden düşük olması durumunda ortaya çıkacak kuyruklanma ve buna bağlı olarak tecrübe edilecek gecikmelerin hesaplanmasında kullanılan bir yöntemdir. Bu modellerde, her kavşak yaklaşımına ait trafik hacimleri ve bu akımlara servis sağlayan bir kontrol cihazının sunduğu periyod süreleri arasındaki ilişki düzleminde oluşan kuyruklanma modellenir ve gerektiğinde sinyalizasyon sistemin periyod süreleri yeniden hesaplanarak düzenlenir. Deterministik kuyruk modellerinin gecikmeleri nasıl öngördüğünü göstermek için, doymayan bir kavşak noktasındaki kümülatif geliş ve çıkışlar Şekil 2.2.'de gösterilmektedir [12].



Şekil 2.2. Düşük doymayan koşullar için idealize edilmiş kümülatif varışlar ve ayrışlar (çıkışlar) [12].





Şekil 2.3. Aşırı doygun koşullar için idealize edilmiş kümülatif varış ve ayrılışlar (çıkışlar) [12].

## 2.4.2. Gecikmenin bileşenleri

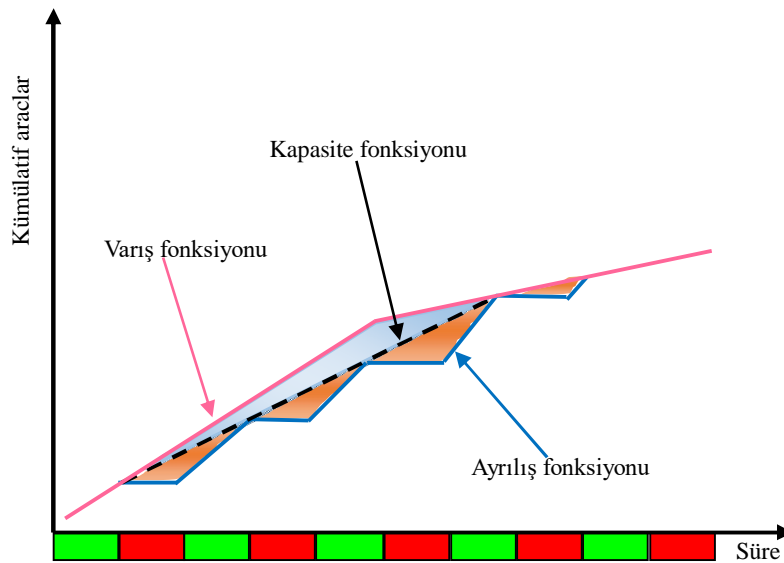
Gecikmeyi tahmin etmek için kullanılan analitik modellerde, üniform gecikme, rastgele gecikme ve taşma gecikmesi olmak üzere üç farklı gecikme bileşeni vardır.

### 2.4.2.1. Üniform gecikme

Üniform gecikme sinyalizasyon kavşağına gelen trafik akımlarının düzenli olması durumunda hiçbir aracın tek bir yeşil devre haricinde durmaya zorlanmadığı, kararlı akımların söz konusu olduğu sistemler için geçerli olup, aslında ideal trafik akımının var olduğu kabul edilen durumlara tekabül etmektedir. Tüm periyot süresince sabit bir akım talebinin olduğu kabul edilerek, şerit grupları için etkin yeşil süreler ve doygunluk oranları dikkate alınarak hesap edilirler. Her bir araç kavşağı kullanırken bir den fazla yeşil süreyi kullanmaya zorlanmaz. Bir diğer ifade ile, Şekil 2.2.'den de görüleceği üzere her bir yeşil süre, ayrılış fonksiyonu varış fonksiyonuyla birlikte çalıştırılıp, toplam üniform gecikme varış ve ayrılma doğrusu arasındaki alanların toplamına eşit olarak hesap edilir [13, 14].

### 2.4.2.2. Rastgele (Eklenik) gecikme

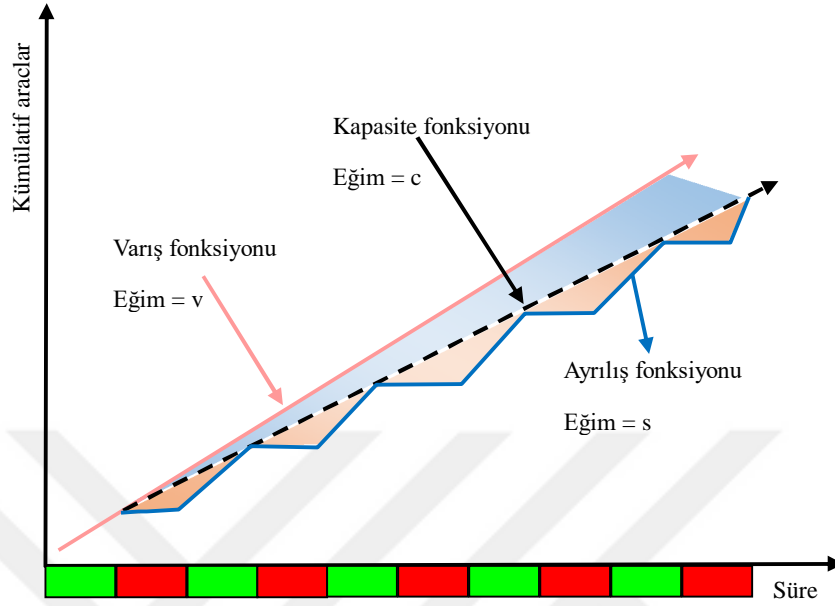
Üniform gecikmenin ötesindeki ek gecikme, rastgele gecikme olarak özetlenir. Buradaki rastgele kavramı farklı zaman aralıklarında kendi içinde uniform, fakat analiz süresi boyunca bu farklı zaman aralıklarında değişik miktarlarda araç talep değerlerinin olduğunu vurgulamakadır. Bundan dolayıdır ki, araçların rastgele (eklenik) gelişi ve artan trafik sıklığı nedeniyle araçların çoğu, yeşil sürelerde dur çizgisini geçemedikleri için bir sonraki yeşil süreyi bekleyerek daha fazla gecikme ile karşı karşıya kalmaktadırlar. Yukarıda da açıklandığı üzere üniform gecikme söz konusu olsaydı, yeşil süre boyunca araçların boşalmasını sağlayan akım değeri (doğru akım değeri), gelen akımdan fazla olduğu için, yeşil süre bittiğinde kuyruktaki ve yeşil süre boyunca bu araçlara ek olarak gelen tüm araçlar, kavşaktaki dur çizgisini mutlaka geçebilmekteydiler. Rastgele gecikmeyi temsil eden Şekil 2.4.'te, boşalma akım değerinin varış oranını yakalayamadığı ve yeşil sürelerin araçların kavşaktaki bir faz boyunca geçmesine hizmet etmekte başarısız olduğu görülebilir. Bu durumda toplam gecikme, Şekil 2.4.'de varış fonksiyonu ile ayrış fonksiyonu arasındaki alan olarak hesaplanmaktadır. Bu durumda kapasite fonksiyonu ile varış fonksiyonu arasındaki alan, eklenik gecikme olarak değerlendirilecektir [13, 14].



Şekil 2.4. Eklenik gecikmenin gösterimi [13,14]

### 2.4.2.3. Taşma gecikmesi

Taşma gecikmesi, tüm analiz süresi boyunca uniform olan araç varış/talep oranının, kavşağın boşaltma kapasitesi olan doymuş akım oranından her zaman fazla olması söz konusu olduğu için ortaya çıkmaktadır. Bu gecikme analizi yapılırken gelen akım oranının uniform olduğu ve hiç değişmediği, fakat bunun her bir “t” anı için yine uniform, yani sabit, olan kavşak kapasitesinden yüksek olduğu unutulmamalıdır. Rastgele gecikme analizinde, tüm analiz süresi boyunca farklı uniform geliş akım oranlarının söz konusu olduğu da dikkat edilmesi gereken bir diğer önemli husustur. Dolayısı ile taşma gecikmesi, tekil veya bir dizi yeşil süreye ait kapasitenin, talep veya varış oranından düşük olması durumunda meydana gelen ek gecikme olacaktır. Tüm yeşil süreler akım yönlü taleplere cevap veremediği için araç kuyruğu analiz dönemi boyunca büyümeye devam etmektedir. Bu durumda, taşma gecikme bileşeni zamanla büyür ve toplam gecikmenin hızlı bir şekilde büyümesine neden olur. Bu durum, kavşak kontrolü ve yönetimine ait önemli bir pratik işletim özelliğini ifade etmektedir. Talebin kapasiteyi aşması durumunda ( $v/c > 1.0$ ) gecikme değerleri, bu durumun devam ettiği sürenin uzunluğuna bağlı olarak değişmektedir. Eklenik gecikmeyi temsil eden Şekil 2.4.’te, bu durum sadece üç devre süresinde ortaya çıktığı için oluşan eklenik gecikme (talep fazla olduğu için bu zaman aralığı için taşma gecikmesi olarak da değerlendirilebilecek gecikme), analiz sürecinin sınırlı bir diliminde söz konusu olmaktadır. Şekil 2.5. ve 2.3.’te  $v/c$  oranının 1 den büyük olma durumunun analiz süresi boyunca devam ettiği ve gecikmenin, sadece belli faz sürelerinde değil tüm fazlarda büyümeye devam ettiği görülmektedir [13, 14].



Şekil 2.5. Taşma gecikmenin gösterimi [13, 14]

### 2.4.3. (HCM 2010) gecikme modeli

(HCM 2010) Gecikme Modeli, uniform gecikme modeli ile taşma gecikme modelini kapsayan ve analiz periyodunun başlangıcındaki mevcut veya birikmiş kuyrukların gecikmesini de dikkate alan yaklaşım içerir. Bu model [15].

$$d = d_1 + d_2 + d_3 \quad (1.1)$$

$$d_1 = \left(\frac{c}{2}\right) * \left\{ \frac{(1 - \frac{d}{c})^2}{1 - [\min(1, x) * \frac{d}{c}]} \right\} \quad (1.2)$$

$$d_2 = 900T [(X_A - 1)^2 + \sqrt{(X_A - 1)^2 + \frac{8KIX_A}{C_A T}}] \quad (1.3)$$

burada;

d: Araç başına ortalama kontrol gecikmesini (sn/araç)

d<sub>1</sub>: Araç başına ortalama uniform gecikmeyi (sn/araç)

d<sub>2</sub>: Araç başına ortalama eklenik (rastgele) gecikmeyi (sn/araç),

d<sub>3</sub>: Bir önceki kuyruğun neden olduğu araç başına ortalama taşma gecikmesini (sn/araç)

T: Analiz süresini (saat)

x: v/c (hacim/kapasite) oranını

k: Akıllı ışıklar için eklenik gecikme faktörünü; (sabit zamanlı sistemler için = 0,5)

I: İleri akım yönlü filtreleme düzeltme faktörünü,(izole kavşaklar analizi için=1)

$c_A$ : Kapasiteyi (araç/saat)

C: Periyot süresini(sn)

$X_A$ : Şerit grubu v/c (hacim/kapasite) oranını

temsil etmektedir.

Analiz sürecinde (ilk kuyruklanma dışında) bir önceki kuyruğun neden olduğu araç başına ortalama taşma  $d_3$  gecikmesi, nispeten karmaşık bir model kullanılarak elde edilir. Detaylı bilgi için kaynak [15]'e bakılabilir.

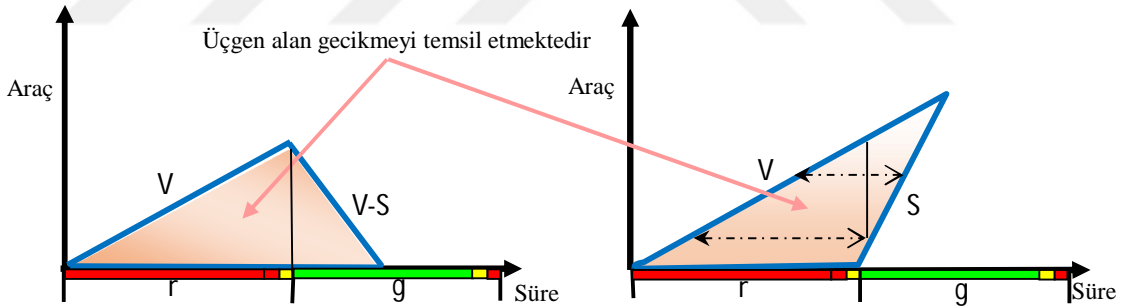
#### **2.4.4. HCM 2000 ve HCM 2010 (IQA-*Incremental queue accumulation*) yöntemleri**

HCM2010 da sunulan IQA kuyruk yöntemi, sinyalizasyon kavşaklarda gecikme süresini tahmin etmek için kullanılan yeni bir yöntemdir. Keita & Saito bu yöntemin sonuçlarını HCM2000 versiyonundaki önceki tahmin yöntemleriyle karşılaştırmış ve IQA yönteminin daha gerçekçi tahminler yaptığını ancak analiz verileri için daha kapsamlı alan bilgisine ihtiyaç duyulduğunu ifade etmişlerdir [16]. Bununla beraber alan verilerinin toplanması için gereken zaman ve insan gücüne dayalı ek maliyetin, HCM2000 de önerilen yöntemden elde edilecek sonuçlara göre elde edilecek fayda açısından değerlendirilmesi faydalı olabilir.

##### **2.4.4.1. (HCM 2000) gecikme modeli**

Bu gecikme modeli 1997 yılındaki versiyonda önerilen gecikme modelinden çok farklı değildir. 1997 modelinin belirli bir farkı yoktur. Bu model; üniform gecikme ( $d_1$ ), rastgele (eklenik) zaman gecikmesi ( $d_2$ ) ve ilk kuyruk gecikmesi ( $d_3$ ) olmak üzere üç parametreye sahiptir 1985'ten 2000'e kadar önerilen gecikme modellerinin üniform gecikme hesabı ile ilgili kabulleri esasında bu modellerin sınırlı yapısını da

ihtiva etmektedir. Zira, zaman-kümülatif araç diyagramlarında (Şekil 2.3. 2.4. ve 2.5.) da gösterildiği gibi üniform gecikme hesaplanması, birim zamanda kavşağı kullanma talebinde bulunan gelen araç ve kavşak boşaltma oranlarının sabit olduğu kabulü ile , grafiklerdeki üçgen olduğu varsayılan yüzey alanlarını bulmayı içeren bir yaklaşıma dayanarak yapılmaktadır. Bir diğer ifade ile üniform gecikmeler, toplam kuyruk miktarının alansal olarak elde edilmesi ile hesaplanmaktadır. Bu yaklaşımla elde edilen sonuçları doğrulamak için, araştırmacılar üç seçenек varsaymış olmaktadır: 1- Her bir kırmızı (r) ve yeşil (g) süre zaman aralığına ait tek bir özel üçgen alan söz konusudur. 2- kırmızı ışık süresi boyunca tek bir düz çizgi ile temsil edilen varış oranı sabittir ( üniformdur), 3- üniform varış ve üniform doygun akım oranları arasındaki fark, yeşil ışığın başladığı an ile, tüm araçların duruş çizgisinden geçtiği anı birleştiren doğru ile temsil edilmektedir. Şekil 2.6.'da sunulan kuyruk birikim diyagramı, ilgili üçgensel alanlar yardımıyla kuyruklanma gecikmeleri olarak yukarıda yapılan açıklamaları göstermektedir. Bu diyagramda  $v$ : ortalama üniform varış akım oranını,  $r$ : etkin kırmızı süreyi,  $g$ : etkin yeşil süreyi ve  $s$ : doygun akım oranını göstermektedir [16].

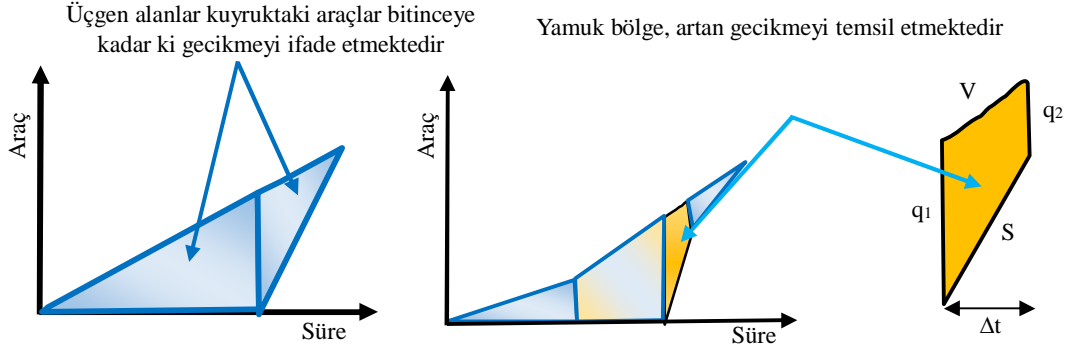


Şekil 2.6. Duruş çizgisi itibari ile kuyruklanma ve araçların kavşaktan ayrılış oranına bağlı olarak oluşan üçgen alanlar [16]

#### 2.4.4.2. IQA (HCM 2010) yöntemi

IQA modelinin gecikme diyagramı Şekil 2.7.'de gösterilmektedir. Gecikmelerin hesabında kullanılacak olan her bir yamuğun yüzeyini (alanını) belirlemek için, Şekil 2.7.'de gösterildiği gibi, kuyruk uzunlukları ilgili analiz süresi zaman aralığının başında ve sonunda belirlenmelidir. Analiz süreç aralıklarının başlangıcındaki kuyruk miktarları, önceki analiz aralığının sonundaki kuyruk miktarlarından elde edilen veriler olacaktır. Dolayısı ile, önceki aralığın sonunda hiçbir kuyruk yoksa, bir

sonraki analiz aralığındaki başlangıç kuyruk değeri sıfır olacaktır. Aralığın sonunda kuyruğun hesaplaması için aşağıdaki 1.4 formülü kullanılmaktadır.



Şekil 2.7. Kuyruk birikimi ve kavşak boşaltma fonksiyonlarının gösterimi [16]

$$q_2 = q_1 + \frac{v - s}{3600} * \Delta t \geq 0 \quad (1.4)$$

Burada;

$q_2$ : Gecikme hesabının yapıldığı aralık sonundaki kuyruklanma miktarı (araç)

$q_1$ : Gecikme hesabının yapıldığı aralık başlangıcındaki kuyruklanma miktarı (araç)

$v$ : Gecikme hesabının yapıldığı aralıktaki ortalama varış oranı (araç/sa)

$s$ : Gecikme hesabının yapıldığı aralıktaki ortalama doymun akım oranı (araç/sa)

$\Delta t$ : Gecikme hesabının yapıldığı aralığın uzunluğu (sn)

Kontrol gecikmesi, durmak için gereken yavaşlama süresi, başlangıç hızına ulaşmak için yapılacak hızlanma nedeniyle kaybedilen zaman ve kuyrukdaki bekleme süresi ile oluşan toplam gecikme olarak (HCM sadece stop line `a göre tanımlamış ama buna dikkat) tanımlandığından, HCM2000 versiyonunda taşıt gecikme tahmin hesapları, bir kuruktaki araç sayısının sabit bir aralıkta sayılması (15-20 sn gibi) ile yapılmaktadır. IQA yöntemindeki gecikme analizleri ise, genellikle 15 dakikalık sürelerde kavşaktan taşıtların tek tek geçirilmesi esasına dayanarak yapılmaktadır. Akım yönüne ait tüm şeritlerin birlikte değerlendirildiği HCM 2000'den farklı olarak, IQA yönteminde (HCM2010), her bir devre için şerit bazlı gecikme analizleri yapılmaktadır. Tüm yaklaşıma ait gecikmenin hesabı için ise, ilgili yaklaşım akımına ait tüm şeritlerin ağırlıklı ortalama gecikmeleri hesap edilir [16].

IQA yöntemi, HCM 2000, de olduğu gibi veri toplama süresi boyunca gerçekleşen gecikme sürelerini hesapladığı için, sadece ilgili zaman aralığı için kullanılabilir. IQA şerit bazlı, (düz-sağa dönüş-sola dönüş) akımlara ait verilerin toplanmasını gerektirdiği için daha detaylı veri toplama süreci ve çabası söz konusu olacaktır. İnsan gücünün ve finansal kaynakların sınırlı olduğu durumlarda, her iki yöntemin ürettiği sonuçlar arasında göreceli olarak çok büyük bir fark olmadığı için HCM 2000 yöntemi kullanılabilir. Bununla beraber, daha hassas hesaplamalara ihtiyaç duyulursa, IQA yöntemi daha sahici ve gerçek durumu yansıtan sonuçlar üreteceği için tercih edilmektedir [16].

#### 2.4.5. Hizmet düzeyi

HCM2010 versiyonunda, Hizmet düzeyi (LOS) bir performans ölçüsünün veya hizmet kalitesini temsil eden parametrelerin sayısal sınıflandırılması olarak tanımlanmaktadır. Sinyalize kavşakta hizmet düzeyini değerlendirmek için kullanılan performans ölçüsü, araç başına ortalama kontrol gecikmesidir. Sinyalize kavşaklarda kontrol gecikme değeri arttığında kötüleşen hizmet düzeyi ile ilgili kriterler tablo 2.1.'de gösterilmektedir kötüleşir.

Tablo 2.1. Sinyalize kavşak için LOS kriterleri (HCM, 2010) [15]

Hizmet düzeyi	Ortalama kontrol gecikme (Sn/Taşıt)	Genel açıklama (Sinyalize kavşaklar)
A	$\leq 10$	Serbest akış
B	$> 10-20$	Kararlı akış (Hafif gecikmeler)
C	$> 20-35$	Kararlı akış (kabul edilebilir gecikmeler)
D	$> 35-55$	Kararsız akışa yaklaşıyor (tolere edilebilir gecikme, ilerlemeden önce ara sıra birden fazla sinyal süresi boyunca bekleyin)
E	$> 55-80$	Kararsız akış (tolere edilemez gecikme)
F	$> 80$ Veya $V/C > 1$	Zorlamalı akış (sıkışmış trafik, kuyruklanma sürekli devam ediyor)

Hizmet düzeyi; tüm kavşak, her bir kavşak yaklaşımı ve/veya trafik akımı (şerit grubu) için belirlenebilir. Kavşağın veya yaklaşım kollarının hizmet seviyesinin nitelendirilmesinde kontrol gecikmesi ana parametre olarak kullanılır. Belirli bir şerit



grubunun hizmet düzeyinin nitelendirilmesinde ise, kontrol gecikmesi ve hacim/kapasite (v/c) oranı birlikte kullanılabilir. Trafik sinyalizasyon kontrolünden dolayı artan seyahat süresini ifade eden gecikme aynı zamanda sürücü hataları ve yakıt tüketiminin bir ölçüsü olarak da değerlendirilmektedir [17].

## 2.5. Sinyal Koordinasyonu

Trafik hacmi ve ana arter bir yoldaki sinyalizasyon kavşaklarının sayısı arttığında, trafik mühendislerinin en önemli görevlerinden birisi trafik ışıklarının performansını iyileştirmek olacaktır. Her bir yeşil sürede bir araç grubunun, tekil veya sıralı bir sinyalizasyon kavşak sisteminden geçmesine izin verilir. Yeşil dalga olarak adlandırılan sistemlerde, ilk kavşakta yeşil sürede geçen araçlar, tüm sistem boyunca daimi olarak yeşil ışık süresince kavşaklardan geçiş yapabilmiş olurlar. Bu sistemin uygulanabilmesi için, ardışık kavşaklar arasında zamanlama ilişkisi kurulmalıdır. Böylece önceden belirlenmiş hızlarda hareket eden araçlar, ardışık ışıkların yeşil ışıkları aktif iken kavşaklardan geçebilirler. Bu itibarla, ulaşım şebekesine ait lineer kavşak noktaları arasındaki senkronizasyon çeşitli şekillerde sağlanabilmektedir.

Senkronizasyon için uygulanacak sistematiğe bakılmaksızın, her senkronizasyon sisteminde, kontrol cihazlarını koordine etmek için temel ilkeler söz konusudur. Bu anlamda dikkate alınması gereken ilk kural, tüm trafik ışıklarının tek bir devre süresinde çalışmaları ile ilgilidir. Dolayısıyla yeşil süre uygulaması yapılacak kavşakların tümünde, ışıklar arasındaki mesafeye ve taşıt grubunun hızına göre belirlenen, aynı devre süresi değerleri kullanılmalıdır. Bu prensip nedeniyle, tekil bir kavşağa ait maksimum devre uzunluğu, sistem koordinasyonu açısından uygulanabilecek minimum devre uzunluğu olarak kabul edilir. Daha sonra, mesafeler ve araç grubunun hızları dikkate alınarak, koordineli ağ için uygunabilir bir devre uzunluğu elde edilir. Belirlenen bu devre uzunluğu temelinde de, her bir kavşak için faz sürelerinin tasarımları yapılabilmektedir. Dikkatlice belirlenmesi gereken önemli parametrelerden birisi de sisteme ait “*offset*” süresidir. Ofset, koordinasyonun yapılacağı kavşak sistemindeki hareket yönündeki bir önceki kavşağa yeşil ışığın

yanma anı ile, bir sonraki kavşağın yeşil süresinin başlama anları arasındaki fark ( $s_n$ ) olarak tanımlanmaktadır [1].

### 2.5.1. Koordineli sinyalizasyon çalışma prensipleri

Kavşak sistemlerinin koordinasyonlu çalıştırılmaları çeşitli şekillerde ele alınabilir. Koordinasyonun faydalı olup olmayacağını belirlemek için kullanılan çok sayıda faktör vardır. Kavşaklar yakın ve koridor boyunca yüksek miktarda trafik olduğunda koordinasyonun uygulanma kararı çok daha kolay alınabilecektir. Bir koridor boyunca aralarındaki mesafe en fazla 800 metre (0,5 mil) olan kavşaklar, farklı devre sürelerindedir çalıştırılmadıkça koordine edilmelidir. Sinyal koordinasyonu, ofsetleri kullanarak ardışık trafik kontrol sinyalleri arasında ilişkiler kurma yöntemidir [18].

### 2.5.2. Zaman – Mesafe diyagramı ve ideal ofset

Zaman mesafe diyagramları, x-ekseni zamanı ve y-ekseni başlangıca göre kavşaklar ara mesafeyi ifade etmek üzere hazırlanan diyagramlardır.

İki kavşak arasında geçerli olan zaman mesafe diyagramı Şekil 2.8.'de gösterilmektedir. Çoğu grafik, sadece efektif yeşil (—) ve efektif kırmızı (—) süreleri dikkate alınarak gösterilmektedir. Grafikte araçların zamana bağlı buldukları güzergâh noktaları da belirtilmektedir.  $t=t_1$  olduğunda ilk sinyalizasyon kavşakta sürücüler için yeşil ışık yakılmaktadır. Hızlanma süreçleri tamamlandıktan sonra araçlar hareket etmeye ve güzergâh boyunca ilerlemeye başlarlar. Şekilden de görüleceği üzere,  $t=t_2$  anında ikinci kavşakta yeşil ışık yanmaya başlayacaktır. Bu an da kavşağa erişen araç veya araçlar sinyalizasyon durumuna bağlı olarak duracak veya seyahatlerine devam edeceklerdir. Dolayısı ile, yapılan tanım çerçevesinde  $t_2-t_1$  farkı, ofset olarak elde edilmiş olacaktır. Elde edilen bu ofset değeri de, 0 ila C (periyot süresi) arasında pozitif bir değer olarak hesaplamalarda kullanılmaktadır [1].

İdeal ofset: İlk araç grubu ilk kavşaktan hareket ettikten sonra ikinci kavşağa varır varmaz kavşağın yeşil ışık yanması durumundaki kavşaklar arasındaki ofset değeridir [1].

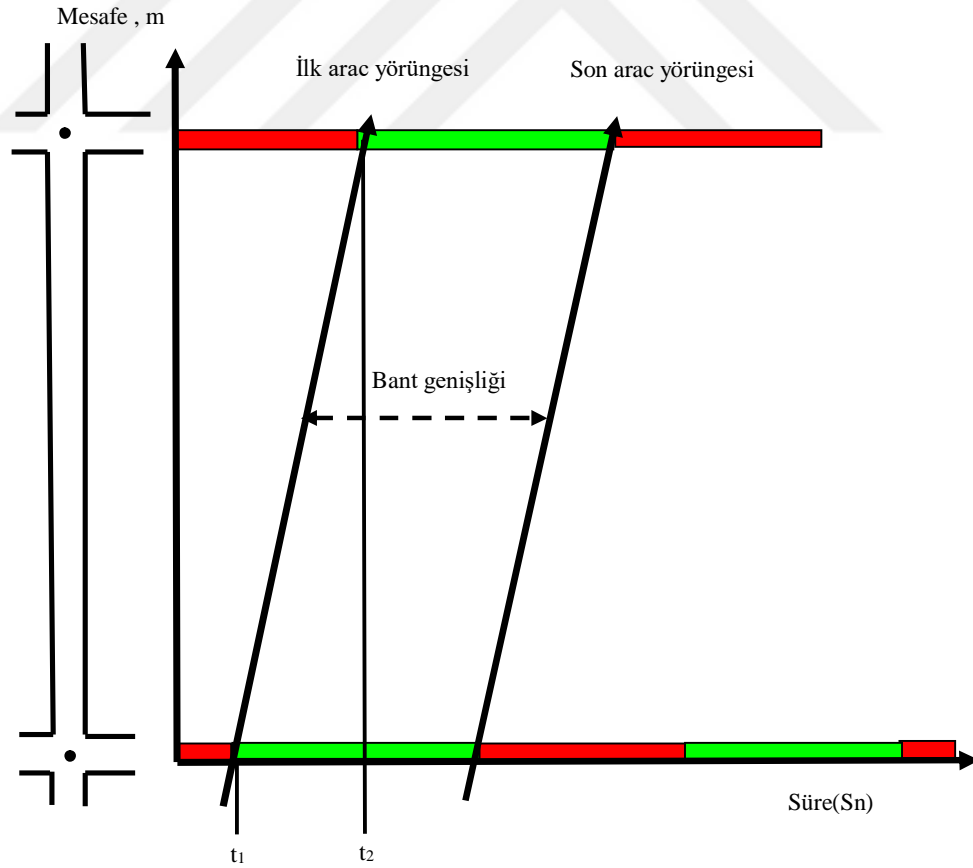
Bu tanıma göre aralarında L kadar mesafe bulunan iki ardışık kavşak arasında V hızında hareket eden bir araç için ihtiyaç duyulacak ideal ofset değeri (Denklem 1.5) ifade edilmiştir.

$$t_{ideal} = L/V \quad (1.5)$$

$t_{ideal}$ : ideal ofset, sn

L: kavşaklar arası mesafe, m

V: araç hızı, m/sn



Şekil 2.8. Zaman-Mesafe diyagramı

Bant genişliği: Araç guruplarının sürekli olarak yeşil süreyi kullandıkları miktardır. Bant genişliği ilk ve son aracın hiç durmadan tüm sistemden geçtiği zaman farkıdır ve birimi saniyedir [1].

### 2.5.3. Koordineli sinyalizasyon sistemlerinin türleri

Ulaşım sistemindeki kavşaklarda bulunan bir grup sinyalizasyon sistemi, koordineli bir şekilde işletilebilir. Bu tip uygulamalarda sistemde bulunan kavşaklardaki talep ve boşaltma oranlarının birbirlerini etkilemeleri söz konusu olacaktır. Bir tür sinyalizasyon sisteminin koordineli olarak işletilip işletilmemesi, mevcut bütçe kaynaklarına ve söz konusu sistemin fiziksel uygulanabilirliğine dayanmaktadır [19].

En yaygın kullanılan sinyalizasyon sistemleri Kentsel Trafik Kontrol Sistemleri (KTKS-UTCS), Kapalı Döngü Sistemleri, Zaman Tabanlı Koordinasyon (ZTK-TBC) Sistemleri ve Trafik Adaptif Sinyalizasyon Kontrol sistemleridir [19].

Zaman Tabanlı Sistem, günün saatine ve haftanın gününe göre otomatik olarak işlem yapmak için kullanılan bir zamanlama sistemi ile çalışır. KTKS, Kapalı Döngü (Loop) sistemleri ve Trafik Adaptif sistemleri ise gerçek trafik hacmine ve sistemde depolanan sinyalizasyon zamanlama verilerine dayanarak, gerçek zamanlı trafik koşullarına göre hizmet verirler [19].

KTKS ve Kapalı-Döngü (Loop) sistemlerinde trafik sinyalleri farklı kablo tipleri veya iletişim mekanizmaları kullanılarak birbirine bağlanırlar. Elektrik kabloları, sinyalizasyon sistemi ara bağlantılarında en sık kullanılan yöntemdir. Fiber-optik kabloların sinyalizasyon sistemlerinde kullanım oranları ve yaygınlıkları son dönemlerde artmaya başlamıştır., Ardışık kavşakların tekil kontrol zamanlama sistemleri tarafından kontrol edilmesi dolayısı ile, ZTK sisteminde bağlantı kabloları gerekli değildir [19].

Adaptif sinyalizasyon kontrol sistemleri, merkezi bilgisayarlarda toplanıp işlenen trafik akım verilerine dayanarak değişken akım durumlarında gerçek zamanlı koordinasyon kalıpları geliştirmek üzere tasarlanmışlardır. Trafik akım verileri, sinyalize kavşakta her şeritte bulunan dedektörler veya video kamera sistemleri çözümlenmeleri kullanılarak elde edilirler [19].

#### **2.5.4. Trafik sinyal koordinasyonunun avantajları ve dezavantajları**

Sinyal koordinasyonu, pek çok uzman tarafından dikkate alınan şebeke veya koridor sistemleri için avantajlı bir uygulama olarak algılanmaktadır. Sinyal koordinasyon sistemlerinin yaşam ve hareketlilik kalitesini arttırmada başarılı olduğu kanıtlanmıştır. Amerika Birleşik Devletleri'ndeki pratik deneyimler, koordineli hale getirilip, merkezi bir ana kontrol sistemi üzerinden optimize edilmiş zamanlama planları ile işletilen sistemler sayesinde, seyahat sürelerinde yüzde 10'dan yüzde 20'ye kadar bir azalmanın sağlanabildiğini göstermiştir [20].

##### **2.5.4.1. Trafik sinyal koordinasyonunun avantajları**

Trafik Sinyal koordinasyonu uygulamalarının aşağıdaki gibi belirlenmiş bazı avantajları vardır [20];

- Bölgelerdeki trafik kazalarını azaltır
- Hareket etkinliğini ve erişimi artırır
- Enerji ve yakıt tüketimini azaltır
- Duruş sürelerini azaltır
- Azaltılmış araç emisyonları sayesinde çevresel faydalar sağlar
- Günlük trafik işlemlerini izleyebilme imkanı sunar (KTKS ve Closed-Loop).

##### **2.5.4.1. Trafik sinyal koordinasyonunun dezavantajları**

Sahip olduğu bu avantajların yanında koordinasyonlu işletilen sinyalize sistemlerin dezavantajları da aşağıda sunulmuştur [20].

- Seyahat hızlarındaki artış, bölgede yaşayan veya ikamet eden toplumda olumsuz bir etkiye neden olabilir
- Avantajlı yönlerinden dolayı şebeke içindeki değişik koridordan ilave trafik çekebilir
- Bakım ve ekipman maliyetleri, kullanılan donanım ve yazılım türüne bağlı olarak yüksek olabilir
- sistemin işletilmesi nitelikli personel gerektirir.

#### **2.5.5. Sinyal koordinasyon tasarımında mikrosimülasyon yazılımı kullanımının faydaları**

Mikrosimülasyon yazılımları (VISSIM gibi), reel sistem yapısını ve davranışlarını temsil eden bir model geliştirmek için kullanılırlar. Mikrosimülasyonun etkileşimli niteliği, önerilen tasarım değişikliklerinin etkilerinin test edilmesini ve görselleştirilmesini, böylece bilinçli kararların alınabilmesini sağladığı için, farklı senaryolar söz konusu olduğunda hızlı karar verebilmek adına ideal bir analiz süreci sağlamaktadır. Ayrıca, araştırma sonuçlarının trafik mühendisliği terminolojisi ve kavramlarına çok da aşina olmayan yöneticilere ve karar alıcılara iletilmesine de görsel anlamda yardımcı olmaktadır. Sinyal koordinasyon sistemleri uygulanmadan önce, sağlayacakları faydaların etkin bir şekilde gerekçelendirilmesi gerekir. Mikrosimülasyon modellemesi bu anlamda, ilgili şebeke bölümündeki sinyal koordinasyonunun uygulanabilirliği ve beklenen faydalarının önceden değerlendirilip, doğru kararların alınmasına katkı sağlamış olacaktır [21].

#### **2.6. Araştırma Geçmişine Genel Bakış**

Tezin bu bölümünde genel kavramları ve sistemleri açısından tanımlanan koordineli sinyalizasyon sistemleri hakkında literatür de yapılan çalışmalar hakkında bilgi verilecektir.

Nesheli et.all, yoğun bir trafiğe sahip ve taşıt kompozisyonu açısından çok farklı tipteki taşıtlardan oluşan Malezya'nın en önemli bölgelerinden birinde olan 780m

uzunluğundaki bir yolda, TRANSYT 7F simülasyon programını kullanarak koordinasyonlu ardışık dört sinyalizasyon kavşakta analizler yapılmıştır. Koordinasyon sisteminin uygulanmasından sonra akşam zirve saatlerinde araç başına olan 68.3 sn/taşıtlık ortalama gecikme süresinin 37.2 sn/araç'a, sabah pik saatlerdeki 65.1 sn/araçlık değerin ise 35.6 sn/araç'a düştüğü, ayrıca kuyruk uzunluklarının da azaldığı tespit edilmiştir. Bu veriler Koordineli sistem sayesinde daha önceden var olan hizmet düzeyinin de önemli ölçüde geliştirildiği anlamına gelmektedir [18].

Jagali et.all, PTV VISSIM yazılımını kullanarak Chord caddesinde gecikme süresini en aza indirmek için kuyruklanma analizleri yapmışlar ve önerilerde bulunmuşlardır. Yapılan bu çalışma da, ölçülen mevcut şebeke gecikme değerlerine göre, ele alınan tüm yaklaşımlardaki trafik akım değerleri açısından şebekenin F servis seviyesinde hizmet sunduğu belirlenmiştir. Şerit sayılarındaki iyileştirmelere göre yapılan simülasyon çalışmasına ait sonuçlarla mevcut verilerin karşılaştırılması ile, gecikmelerin, kuyruk uzunluklarının ve seyahat sürelerinin azaldığı, hizmet düzeyinin de F den B düzeyine iyileştirilebileceği ortaya konulmuştur [22].

Mansourkhaki ve Ark, İranda bulunan Mazandaran bölgesindeki Noor kentinin kentsel şebekesinde yaptıkları örnek çalışmalarında, bir mikroskobik simülasyon yazılımı olan VISSIM simülasyon yazılımı ile ışiksiz kavşakların bulunduğu şebeke bölgelerinde gecikme analizleri yapmışlardır. Bu çalışmada, yoğun saatlerin trafik hacimleriyle ilgili saha verileri video kayıt yöntemi kullanılarak aynı anda elde edilmiştir. Ayrıca, ana linklerinin sayısı, her linkteki trafik akımları, bilgilendirme panoları içerik ve konumları, şebekenin topolojik yapısı, ağın geometrik özelliklerini simüle etmek için belirlenmiştir. Mevcut şebekeye ait toplanan bu veriler simülasyon programında veri olarak kullanılarak gecikme analizleri yapılmış ve şebekeye ait hassas noktalar ve problemin boyutu belirlenmiştir [23].

Priya et.all, çalışma alanı olarak Haydarabadın önemli bir mahallesi olan Mehdipatnam da bir çalışma yapmışlar ve otobüs terminalinin yeniden düzenlenerek kavşakların sinyalizasyon kavşaklar kontrol sistemi ile iyileştirilmelerini önermişlerdir. Önerilen önlemlerin simülasyon sonuçlarına göre seyahat sürelerinde %18 gecikmelerde %22 ve ortalama kuyruk uzunluğunda %20 oranında azalmalar elde

edilmiştir. Çalışma alandaki ulaşım sisteminin daha da iyileştirilmesi için trafiğin yeniden yönlendirilmesi ve sinyal koordinasyonu gibi diğer trafik yönetimi önlemleri de ayrıca önerilmiştir [24].

Bashi ve Zandi, Şehid Modarres Bulvarı ve Ferdowsi Bulvarı kavşaklarındaki ayrıca da Ayatollah Taleghani Bulvarı ve Ayetullah Modarres Bulvarındaki gecikmeleri en aza indirmek için trafik ışıklarının zamanlamasını optimize etmek üzere bir simülasyon çalışması yapmışlardır. Her iki çalışmada Synchro ve Aimsun simülasyon yazılımları kullanılarak, beklenen faydaların elde edilip edilememesi her iki çalışma alanındaki bulguların karşılaştırılması ile test edilmeye çalışılmıştır. Çalışma sonuçları SYNCHRO yazılımının optimal faz farkı olarak 12 saniyelik bir faz farkı sunduğunu göstermektedir. Bununla birlikte AIMSUN simülasyonu, minimum gecikmenin elde edilebilmesi için en iyi faz farkı olarak yaklaşık 15 saniyelik bir değer önermektedir. Bu sonuçlar ışığında yazarlar SYNCHRO yazılımının aşırı doygun koşullar altında araçların birbirleriyle olan etkileşimini yeterince göz önünde bulunduramadığı ve AIMSUN yazılımına göre daha yüksek bir gecikme ürettiğini vurgulamışlardır [25].

Yar ve Ark, Tahran da Sani Caddesi üzerinde bulunan ardışık Golestan, Ghiasipour ve Soheilian sinyalize kavşaklarında yeşil dalga sistemi uygulanmasının, araçların gecikme ve seyahat süreleri üzerindeki etkilerini analiz etmek üzere bir çalışma yapmışlardır. AIMSUN simülasyon yazılımı kullanılarak elde edilen sonuçlara göre gecikme süresinde % 52'lik bir iyileşme elde edilmiştir [26]. Elde edilen bu sonuçlar, kavşaklardaki ana bileşenlerden biri olan trafik ışıklarının, trafik akışının kontrolündeki önemli rollerini ortaya koyarak, senkronize edilmiş sistemlerin kuyruklanmaların ve gecikmelerin azaltılmasındaki etkin önemini işaret etmiştir.

Rahimi ve Taheri, sinyalize zamanlama senkronizasyonunun Kazvin şehrindeki kavşaklar üzerindeki etkilerini bant genişliği yöntemiyle incelemişlerdir. Ana arterler üzerinde bulunan kavşak noktaları birbirine yaklaştıkça, kavşak performansları birbirlerinden daha fazla etkilenmekte bu da güzergah ve şebeke sistemine ait toplam kapasitenin olumsuz etkilenmesine neden olmaktadır. Rahimi ve Taheri yaptıkları bu



çalışmada, koordineli kontrollü ardışık kavşakların performanslarını bant genişliği yöntemiyle incelemek için, kavşaklarda tanımladıkları farklı senaryolar çerçevesinde, sahadan elde edilen verileri SYNCHRO simülasyon yazılımı ile analiz etmişlerdir. Analiz sonuçları, aşırı doygun zirve saat koşullarında, senkronizasyon kontrolüyle yapılan optimizasyon uygulamalarının, gecikmelerde %10, toplam duruş sürelerinde %6, seyahat sürelerinde %8, yakıt tüketiminde %7 ve kuyruk uzunluğunda %25 oranlarında azalmalara, ortalama hızlarda ise %12 oranında iyileştirmelere tekabül eden iyileştirilmiş performans göstergelerinin elde edilmesini sağlamıştır [27].

Zoogi ve Mohammadi, Tahran da bulunan yerel kontrolsüz hemzemin bir kavşaktaki farklı uygun gometrik tasarımlarla sağlanan iyileştirmelerin gecikmelere olan etkilerini AIMSUN simülasyonu ile analiz etmişlerdir. Sonuçlar, düşük hacimlerde, kavşak küçük ölçekli değişikliklere dayanan geometrik tasarımların iyi sonuçlar üretmek için yeterli olabileceğini, yüksek trafik hacimlerinde ise, geometrik tasarımlardan beklenen faydanın elde edilebilmesi için adalama içerikli tasarımlara ihtiyaç duyulduğunu ortaya koymuştur [28].

Rijai ve Safa, kavşaklardaki şerit geometrisinin değiştirilmesi ve/veya rampa eklenmesinin gecikmeler ve seyahat süresi üzerindeki etkilerini, VISSIM simülasyon yazılımıyla incelemişlerdir. Şehiryar kentindeki şehid Seyad Şirazi Meydanı'ndan trafik verileri maksimum zirve saat trafiği koşullarında elde edilerek mevcut duruma ait performans göstergeleri elde edilmiştir. Daha sonra kavşağa ait şerit eğimlerinin ve genişliklerinin değiştirilmesinin, gecikme süresi, yoğunluk, hacim ve hız parametreleri açısından kavşak işletim performansına olan etkileri değerlendirilmiştir [29].

Trafik mühendislerinin değerlendirme ve karar alma süreçlerinde yardımcı olan simülasyon yazılımlarının ulaşım sistemleri planlama ve yönetimindeki kullanımı çok yaygındır. Bu çalışmada, Avustralya kökenli kavşak tasarım yazılımı olan SIDRA Intersection Versiyon 8 paket programı teze konu kavşaklardaki faz planlaması ve sinyalizasyon sürelerinin elde edilmesi için kullanılmış, akabinde Almanyada geliştirilen VISSIM Versiyon 8 mikrosimülasyon programı yardımı ile

farklı trafik hacimlerini ve kavşak yönetim sistemlerini temsil eden senaryolara bağlı olarak kavşaklardaki ortalama taşıt gecikmeleri, kuyruklanmalar elde edilerek analitik değerlendirmeler yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre, minimum gecikme süresi ve kuyruk uzunluğuna göre en iyi senaryo seçilerek, mevcut duruma alternatif uygulama stratejisi önerilmiştir. Tezin bu aşamadan sonraki bölümlerinde incelemesi yapılan kavşaklarla ilgili simülasyon ve analitik değerlendirme süreci ele alınacaktır.



## BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM

### 3.1. Materyal

Daha önce de belirtildiği gibi tez incelemesine konu kavşaklar Mazar-ı Şerif'in önemli ana arterlerinden biri olan ve Marmul bölgesini kent merkezine bağlayan Marmul caddesi üzerinde bulunmaktadır. Şekil 3.1.'de kavşakların konumu ve topolojisi görülmektedir.



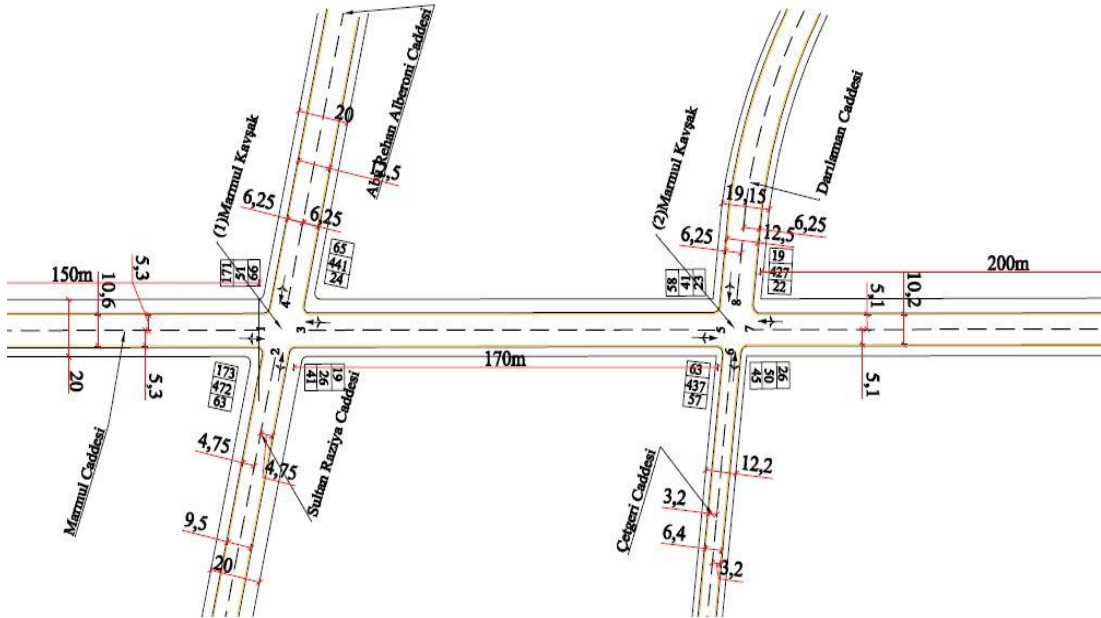
Şekil 3.1. Marmul caddesine ait birinci ve ikinci kavşakların resmi

Kavşakta akım yönlerine ait şeritleri birbirinden ayıran orta refüj bulunmamaktadır. Bu caddenin kuzeyinde bulunan Mazar-e-Sharifin kent merkezi, cadde üzerindeki seyahat üretimine bağlı yoğun trafiğin ortaya çıkmasındaki en önemli faktördür. Bu caddenin doğu tarafında, Belkh ilinin en önemli yollarından biri olarak kabul edilen Kabil ve Mazar-e Sharif'i bağlayan ana yol olan, Abouryhan al-Birooni caddesi yer almaktadır. Kuzey - Batı tarafında Hazret-i Ali'nin Kabri ve Balkh Üniversitesini

barındırdığı için önemli tarihi yerlerden biri olan Rouzayı Şerif `in varlığı da, bu caddenin gün boyunca yüksek seyahat taleplerini tecrübe etmesine neden olmaktadır.

### 3.1.1. Veri toplanması

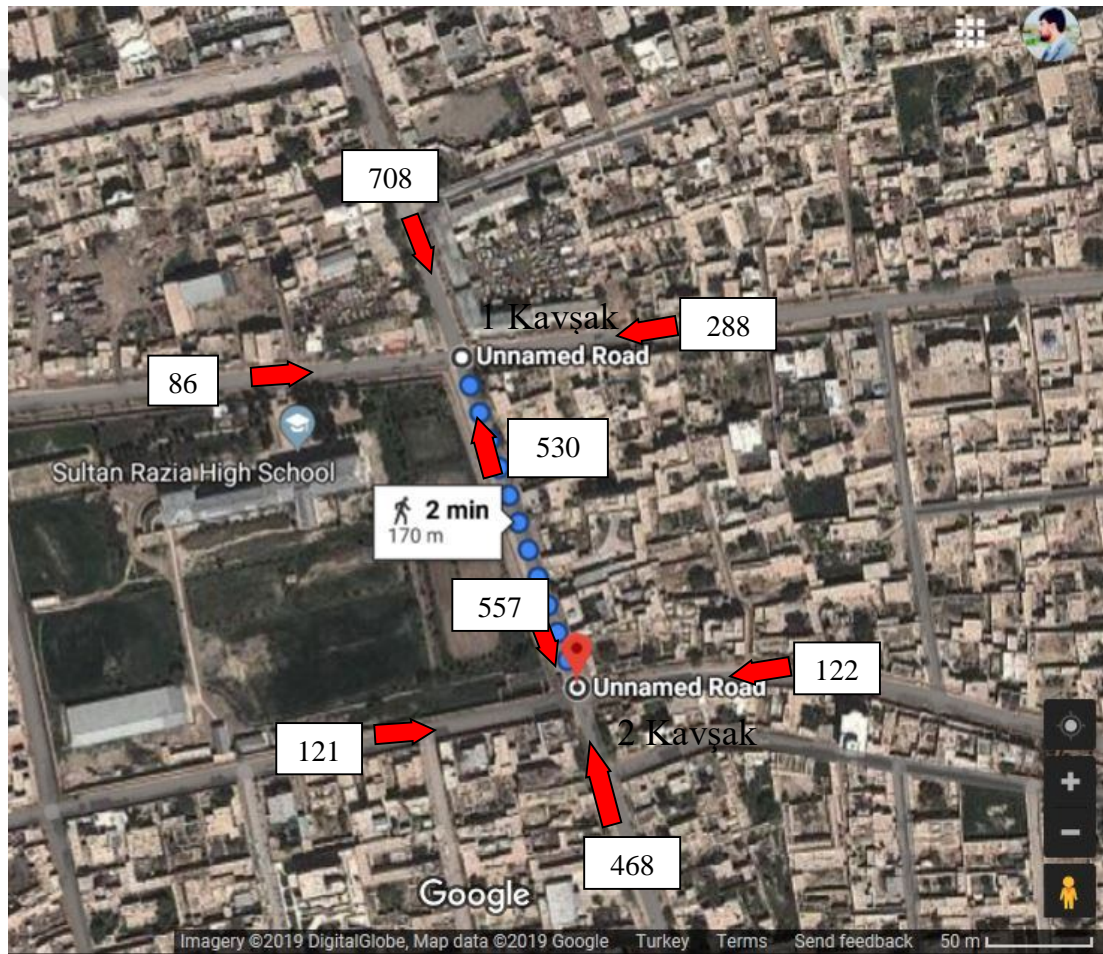
Kavşakların analizi için gerekli olan trafik verileri, her kavşakta zemin seviyesinden yaklaşık 1.8 metre yükseklikte kurulmuş olan kameraların kullanıldığı video kayıt yöntemi ile toplanmıştır. Kaydedilen videolar incelenerek kavşakların akım kollarına ait trafik hacim sayımları yapılmıştır. Çalışma alanındaki trafik hacimleri; akşam zirve saatleri olan 16:<sup>00</sup>-17:<sup>00</sup> arasında yapılan analizlerle, Tablo 3.1.'de verilen otomobil birim eşdeğerlerini kullanılarak belirlenmiştir. Kavşakları oluşturan caddelere ait şerit sayıları, genişlikleri gibi mevcut geometrik tasarım özelliklerine ait bilgiler de ilaveten elde edilmiştir. Bu veriler ışığında Autocad yardımıyla tasarımı yapılan kavşaklar Şekil 3.2.'de gösterilmektedir. Zirve saat 16:<sup>00</sup>-17:<sup>00</sup> trafik hacimleri ve çalışma alanı hava fotoğrafı da, Şekil 3.3.'de gösterilmektedir. Birinci ve ikinci kavşak için yapılan trafik sayımları Ek A.'de verilmiştir.



Şekil 3.2. Marmul caddesindeki birinci ve ikinci kavşakların mevcut durum geometrik tasarımları

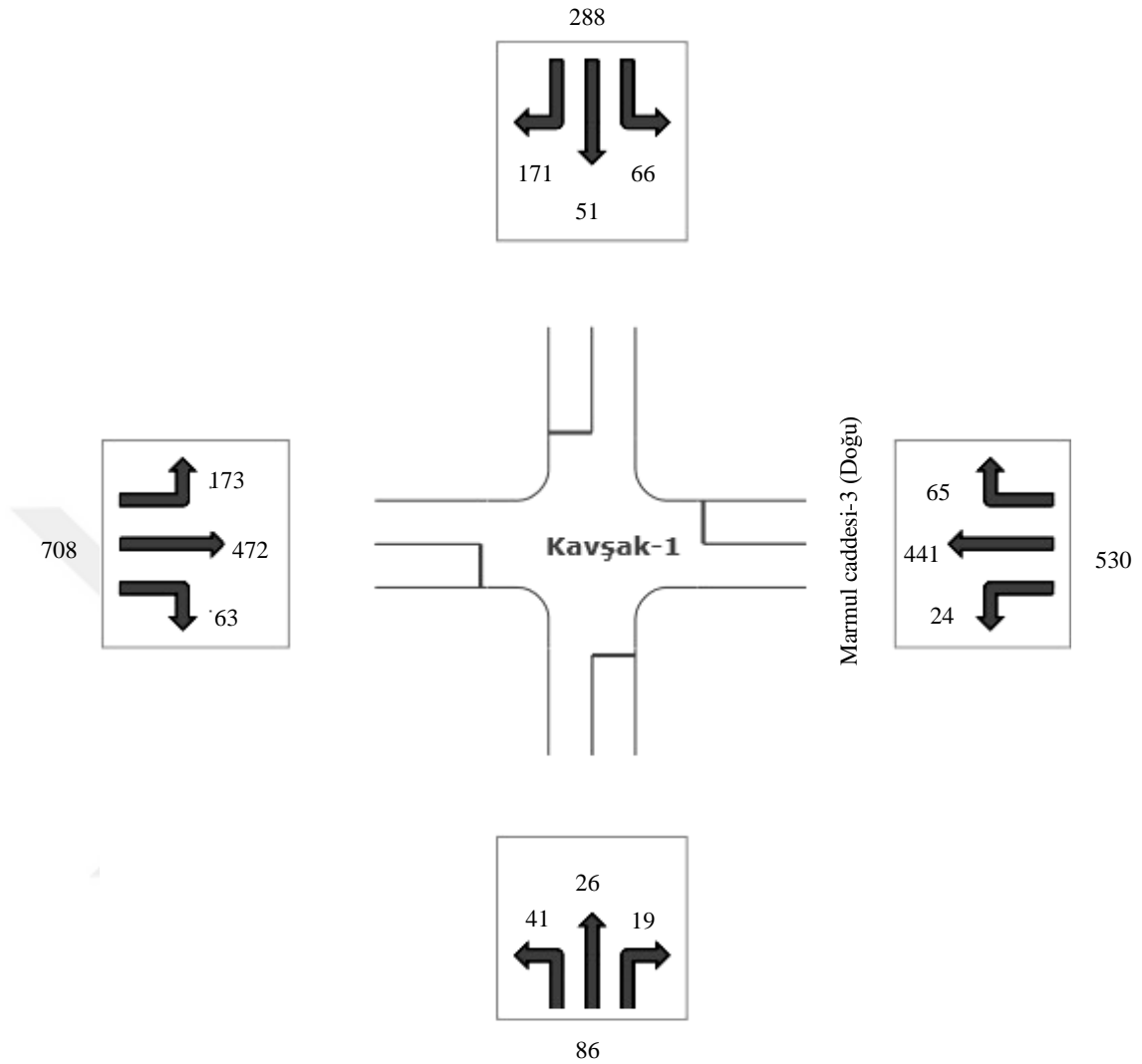
Tablo 3.1. Otomobil birim eşdeğerleri UK , Bangledesh [30]

Taşıt kategorileri	Webster(1958)	MoC(2001)
Otomobil	1	1
Orta büyüklükteki taşıtlar(Minibüs..V.b)	1,75	-
Kamyon,Tır	-	3
Otobüs	2,25	3
Motosiklet	0,3	0,75
3Tekerlik motosiklet (Auto-Richshaw)	-	0,75
Bisiklet	0,2	0,5



Şekil.3.3. Kavşaklara ait trafik hacimleri ve hava fotoğrafı

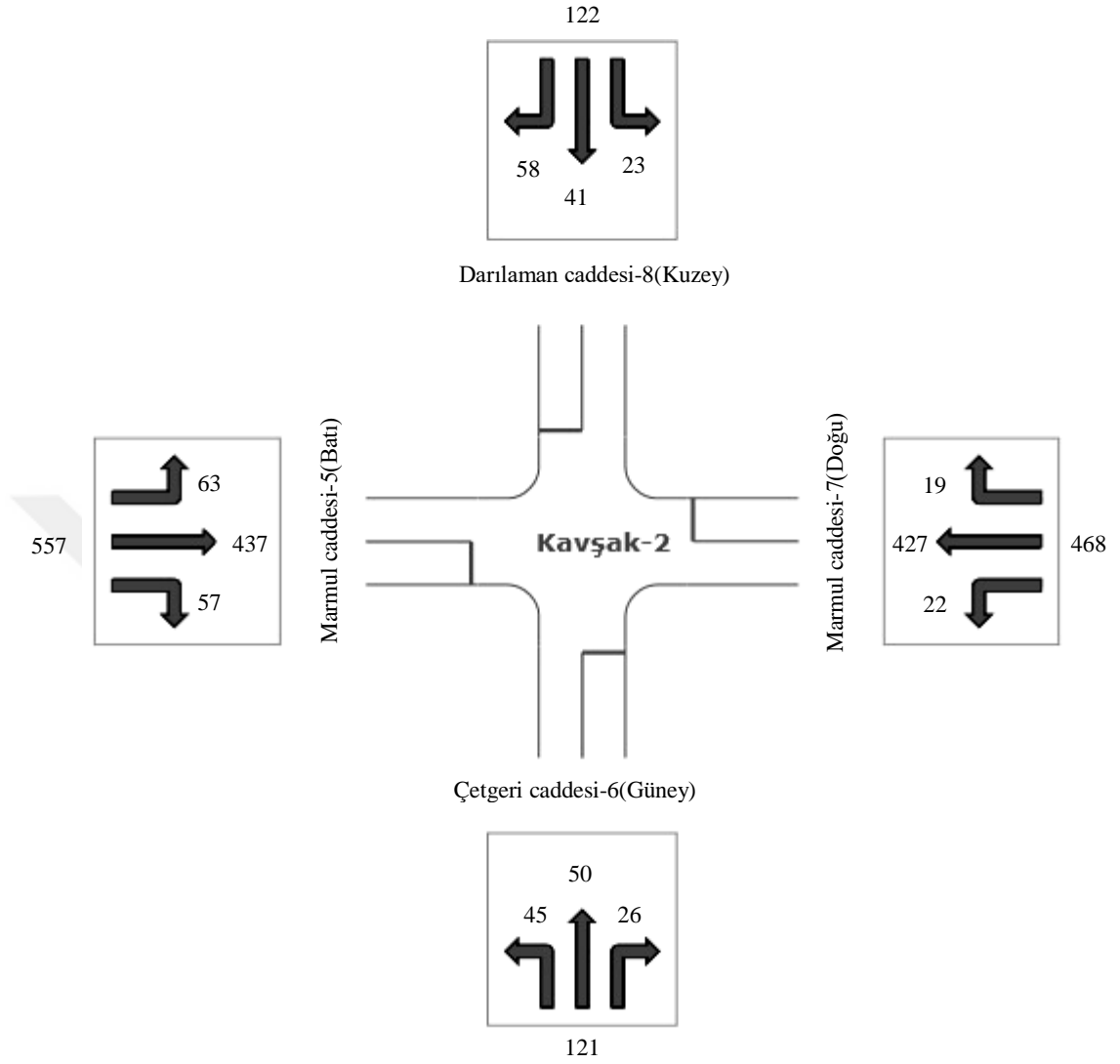
Aşağıdaki şekillerde ve tablolarda, kavşaklardaki akım kolları ve yönlerine ait toplam taşıt miktarlarının dağılımları türlerine göre gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Marmul caddesine ait birinci kavşağın akım yönlü toplam taşıt miktarları

Tablo 3.2. Marmul caddesine ait birinci kavşağın akım yönlü trafik kompozisyonu

Akım Yönü	Otomobil	Ağır Taşıt	Otobüs	Toplam
Marmul caddesi-1 (Batı)	702	6	0	708
Sultan Razıya caddesi-2 (Güney)	85	0	1	86
Marmul caddesi-3 (Doğu)	523	7	0	530
Abouryhan al-Birooni caddesi-4 (Kuzey)	286	1	1	288
Toplam	1596	14	2	1612



Şekil 3.5. Marmul Caddesine ait ikinci kavşağın akım yönlü toplam taşıt miktarları

Tablo 3.3. Marmul caddesine ait ikinci kavşağın akım yönlü trafik kompozisyonu

Akım Yönü	Otomobil	Ağır Taşıt	Otobüs	Toplam
Marmul caddesi-5 (Batı)	549	8	0	557
Çetgeri caddesi-6 (Güney)	120	1	0	121
Marmul caddesi-7 (Doğu)	464	4	0	468
Darılamani caddesi-8 (Kuzey)	118	4	0	122
Toplam	1251	17	0	1268



Resim 3.1. Marmul caddesine ait birinci kavşağın genel görünüşü



Marmul caddesi-1 (Batı)



Sultan Raziya caddesi-2 (Güney)



Marmul caddesi-3 (Doğu)



Abouryhan al-Birooni caddesi-4 (Kuzey)

Resim 3.2. Marmul caddesine ait birinci kavşağın tüm bağlantı kollarının görünüşleri





Resim 3.3. Marmul caddesine ait ikinci kavşağın genel görünüşü



Marmul caddesi-5 (Batı)



Çetgeri caddesi-6 (Güney)



Marmul caddesi-7 (Doğu)



Darılaman caddesi-8 (Kuzey)

Resim 3.4. Marmul caddesine ait ikinci kavşağın tüm bağlantı kollarının görüntüleri

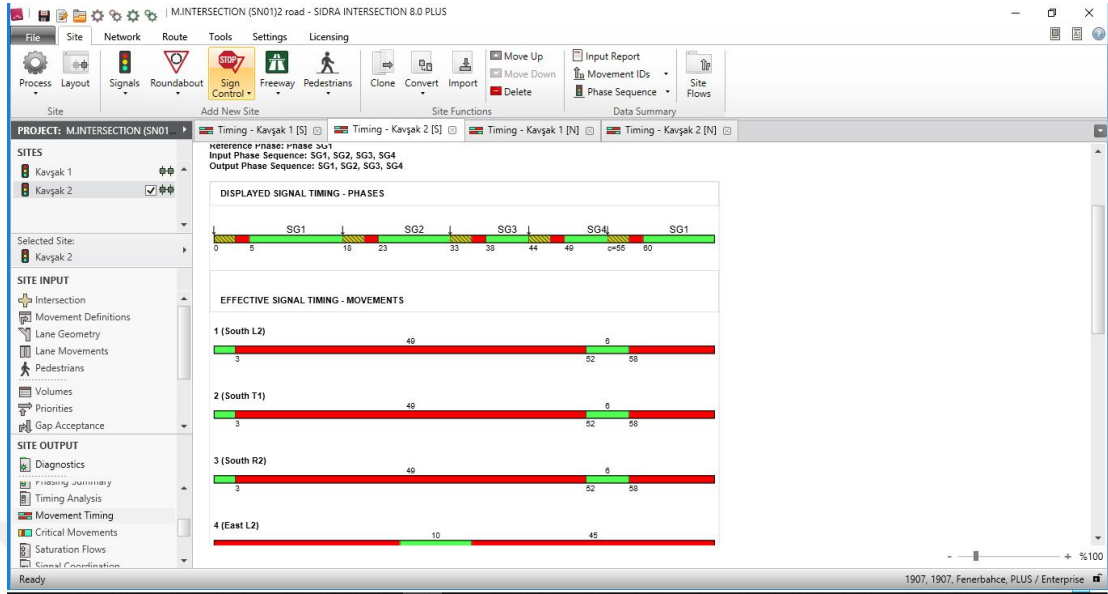
### 3.2. Yöntem

Bu araştırma, sahaden elde edilen verilere dayanarak trafik simülasyon yazılımı yardımı ile yapılmış, tanımlayıcı-analitik bir araştırmadır. Bu anlamda mevcut durum irdelenmiş, kavşaklara ait trafik işletim sisteminin senkronizasyonunu sinyalizasyon kavşak uygulamaları ile iyileştirilmesi, geometrik tasarımların yeniden düzenlenmesi de dikkate alınarak yapılmıştır. Bu çalışma da, SIDRA yazılımı ile kavşak sinyalizasyonu ve devre süresi analizlerinin, mikro ölçekli trafik simülasyon yazılımı olan PTV-VISSIM ile de gecikme etüdlerinin yapıldığı iki aşamalı bir yöntem uygulanmıştır. SIDRA yazılımının sonuçlarını elde ettikten sonra, (PTV-VISSIM) yazılımı ile simülasyon modellenmesi ve gecikme etüd analizi yapılmıştır. Bu amaçla farklı senaryolar tasarlanıp uygulanmış ve iki aşamalı süreç sonunda elde edilen sonuçlar analiz edilerek değerlendirilmiştir.

#### 3.2.1. SIDRA yazılımıyla faz ve devre sürelerinin belirlenmesi

Bu çalışmada, faz planlaması ve sinyalizasyon devre sürelerinin belirlenmesi amacı ile Avustralya menşeli kavşak tasarım yazılımı olan SIDRA INTERSECTION versiyon 8 paket programından faydalanılmıştır. Kavşakalarda mevcut durum ve oluşturulan senaryolar için programa veri olarak girilecek parametre değerleri, sahada yapılan gözlemlerle elde edilmiştir. Bu veriler; kavşak geometrisi, ve trafik verisi olmak üzere iki gruba ayrılabilir.

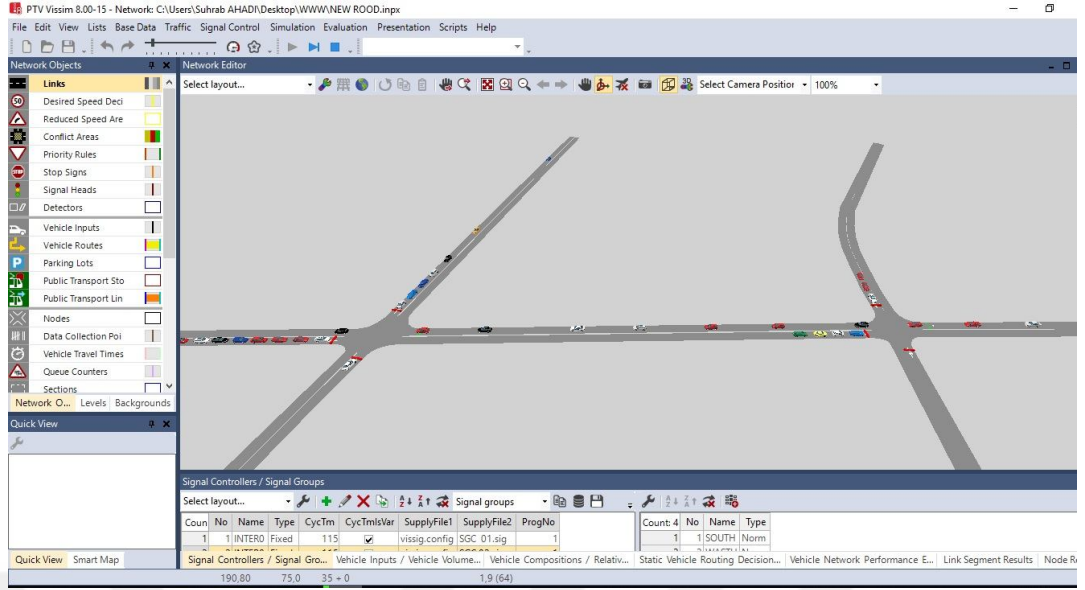
İlk olarak, kavşak verisi programda tanımlanmıştır. Bunun için kavşaktaki kol sayısının, kolların yaklaşık coğrafi yönünün, her kola ait şerit sayısının, akım yönlerinin, dönüş yönlerinin belirlenmesi ve akım yönlerinin numaralandırılması gerekmiştir. İkinci olarak, trafik verisi programda tanımlanmıştır. Kavşağa giren trafik hacimleri, hafif ve ağır taşıtlar ayrı birer grup olmak üzere, her bir akım kolu ve dönüş yönü için "hacim değeri" olarak atanmıştır. Ayrıca, kavşaktaki her bir akım koluna ait sahada ölçülen kol uzunlukları, "yaklaşma boyu" olarak atanmıştır. Bu aşamalar her senaryo için yapılmıştır, Son olarak şekil 3.6.'de gösterildiği gibi yapılan analizler sonunda ilgili "faz planları" ve "sinyal devre süreleri elde edilmiştir.



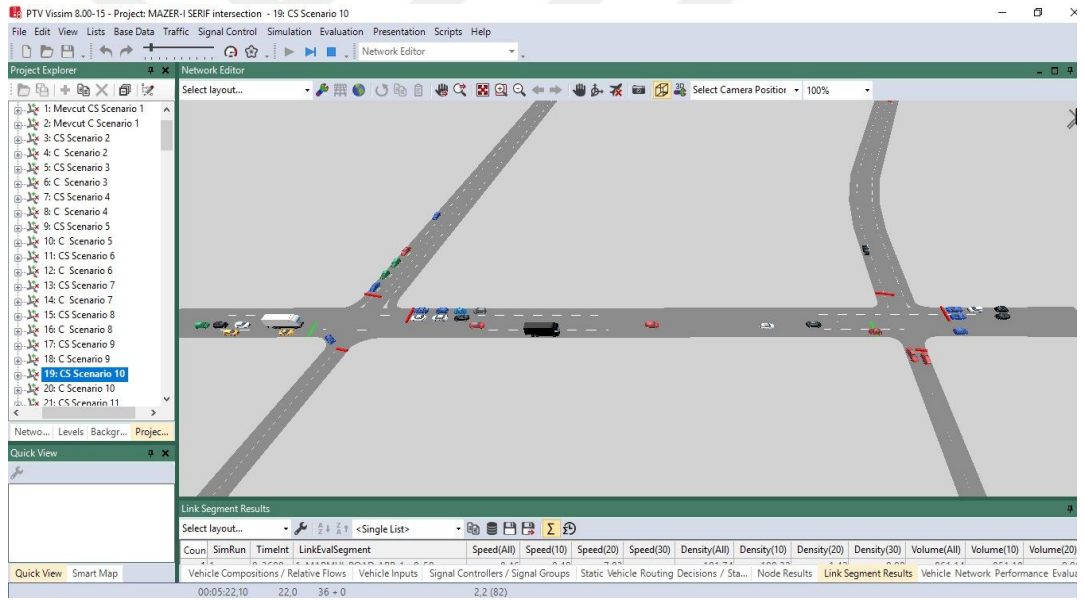
Şekil 3.6. SIDRA yazılımının ekran görüntüsü

### 3.2.2. VISSIM simülasyon modellenmesi

Kavşakların 16:<sup>00</sup> ile 17:<sup>00</sup> arası zirve saatlerdeki trafik akımını göz önünde bulundurarak gözlemlenen gecikme ve kuyruklanmalar, önce ve sonra iyileştirme değerlendirmesi için geliştirilen senaryolar çerçevesinde simülasyon çalışması yapılarak analiz edilmiştir. Şekil 3.7.'de VISSIM yazılımı temel ekran arayüz görüntüsü gösterilmektedir. Ayrıca, Şekil 3.8.'de, caddeler ve kavşaklarda geometrik tasarımının iyileştirilmesinden sonra yapılan VISSIM modellemesi görülmektedir.



Şekil 3.7. Kavşaklarda mevcut durum VISSIM simülasyon modellemesi



Şekil 3.8. Marmul caddesine ait birinci ve ikinci kavşağın geometrik tasarımının iyileştirilmesinden sonra yapılan VISSIM simülasyon modellemesi

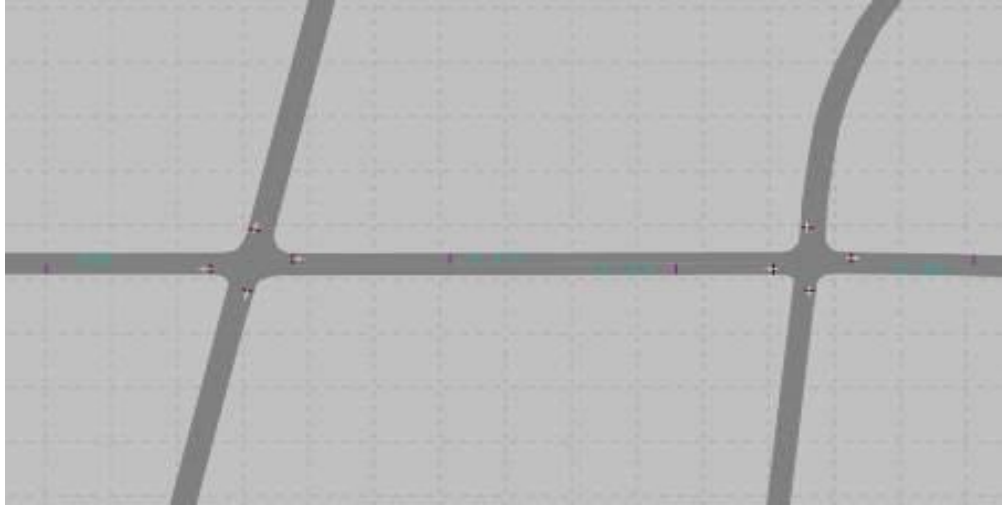
## **BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA BULGULARI**

Bu çalışmada, sinyalizasyonun gecikme süresi üzerindeki etkisi kavşak geometrilerinde yapılan değişiklikler ve farklı trafik akım miktarları açısından SIDRA ve VISSIM yazılımları kullanılarak kentlerdeki ulaşım problemlerinde önem derecesi yüksek bir kavram olarak kabul edilen trafikte kaybedilen zaman ve kuyruk uzunluk parametreleri açısından irdelenmiştir. Çalışma sonucu elde edilen mevcut ve gelecekteki trafiğe (20 yıl sonu) ait değerler tablo halinde gösterilmiştir. Araştırma ile ilgili olarak elde edilen bulgular aşağıda alt başlıklar halinde detaylı bir şekilde gösterilmektedir.

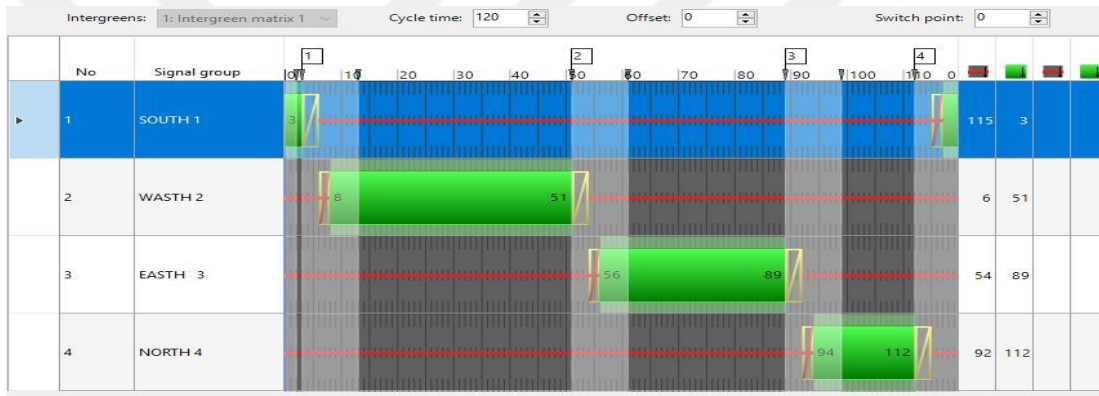
### **4.1. Sinyal Koordinasyonundan Önce ve Sonra Simülasyon Modellenmesi ve Analizleri**

#### **4.1.1. Mevcut durum**

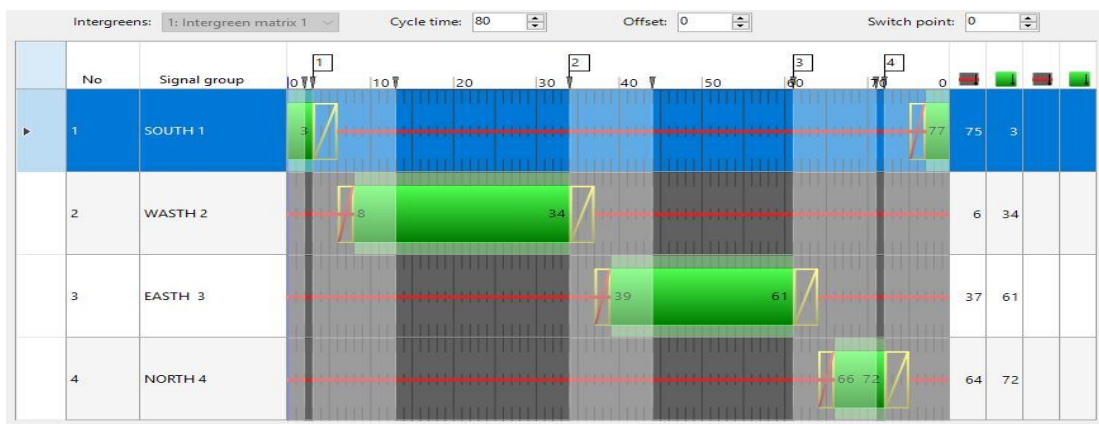
Kavşakların mevcut geometrisi ve akım yönlü trafik hacim değerleri SIDRA programına girilerek devre süreleri elde edilmiştir. Sinyal koordinasyonundan önce birinci kavşak için 120 , ikinci kavşak için 80 saniye olarak elde edilen değerler, sinyal koordinasyonundan sonra ise her iki kavşak için de 115 saniye olarak elde edilmiştir. Daha sonra elde edilen bu devre süreleri, akım değerleri ile beraber VISSIM de modellenmiş, böylece her iki kavşak başına, ortalama taşıt gecikmeleri , ortalama ve maksimum kuyruk uzunlukları ile koordinasyon sonrası senkronize edilmiş sisteme ait taşıt başına ortalama gecikme ve seyahat hızı değerleri elde edilmiştir. Çalışmanın temel amacı, mevcut koşullardaki değişikliklerin sonuçlarını karşılaştırmak ve sinyal koordinasyon etkilerini değerlendirmektir. Yapılan çalışmanın sonuçları aşağıda tablo ve grafikler halinde verilmektedir.



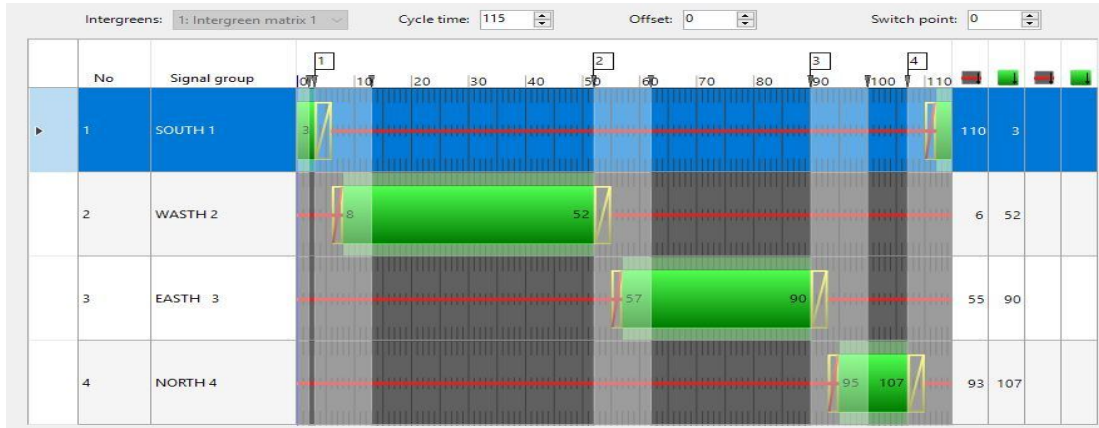
Şekil 4.1. Marmul caddesine ait birinci ve ikinci kavşağının mevcut durum simülasyon modeli



Şekil 4.2. Koordinasyon öncesi Marmul caddesine ait birinci kavşakta SIDRA ile elde edilen sinyalizasyon faz süreleri



Şekil 4.3. Koordinasyon öncesi Marmul caddesine ait ikinci kavşakta SIDRA ile elde edilen sinyalizasyon faz süreleri

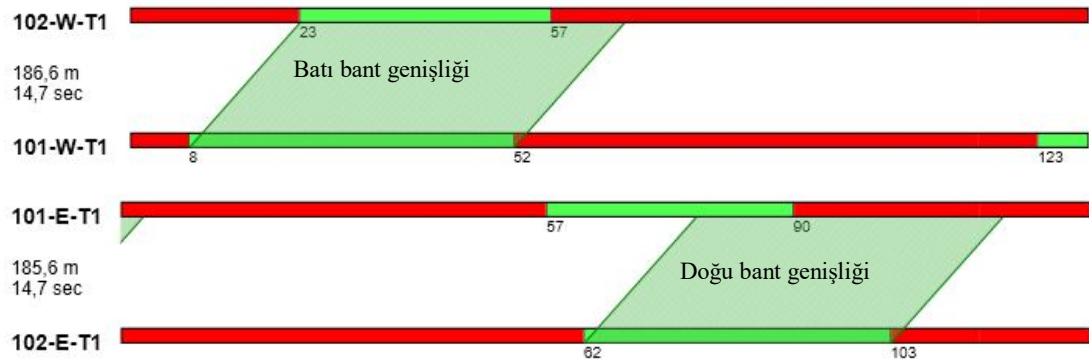


Şekil 4.4. Sinyal koordinasyonundan sonra Marmul caddesine ait birinci kavşağının sinyalizasyon faz süreleri

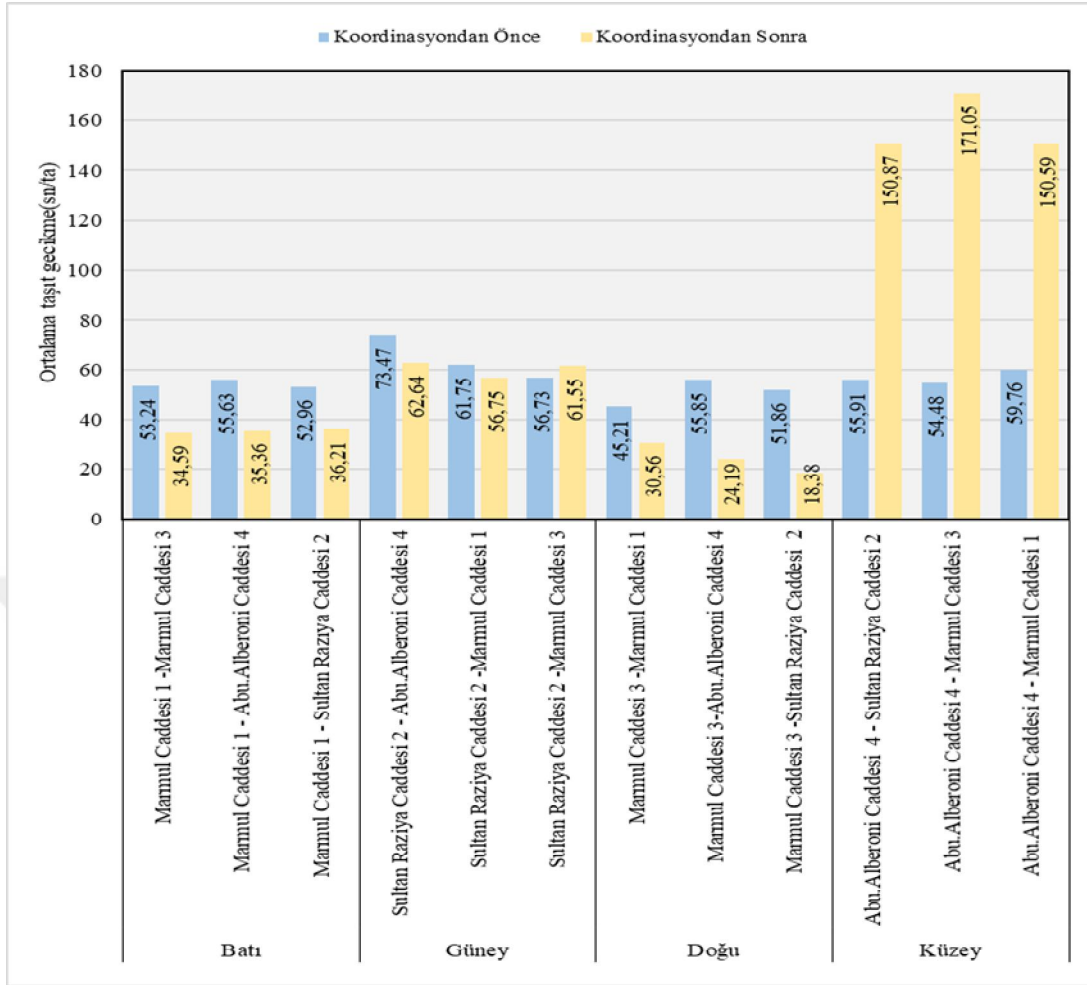


Şekil 4.5. Sinyal koordinasyonundan sonra Marmul caddesine ait ikinci kavşağının sinyalizasyon faz süreleri

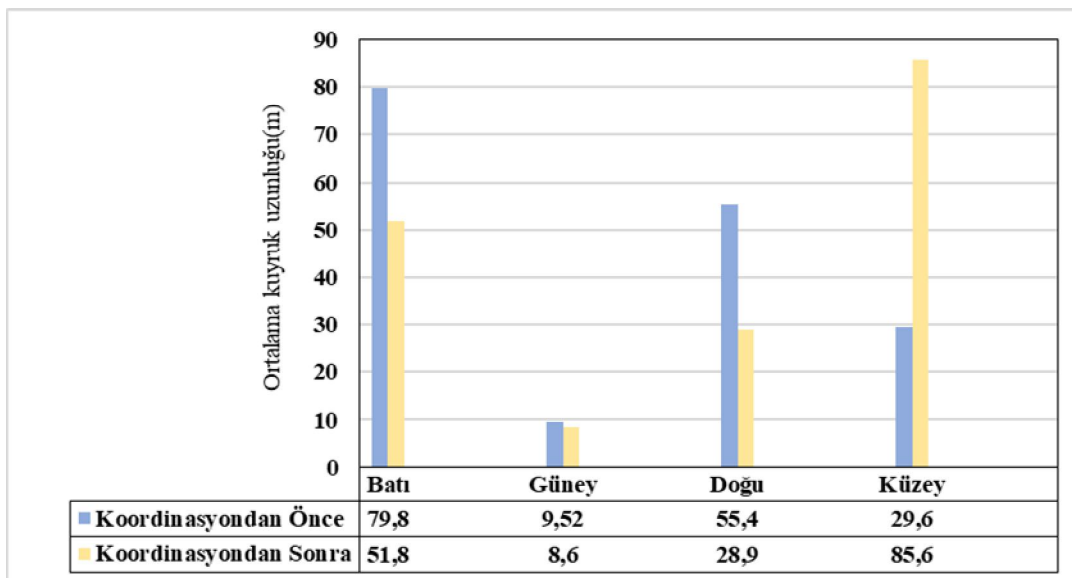
Şekil 4.6.'de ise, SIDRA Intersection yazılımından elde edilen sinyal koordinasyonunun Zaman-Mesafe diyagramı gösterilmektedir.



Şekil 4.6. Mevcut durum, Marmul caddesine ait birinci ve ikinci kavşağının sinyal koordinasyonu sonrası zamanlama planının zaman-mesafe diyagramı

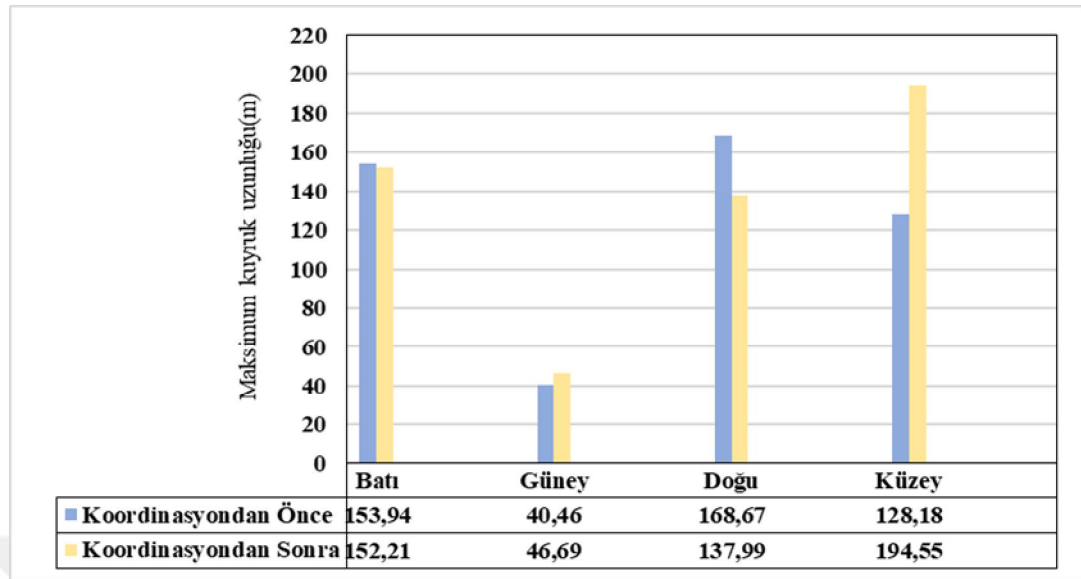


Şekil 4.7. Sinyal koordinasyonundan önce ve sonra Marmul caddesine ait birinci kavşağının akım yönlerinin dağılımlarına göre ortalama taşıt gecikme değerleri



Şekil 4.8. Sinyal koordinasyonundan önce ve sonra Marmul caddesine ait birinci kavşağının akım yönlerine göre ortalama kuyruk uzunlukları



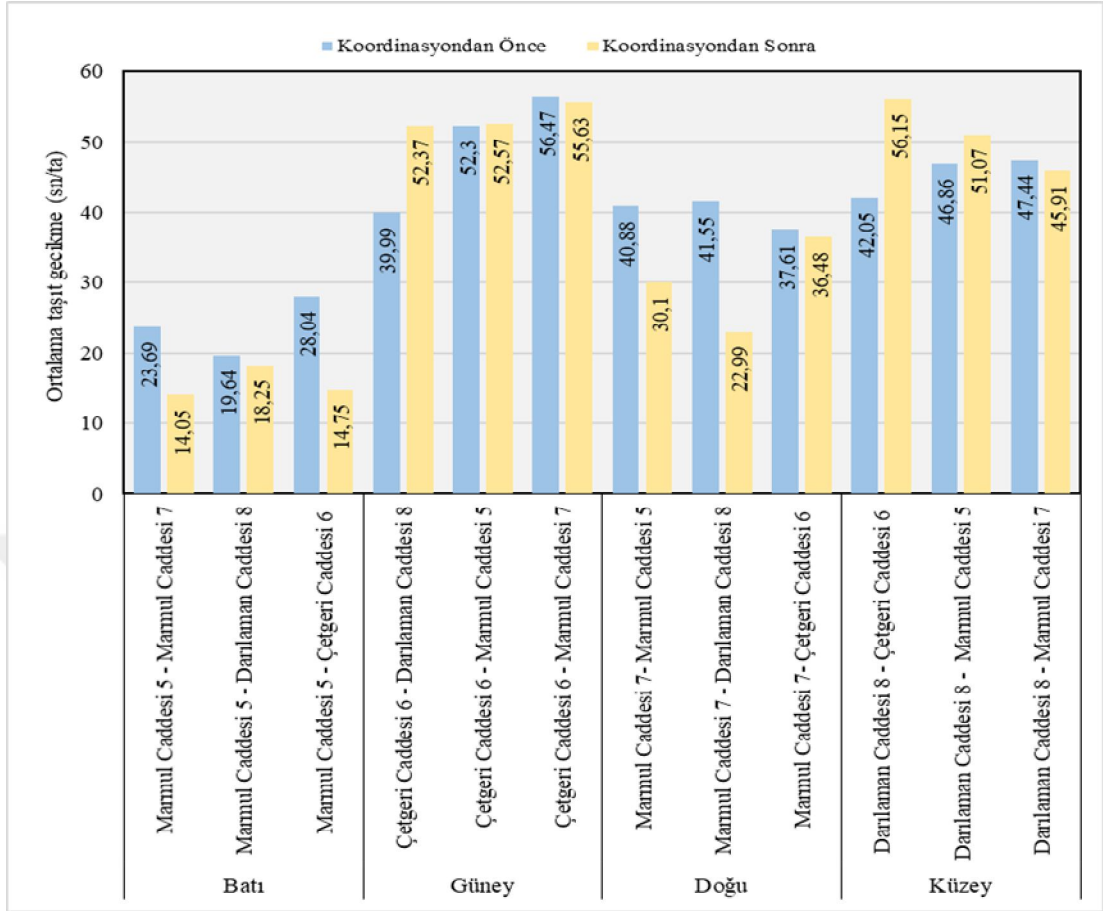


Şekil 4.9. Sinyal koordinasyonundan önce ve sonra Marmul caddesine ait birinci kavşağın akım yönlerine göre maksimum kuyruk uzunlukları

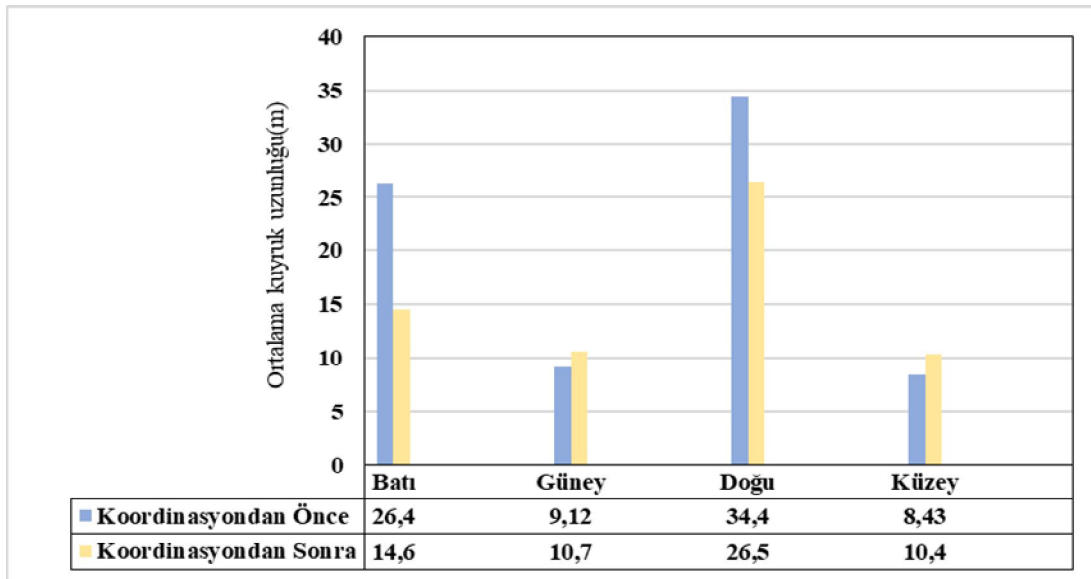
Şekil 4.7. 4.8. ve Şekil 4.9.'den dikkatle incelendiğinde sinyal koordinasyonundan sonra birinci kavşakta doğu-batı akım yönüne ait düz giden, sola ve sağa dönüş yapan araçlar için ortalama taşıt gecikmesi ile ortalama ve maksimum kuyruk uzunluklarının azaldığı görülmektedir. Güney yönüne ait düz giden, sola ve sağa dönüş yapan araçlarda ise ortalama taşıt gecikmesi ile ortalama ve maksimum kuyruk uzunluklarında değişiklik meydana gelmemiştir. Kuzey yönüne ait düz giden, sola ve sağa dönüş yapan araçlar ortalama taşıt gecikmesi, ortalama ve maksimum kuyruk uzunluğu değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Tablo 4.1.'de görüldüğü üzere, birinci kavşağın batı akım yönünün faz süresi arttırıldığı için ortalama gecikmelerde ve maksimum kuyruk uzunluklarında kısmi azalmalar söz konusu olmuştur. Güney akım yönüne ait faz süresinde değişiklik olmadığı, bu parametrelerde çok fazla bir değişiklik gerçekleşmemektedir. Kuzey akım yönünün faz süresinin 18 saniyeden 12 saniyeye düşüşü ise, taşıt ortalama gecikmesi ile ortalama ve maksimum kuyruk uzunluklarını arttırmıştır.

Tablo 4.1. Marmul caddesine ait birinci kavşağın SIDRA yazılımından elde edilen Sinyalizasyon faz ve devre Süreleri

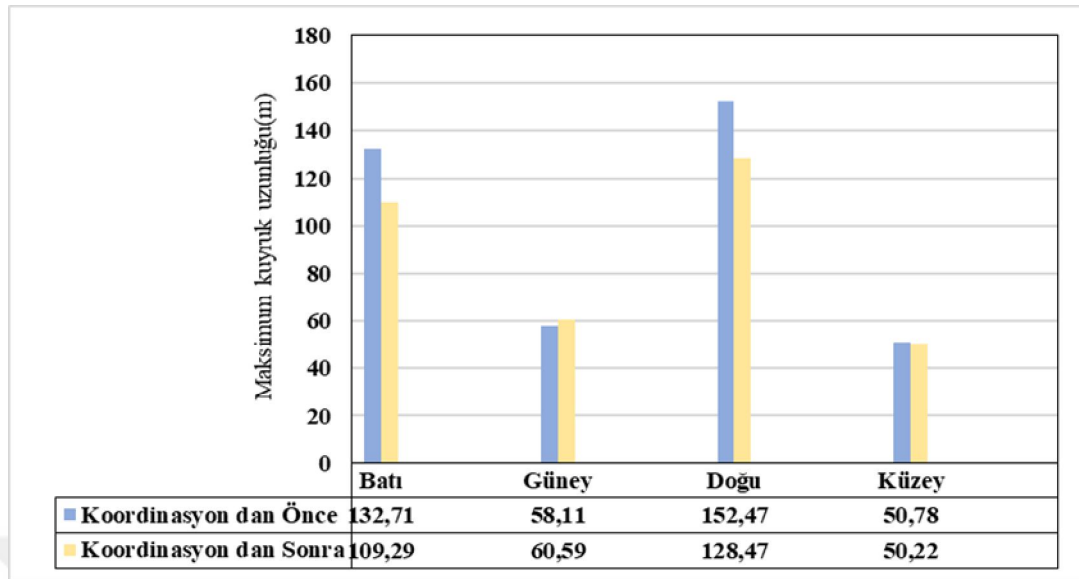
Sinyal Durum	Batı(faz2)	Güney(faz1)	Doğu(faz3)	Kuzey(faz4)	Devre süresi(sn)
Kordinasyondan önce	43	6	33	18	120
Kordinasyondan sonra	44	6	33	12	115



Şekil 4.10. Sinyal koordinasyonundan önce ve sonra Marmul caddesine ait ikinci kavşağının akım yönlerine göre ortalama taşıt gecikme değerleri



Şekil 4.11. Sinyal koordinasyonundan önce sonra marmul caddesine ait ikinci kavşağının akım yönlerine göre ortalama kuyruk uzunluk değerleri



Şekil 4.12. Sinyal koordinasyonundan önce ve sonra Marmul caddesine ait ikinci kavşağın akım yönlerine göre maksimum kuyruk uzunluk değerleri

Şekil 4.10. 4.11. ve Şekil 4.12.'den irdelendiğinde sinyal koordinasyonundan sonra ikinci kavşağın doğu-batı akım yönüne ait düz giden, sola ve sağa dönüş yapan araçlar için ortalama taşıt gecikmeleri ile ortalama ve maksimum kuyruk uzunluklarında azalma olduğu görülecektir. Güney ve kuzey akım yönlerine bakıldığında düz giden, sola ve sağa dönüş yapan araçlarda ortalama taşıt gecikmesi, ortalama ve maksimum kuyruk uzunluklarının arttığı görülmektedir. Tablo 4.2.'de görüldüğü üzere ikinci kavşağın doğu ve batı akım yönlerine ait faz sürelerinin sinyal koordinasyonu ile artırılmış olması, bu akım yönlerindeki ortalama taşıt gecikmesi, ortalama ve maksimum kuyruk uzunluğu değerlerini azaltmıştır. Güney ve kuzey akım yönlerinde de faz süre artımı sağlanmış olmakla beraber, doğu-batı yönlerindeki göreceli oransal artışın fazla olması bu yönlerdeki ortalama taşıt gecikmesi, ortalama ve maksimum kuyruk uzunluğu değerlerinin azlmasına neden olmuştur. Bununla beraber, güney akım yönüne ait sağa dönüş yapan ve kuzey akım yönüne ait sola dönüş yapan araçlarda ortalama taşıt gecikmesi artmamaktadır.

Tablo 4.2. Marmul caddesine ait ikinci kavşağın SIDRA yazılımından elde edilen sinyalizasyon faz ve devre Süreleri

Sinyal Durumu	Batı(faz2)	Güney(faz1)	Doğu(faz3)	Kuzey(faz4)	Devre süresi(sn)
Koordinasyondan önce	26	6	22	6	80
Koordinasyondan sonra	34	10	41	10	115

Aşağıda VISSIM simülasyonu ile elde edilen analiz sonuçları her bir kavşak başında ve tüm ağ için gösterilmektedir.

Tablo 4.3. Marmul caddesine mevcut duruma ait birinci ve ikinci kavşağının sinyal koordinasyonundan önce ve sonra kavşak başına elde edilen ortalama taşıt gecikmesi, taşıt türlerine göre ortalama gecikme, ortalama ve maksimum kuyruk uzunluk değerleri

Parametreler	Birinci Kavşak		İkinci Kavşak	
	Koordinasyon öncesi	Koordinasyon sonrası	Koordinasyon öncesi	Koordinasyon sonrası
Ortalama taşıt gecikme (sn)	52,78	53,85	34,35	27,7
Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	52,55	53,88	34,27	27,54
Ağır taşıt ortalama gecikmesi (sn)	66,75	37,68	41,21	42,44
Otobüs ortalama gecikmesi (sn)	104,26	116,82	-	-
Ortalama kuyruk uzunluğu (m)	43,56	43,73	19,57	15,53
Maksimum kuyruk uzunluğu (m)	168,67	194,55	152,47	128,47

Tablo 4.4. Kavşaklarda mevcut durumuna ait sinyal koordinasyonundan önce ve sonra ağ için simülasyon uygulamasının sonuçları

Parametreler	Koordinasyondan Önce	Koordinasyondan Sonra
Toplam taşıt gecikme (saat)	37,05	35,80
Otalama taşıt gecikme (sn)	71,63	69,22
Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	71,42	69,21
Ağır taşıt ortalama gecikmesi (sn)	86,67	62,82
Otobüs ortalama gecikmesi(sn)	104,43	116,98
Toplam taşıt ortalama hızı (km/sa)	16,18	16,48
Otomobil ortalama hızı (km/sa)	16,21	16,49
Ağır taşıt ortalama hızı (km/sa)	14,16	17,18
Otobüs ortalama hızı (km/sa)	10,25	9,34

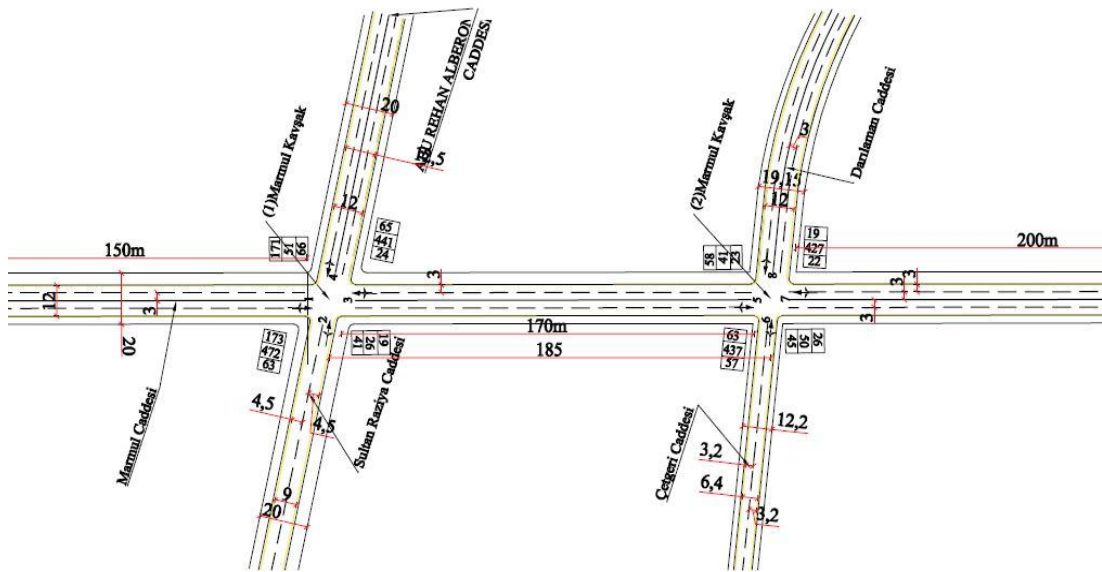
Tablo 4.3.'den dikkatle incelendiğinde, birinci kavşakta mevcut akım değerlerine göre sinyal koordinasyonundan sonra VISSIM simülasyon sonucu elde edilen toplam taşıt ortalama gecikmesi, otomobil ortalama gecikmesi, otobüs ortalama gecikmesi, ortalama ve maksimum kuyruk uzunluk değerlerinin arttığı görülecektir. Bununla beraber ağır taşıt ortalama gecikmesi ise azalmıştır. Artışların sebebi Tablo 4.1.'de görüldüğü üzere kuzey yönünün faz süresinin 18 saniyeden 12 saniyeye düşüşünün sahip olduğu etkiye bağlı olarak ifade edilebilir. Ağır taşıt ortalama gecikme değerindeki azalma ise, bu taşıt türü hareketliliğinin daha yoğun olarak doğu-batı akım yönünde olması ve bu yöndeki faz süresindeki artıştan kaynaklanmaktadır. İkinci kavşakta; tüm tip taşıt ortalama gecikmesi, otomobil ortalama gecikmesi, ve ortalama kuyruk uzunlukları değerlerinde azalma gözlemlenmiş olmakla beraber, ağır taşıt ortalama gecikmesi, ve maksimum kuyruk uzunluk değerlerinde artış söz konusu olmuştur.

#### 4.1.2. İyileştirilmiş durum

Mevcut duruma ait geometrik tasarımında iyileştirilmeler yapılmış ve mevcut trafik akım değerleri kullanılarak, geometrisi iyileştirilmiş durum VISSIM simülasyonu ile analiz edilmiştir. Tablo 4.5.'da yapılan geometrik iyileştirme verilerini, Şekil 4.13.' ise iyileştirilmiş kavşak topolojilerini göstermektedir.

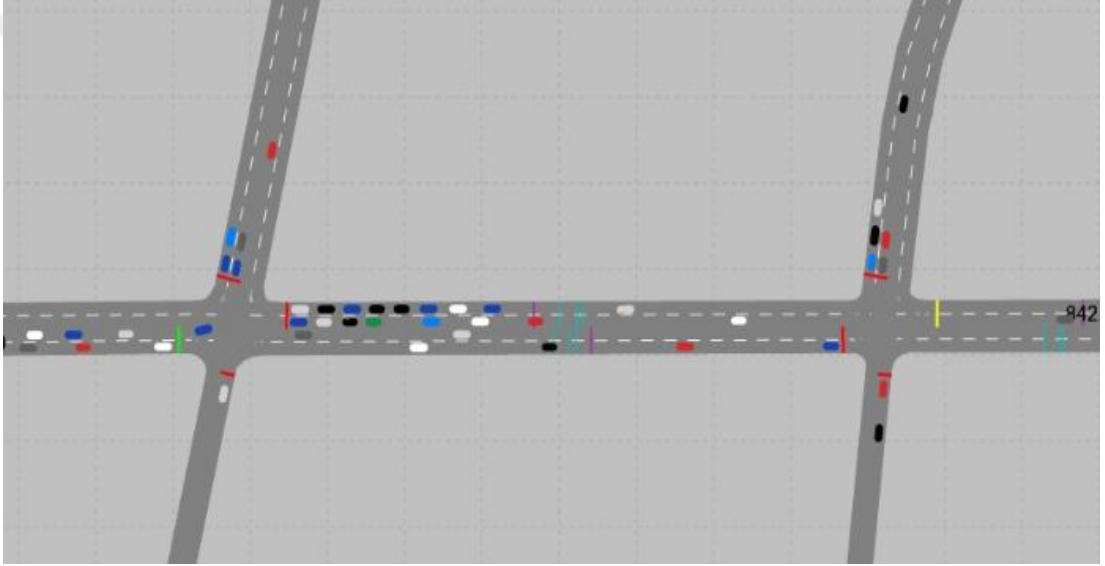
Tablo 4.5. Birinci ve ikinci kavşaklara ait iyileştirilme öncesi ve sonrası geometrik parametreleri

Kavşak No	Caddeler	Mevcut durum			İyileştirilmiş durum		
		Şerit sayısı	Şerit genişliği (m)	Drenaj	Şerit sayısı	Şerit genişliği (m)	Drenaj
1	Marmul caddesi-1	2	5,3m	Açık	4	3m	Kapalı
	Sultan raziya caddesi-2	2	4,75m	Açık	2	4,5m	Kapalı
	Marmul caddesi-3	2	5,3m	Açık	4	3m	Kapalı
	Abu.Alberoni caddesi-4	2	6,25m	Açık	4	3m	Kapalı
2	Marmul caddesi-5	2	5,3m	Açık	4	3m	Kapalı
	Çetgeri caddesi-6	2	3,2m	Açık	2	3,2m	Kapalı
	Marmul caddesi-7	2	5,1m	Açık	4	3m	Kapalı
	Darılaman caddesi-8	2	6,25m	Açık	4	3m	Kapalı

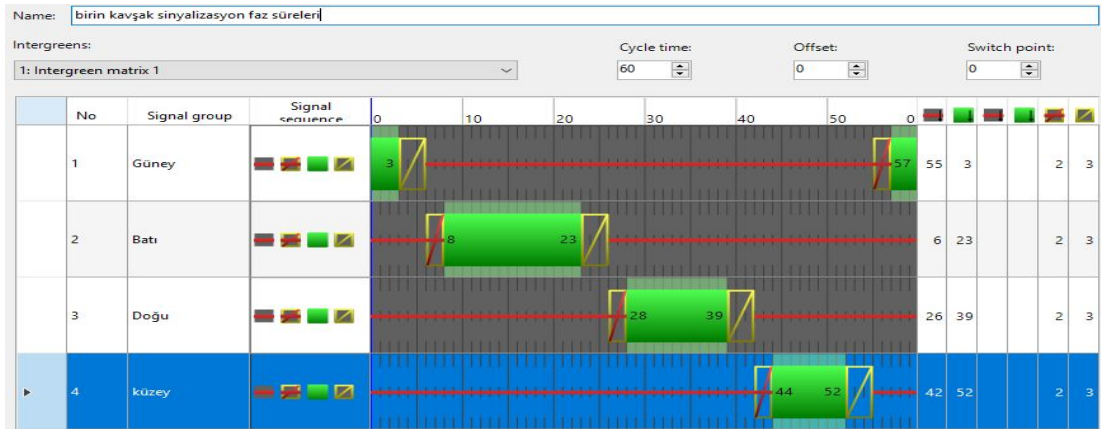


Şekil 4.13. Marmul caddesindeki birinci ve ikinci kavşakların iyileştirilmiş geometrik tasarımları

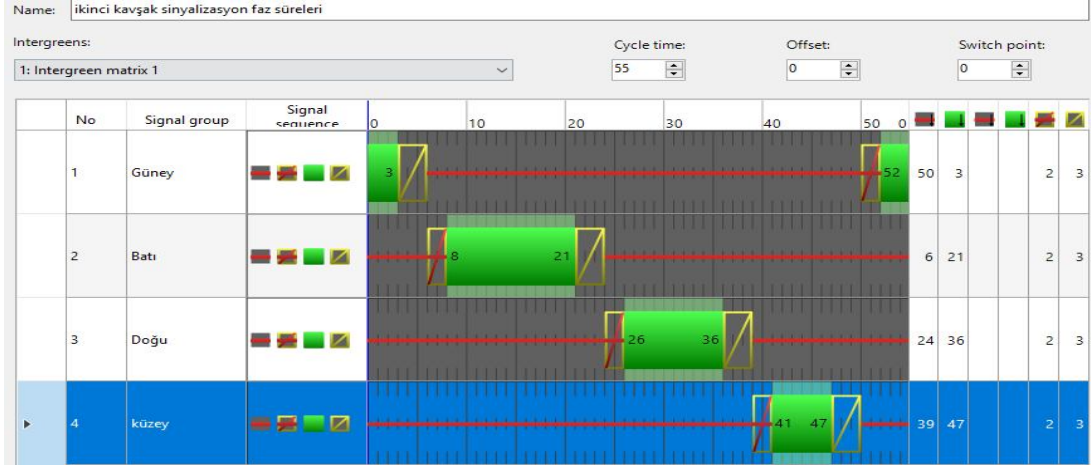
Marmul caddesine ait birinci ve ikinci kavşaklara ait caddelerin geometrik tasarımı iyileştirildikten sonra ilgili değerler ve mevcut trafik akım değerleri SIDRA yazılımına aktarılmış; devre süreleri tekil durum senaryosunda her iki kavşak için sırası ile 60 ve 55 saniye, koordinasyonlu senaryoya göre ise 55 saniye olarak elde edilmiştir. Daha sonra, geometrisi iyileştirilmiş kavşaklara ait mevcut trafik akım değerleri ile SIDRA dan elde edilen devre ve faz süreleri VISSIM'a de aktarılmıştır. Böylece, kavşaklar için sinyal koordinasyonundan önce ve sonrası senaryolarına ait VISSIM simülasyonu yapılmıştır. Analiz sonuçları aşağıda tablo ve grafik şeklinde verilmektedir.



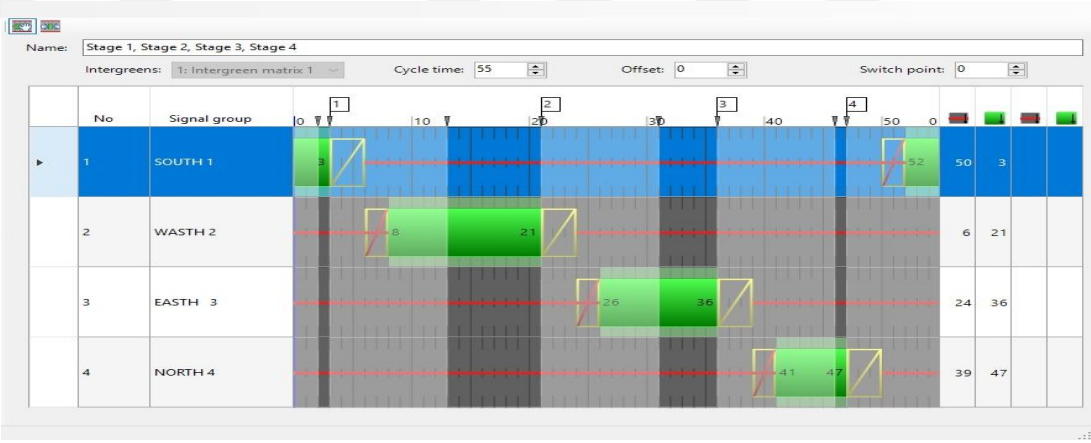
Şekil 4.14. Marmul caddesine ait geometrik tasarımı iyileştirilmiş birinci ve ikinci kavşağın VISSIM simülasyon modeli



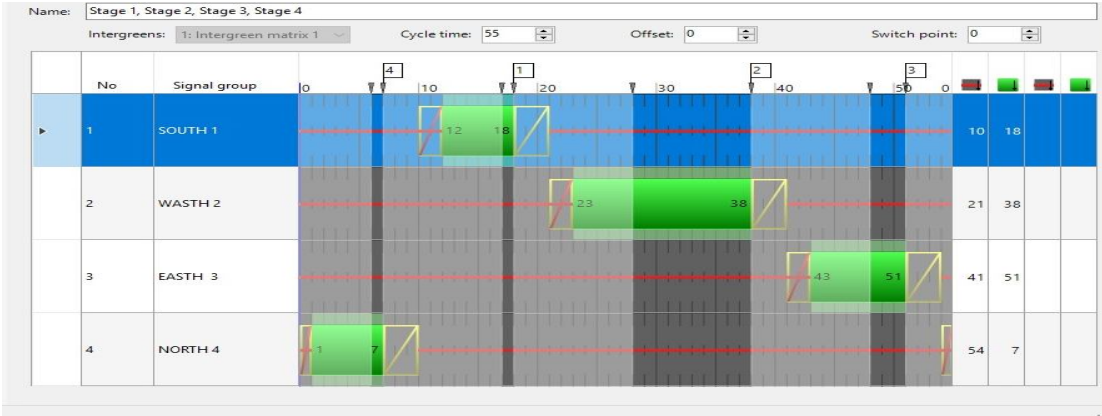
Şekil 4.15. Geometrik tasarımı iyileştirildikten sonraki Marmul caddesine ait birinci kavşağın sinyal koordinasyonundan önceki faz diyagramı ve süreleri



Şekil 4.16. Geometrik tasarımı iyileştirildikten sonraki Marmul caddesine ait ikinci kavşağın sinyal koordinasyonundan önceki faz diyagramı ve süreleri

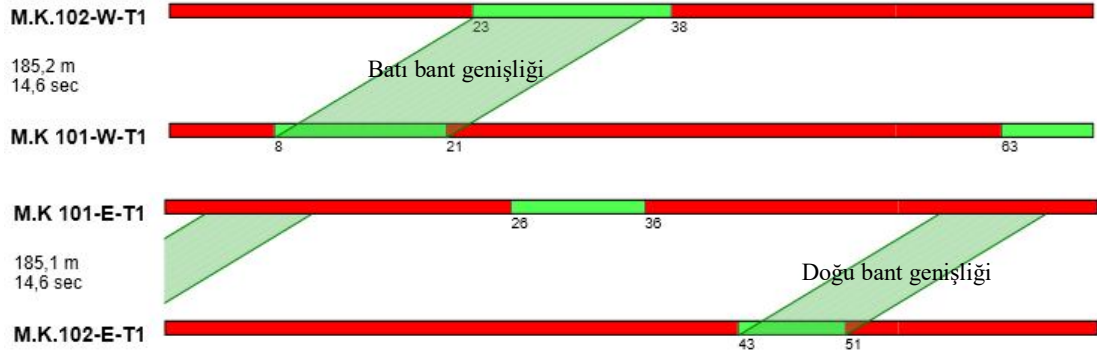


Şekil 4.17. Geometrik tasarımı iyileştirildikten sonraki Marmul caddesine ait birinci kavşağın sinyal koordinasyonundan sonraki faz diyagramı ve süreleri



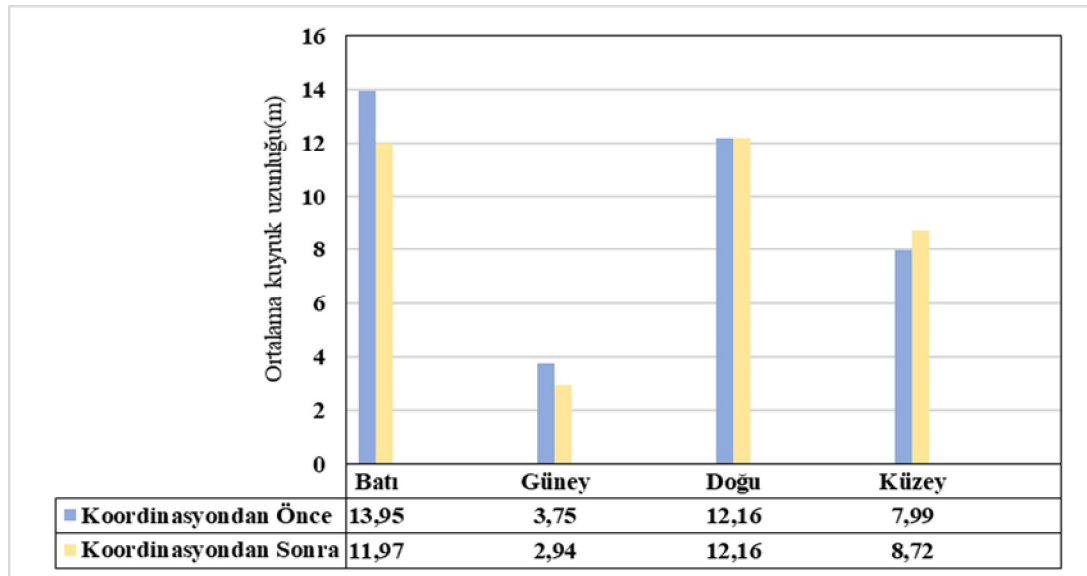
Şekil 4.18. Geometrik tasarımı iyileştirildikten sonraki Marmul caddesine ait ikinci kavşağın sinyal koordinasyonundan sonraki faz diyagramı ve süreleri

Şekil 4.19.'da sinyal koordinasyonu yapılan iki kavşak için sıdra intersection yazılımı uygulaması ile elde edilen zaman-mesafa diyagramı sunulmaktadır.



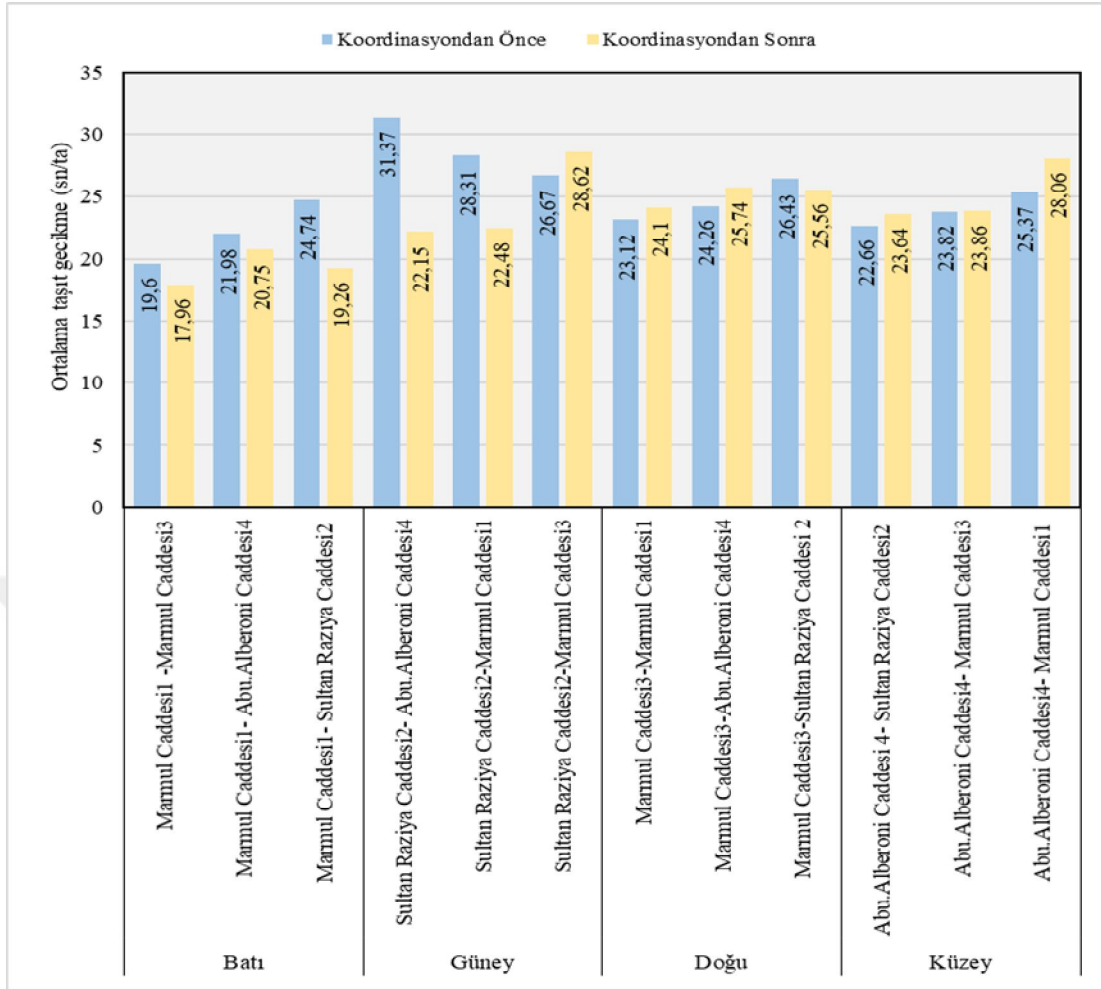
Şekil 4.19. Geometrik tasarım iyileştirilmesi yapılan marmul caddesine ait birinci ve ikinci kavşağın sinyal koordinasyonu sonrası zamanlama planının zaman-mesafe diyagramı

Yukarda görüldüğü gibi mevcut durum geometrik tasarımı iyileştirildikten sonra SIDRA Intersection programı ile elde edilen devre süreleri azalmakla beraber kapasitenin arttığı da açıkça görülmektedir. Geometrik iyileştirilmeden önce birinci kavşağın devre süresi 120, ikinci kavşağın devre süresi ise 80 saniye olarak elde edilmiştir. Geometrik tasarımı iyileştirilmeden sonra birinci kavşağın devre süresi 60 saniye ye düşerken ikinci kavşağın devre süresi de 55 saniye olarak elde edilmiştir. Elde edilen bu devre süreleri baz alınarak, iyileştirilmiş kavşaklara ait mevcut akım değerlerine göre VISSIM simülasyon modellemesi yapılmıştır. Analiz sonuçları aşağıdaki şekil ve tablolarda görülmektedir.

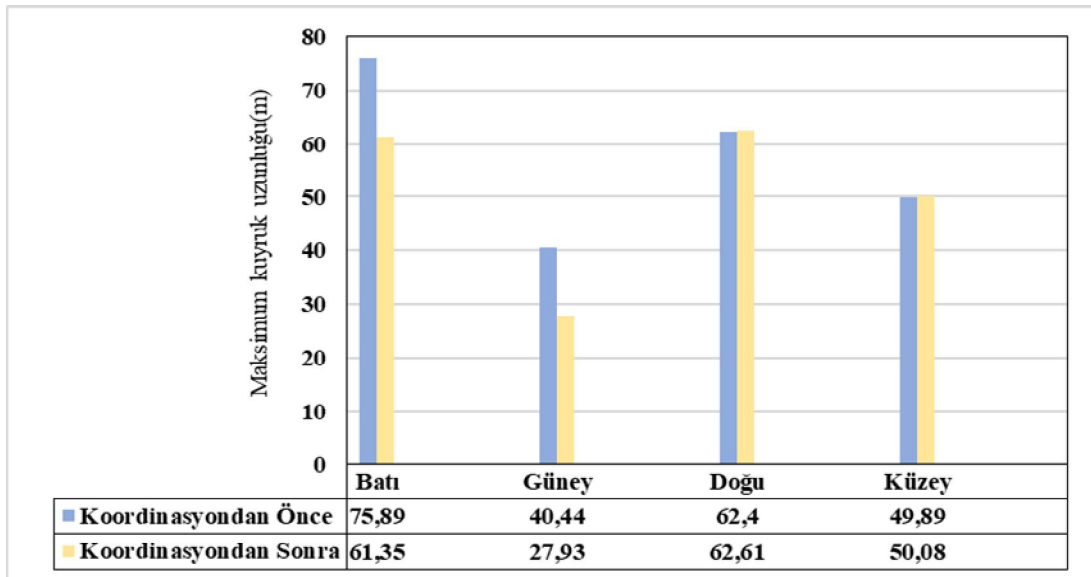


Şekil 4.20. Marmul caddesine ait geometrik iyileştirilmesi yapılmış birinci kavşağın sinyal koordinasyonundan önce ve sonra akım yönlerinin dağılımlarına göre ortalama kuyruk uzunluk değerleri





Şekil 4.21. Marmul caddesine ait geometrik iyileştirilmesi yapılmış birinci kavşağın sinyal koordinasyonundan önce ve sonra akım yönlerinin dağılımlarına göre ortalama taşıt gecikme değerleri



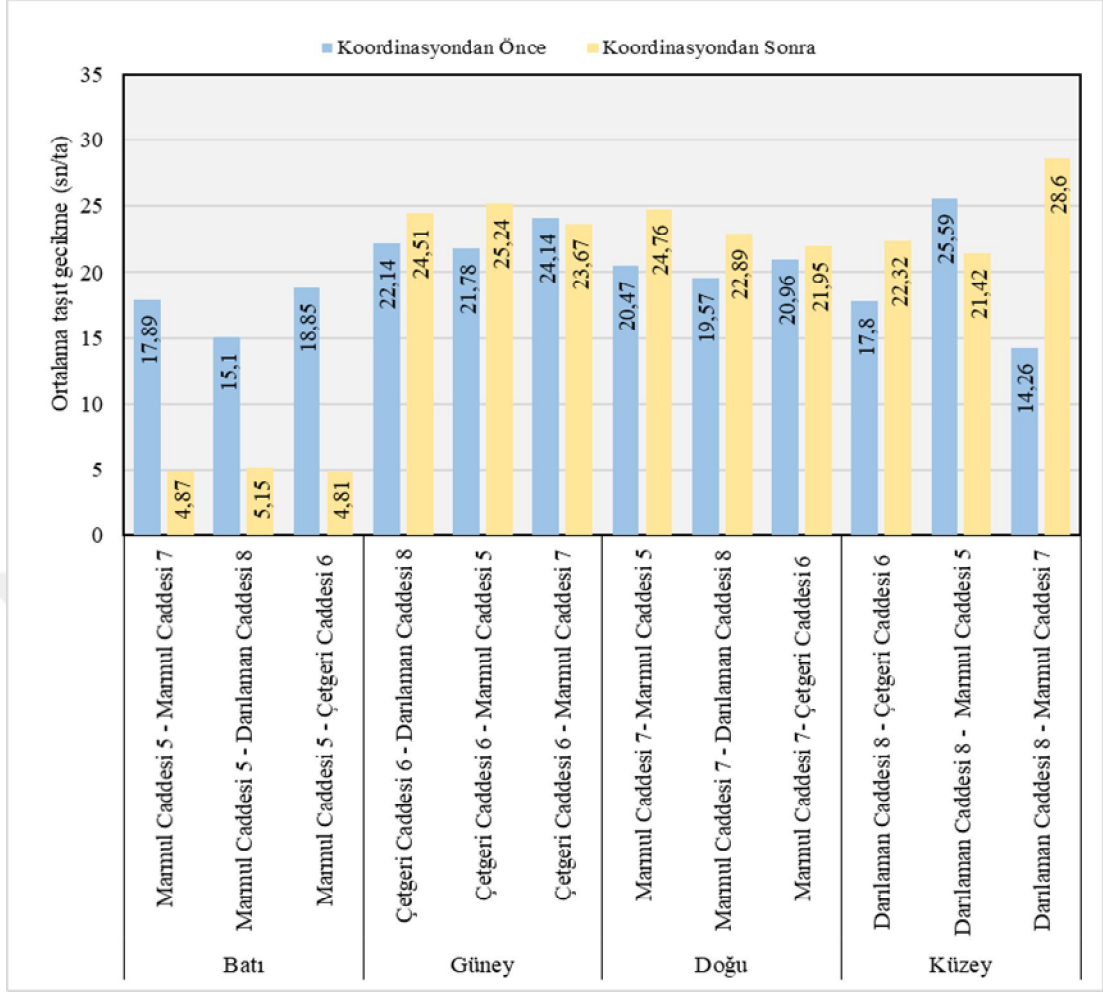
Şekil 4.22. Marmul caddesine ait geometrik iyileştirilmesi yapılmış birinci kavşağın sinyal koordinasyonundan önce ve sonra akım yönlerine göre maksimum kuyruk uzunluk değerleri

Şekil 4.20. 4.21. ve Şekil 4.22.'de görüldüğü üzere, sinyal koordinasyonundan sonra birinci kavşağın batı akım yönüne ait düz giden, sola ve sağa dönüş yapan araçları için ortalama taşıt gecikme, ortalama ve maksimum kuyruk uzunluk değerlerindeki azalmalar görülebilecektir. Doğu akım yönüne ait akım kollarında ise bu değerler artmaktadır. Batı akım yönüne benzer şekilde, güney akım yönüne ait düz giden, sola ve sağa dönüş yapan araçlarda ortalama taşıt gecikmesi, ortalama ve maksimum kuyruk uzunlukları azalmaktadır. Kuzey akım yönüne parametrelerde ise artış söz konusudur. Batı akım yönünden gelen araçlar için faz süreleri her iki kavşağın koordinasyonunu sağlayacak şekilde çalışırken, aynı koordinasyonun doğu akım yönünden gelen araçlar içinde sağlanabilmesi, çok yüksek devre sürelerinin uygulamaya konulabilmesi ile mümkün olabilmektedir. Dolayısı ile batı akım yönü için elde edilen etkin performans değerleri, doğu akım yönündeki trafik için elde edilememektedir. Güney akım yönüne ait faz süresinde önemli bir değişiklik gerçekleşmediği için bu akım yönüne ait sonuçlardaki değişim düşük bir düzeyde kalmaktadır. Bununla beraber, kuzey akım yönünün faz süresi 8 saniyeden 6 saniyeye düştüğü için bu akım yönündeki araçlar için ortalama taşıt gecikmesi ile ortalama ve maksimum kuyruk uzunluğu artmıştır. İlgili devre süreleri ve performans değerleri aşağıda sunulmuştur.

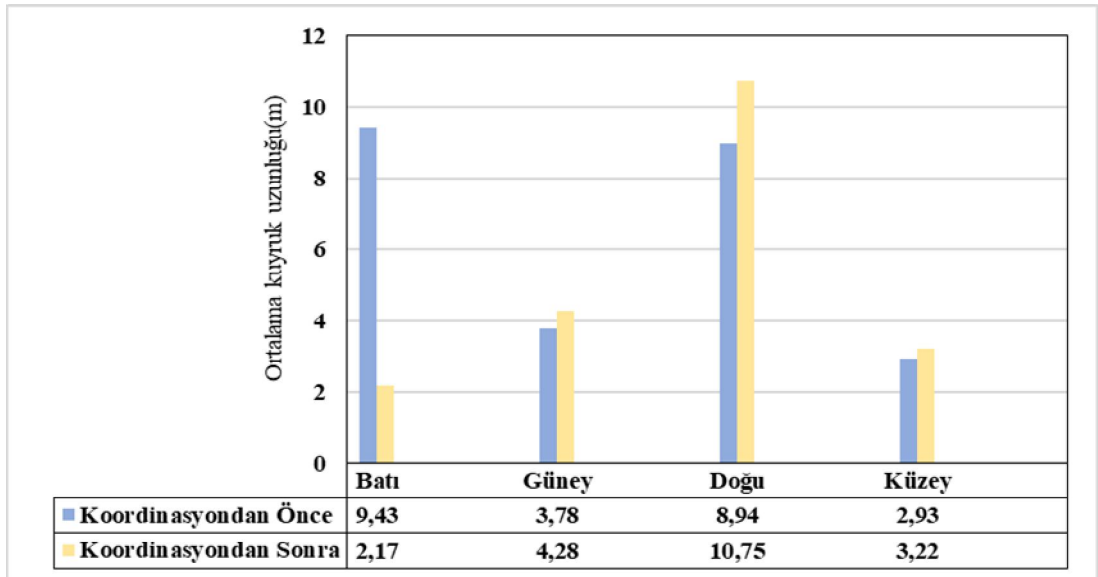
Tablo 4.6. Marmul caddesine ait geometrik iyileştirilmesi yapılan birinci kavşağının koordinasyon öncesi ve sonrasındaki akım kollarının faz ve devre süreleri

Sinyal Durum	Batı(faz2)	Güney(faz1)	Doğu(faz3)	Kuzey(faz4)	Devre süresi(sn)
Koordinasyondan önce	15	6	11	8	60
Koordinasyondan sonra	13	6	10	6	55

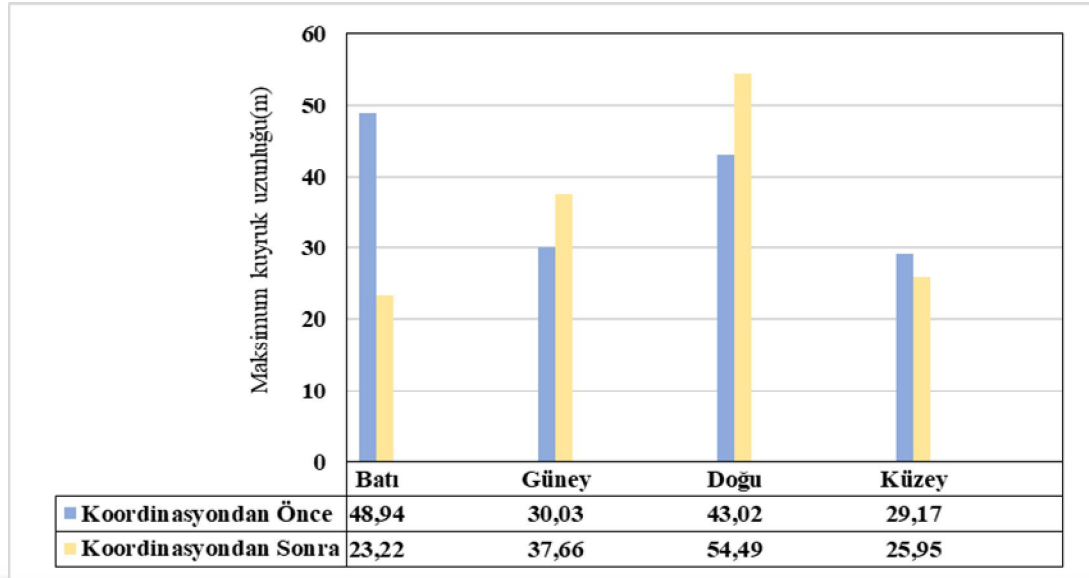
Aşağıda Şekil 4.23. 4.24. Ve Şekil 4.25.'de ikinci kavşakta simülasyon analiz sonuçları görülmektedir.



Şekil 4.23. Marmul caddesine ait geometrik iyileştirilmesi yapılmış ikinci kavşağın sinyal koordinasyonundan önce ve sonra akım yönlerinin dağılımlarına göre ortalama taşıt gecikme değerleri



Şekil 4.24. Marmul caddesine ait geometrik iyileştirilmesi yapılmış ikinci kavşağın sinyal koordinasyonundan önce ve sonra akım yönlerine göre ortalama kuyruk uzunluk değerleri



Şekil 4.25. Marmul caddesine ait geometrik iyileştirilmesi yapılmış ikinci kavşağın sinyal koordinasyonundan önce ve sonra akım yönlerine göre maksimum kuyruk uzunluk değerleri

Şekil 4.23. 4.24. ve Şekil 4.25.'den irdelendiğinde, sinyal koordinasyonundan sonra ikinci kavşağın batı akım yönüne ait düz giden, sola ve sağa dönüş yapan araçları için ortalama taşıt gecikmesi ile ortalama ve maksimum kuyruk uzunluklarının azaldığı gözlemlenirken, doğu ve güneye ait düz giden, sola ve sağa dönüş yapan araçlarda ise ortalama taşıt gecikme değerleri ile, ortalama ve maksimum kuyruk uzunluklarında artış görülmektedir. Benzer durum kuzey akım yönüne sağa dönüş yapan araçlar dışındaki akım yönleri için geçerliken, sağa dönen araçlarda ortalama taşıt gecikmesi ve maksimum kuyruk uzunlukları azalmaktadır. Doğu akım yönüne ait sinyalizasyon faz süre düşüşü, ortalama taşıt gecikmesi ile ortalama ve maksimum kuyruk uzunluk düşmesine neden olmuştur. İlgili devre süreleri ve performans değerleri aşağıda Tablo 4.7.'de gösterilmektedir.

Tablo 4.7. Marmul caddesine ait ikinci kavşağın geometrik tasarımı iyileştirildikten sonra SIDRA yazılımından elde edilen sinyalizasyon faz ve devre süreleri

Sinyal Durum	Batı(faz2)	Güney(faz1)	Doğu(faz3)	Kuzey(faz4)	Devre süresi(sn)
Koordinasyondan önce	13	6	10	6	55
Koordinasyondan sonra	15	6	8	6	55

Her bir Kavşak başında ve tüm ağ için aşağıdaki tablolarda elde edilen simülasyon analiz sonuçları sunulmaktadır.

Tablo 4.8. Marmul caddesine ait geometrik iyileştirilmesi yapılmış birinci ve ikinci kavşağının sinyal koordinasyonundan önce ve sonra kavşak başına elde edilen ortalama taşıt gecikmesi, taşıt türlerine göre ortalama gecikme, ortalama ve maksimum kuyruk uzunluk değerleri

Kavşak Sayısı	Birinci Kavşak		İkinci Kavşak	
	Parametreler	Koordinasyon öncesi	Koordinasyon Sonrası	Koordinasyon öncesi
Ortalama taşıt gecikme (sn)	22,72	22,2	19,49	15,9
Otomobil ortalama gecikmesi(sn)	22,69	22,19	19,46	15,8
Ağır taşıt ortalama gecikmesi(sn)	23,68	31,25	20,91	21,56
Otobüs ortalama gecikmesi(sn)	30,29	30,29	-	-
Ortalama kuyruk uzunluğu(m)	9,46	8,95	6,27	5,11
Maksimum kuyruk uzunluğu(m)	75,89	62,61	48,94	54,49

Tablo 4.9. Kavşaklarda geometrik iyileştirilmesi yapılmış durumuna ait sinyal koordinasyonundan önce ve sonra tüm ağ için simülasyon uygulamasının sonuçları

Parametreler	Koordinasyondan Önce	Koordinasyondan Sonra
Toplam taşıt gecikme (saat)	17,87	16,29
Ortalama taşıt gecikme (sn)	34,29	31,25
Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	34,24	31,17
Ağır taşıt ortalama gecikmesi (sn)	37,49	36,64
Otobüs ortalama gecikmesi (sn)	30,75	31,68
Toplam taşıt ortalama hızı (km/sa)	25,34	26,54
Otomobil ortalama hızı (km/sa)	25,36	26,57
Ağır taşıt ortalama hızı (km/sa)	24,51	24,81
Otobüs ortalama hızı (km/sa)	23,71	23,3

Tablo 4.8.'de analiz edildiğinde, geometrik iyileştirme ve sinyal koordinasyon sonrasında VISSIM ile yapılan değerlendirme sonuçlarına göre birinci kavşaktaki tüm akım kolları için mevcut trafik akım değerleri çerçevesinde toplamdaki ortalama taşıt gecikmesi, otomobil ortalama gecikmesi ve otobüs ortalama gecikmesi ile ortalama ve maksimum kuyruk uzunluk değerlerinin azaldığı görülmektedir. Öte yandan ağır taşıt ortalama gecikmesi ise artmıştır. Bu artışın nedeni, gerek batı gerekse de doğu akım yönlerinde ağır taşıt trafik miktarının çokluğuna rağmen her iki akım kollarına ait devre sürelerinin düşmesi ile ilgilidir.

İyileştirme sonrası VISSIM uygulaması sonuçlarına bakıldığında ikinci kavşak için araç başına ortalama toplam gecikmenin azalmasının temel nedeni, Tablo 4.7.'den görülebileceği üzere ikinci kavşağa ait ana akım kolu olan Doğu-Batı aksına ait batı akım yönünün sinyalizasyon faz süresinin koordinasyon sonrası 13 saniyeden 15 saniyeye çıkmasıdır. Koordinasyon sonrası benzer azalmalar, ortalama ve maksimum

kuyruk uzunluklarında gözlemlenmiştir. Yapılan koordinasyon ile bazı akım kollarına ait faz süreleri artarken, bazılarında azalma söz konusu olmuştur. Bu duruma bağlı olarak bazı kavşaklardaki araç başına gerçekleşen ortalama gecikme ve kuyruklanma değerleri artarken, bazılarında ise azalma gerçekleşmiştir.

## 4.2. Senaryo Uygulamaları

Bu çalışmada, 40 farklı trafik akım senaryosu dikkate alınmıştır. Yapılan analizde Marmul caddesine ait geometrik iyileştirilmesi yapılmış birinci ve ikinci kavşağı esas alarak, sinyal koordinasyonundan önce ve sonra 40 farklı senaryonun faz ve devre süreleri SIDRA yardımıyla elde edilmiştir. Her kavşakta mevcut trafik akım değerleri kümülatif olarak arttırılmıştır. Bir diğer ifade ile, her kavşakta yaklaşım kollarının hizmet düzeyi A den F'ye getirilerek elde edilen faz ve devre süreleri VISSIM'e aktarılarak simülasyon analizleri yapılmıştır. Sinyal koordinasyonun gerek tekil kavşak gerekse de tüm şebeke bazlı etkisinin görülebilmesi için koordinasyondan önce ve sonraki analiz sonuçları sunulmuştur.

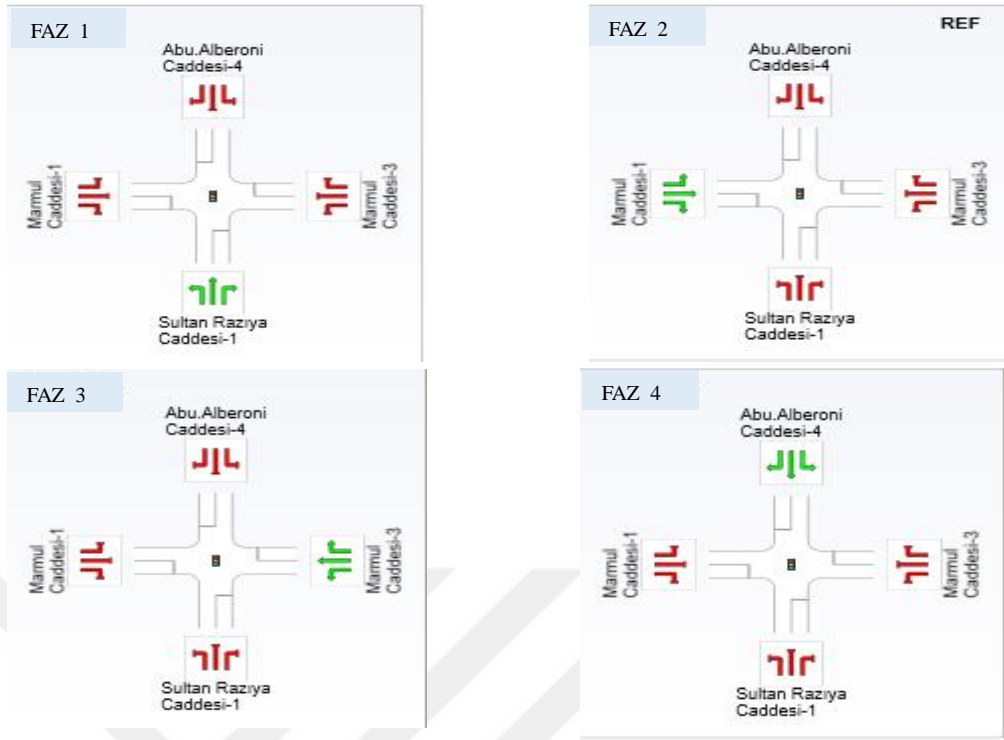
### 4.2.1. Simülasyon analizleri

Uygulanan senaryoların analiz aşamasında, 40 farklı trafik senaryosu tüm ağ için sinyal koordinasyonundan önce ve sonra dikkate alınmıştır. Bu senaryolara ait kavşak yaklaşım kolların akım değerleri ile ilgili artırım oranları Tablo 4.10.'da gösterilmektedir. Yapılan çalışmanın kapsamında senaryolara göre trafik akım değerleri SIDRA programına girilerek, sinyal koordinasyonundan önce ve sonra birinci ve ikinci kavşak için ayrı ayrı elde edilen sinyalizasyon faz ve devre süreleri, Tablo 4.11. ve 4.12.'da sunulmuştur. Daha sonra belirtilen farklı trafik senaryoları çerçevesinde VISSIM simülasyon modellenmesi yapılmıştır. Bu sayede, birinci ve ikinci kavşağa ait ortalama taşıt gecikmesi, otomobil ortalama gecikmesi, ortalama ve maksimum kuyruk uzunluğu, tüm ağa ait ortalama taşıt gecikmesi ve hızı ile otomobil ortalama gecikmesi ve hızı elde edilmiştir. Her kavşağın akım yönlerine ait gecikme ve kuyruklanma analiz sonuçları da ayrıca, Ek C.'de sunulmuştur.

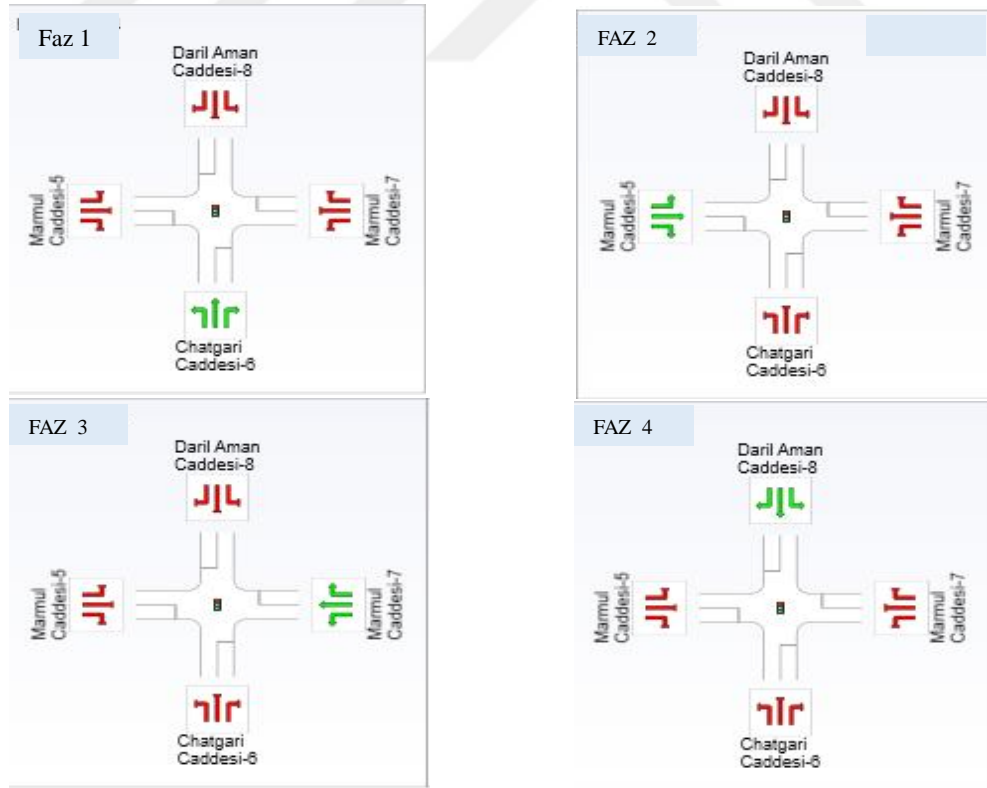
Tablo 4.10. Farklı trafik senaryolarına ait kavşaklarda yaklaşım kollarının artırılmış oranları

Kavşak No	Birinci kavşağın yönlerinin artırılmış oranları				İkinci kavşağın yönlerinin artırılmış oranları				
	Senaryo No	Batı	Güney	Doğu	Kuzey	Batı	Güney	Doğu	Kuzey
1	Değişim yok	Değişim yok	Değişim yok	Değişim yok	Değişim yok	Değişim yok	Değişim yok	Değişim yok	Değişim yok
2	%0	%0	%5	%0	%0	%5	%5	%5	%5
3	%5	%5	%0	%5	%5	%0	%0	%0	%0
4	%5	%5	%5	%5	%5	%5	%5	%5	%5
5	%5	%5	%10	%5	%5	%10	%10	%10	%10
6	%10	%10	%5	%10	%10	%5	%5	%5	%5
7	%10	%10	%10	%10	%10	%10	%10	%10	%10
8	%10	%10	%20	%10	%10	%20	%20	%20	%20
9	%20	%20	%10	%20	%20	%10	%10	%10	%10
10	%20	%20	%20	%20	%20	%20	%20	%20	%20
11	%20	%20	%30	%20	%20	%30	%30	%30	%30
12	%30	%30	%20	%30	%30	%20	%20	%20	%20
13	%30	%30	%30	%30	%30	%30	%30	%30	%30
14	%30	%30	%40	%30	%30	%40	%40	%40	%40
15	%40	%40	%30	%40	%40	%30	%30	%30	%30
16	%40	%40	%40	%40	%40	%40	%40	%40	%40
17	%40	%40	%50	%40	%40	%50	%50	%50	%50
18	%50	%50	%40	%50	%50	%40	%40	%40	%40
19	%50	%50	%50	%50	%50	%50	%50	%50	%50
20	%50	%50	%60	%50	%50	%60	%60	%60	%60
21	%60	%60	%50	%60	%60	%50	%50	%50	%50
22	%60	%60	%60	%60	%60	%60	%60	%60	%60
23	%60	%60	%70	%60	%60	%70	%70	%70	%70
24	%70	%70	%60	%70	%70	%60	%60	%60	%60
25	%70	%70	%70	%70	%70	%70	%70	%70	%70
26	%70	%70	%80	%70	%70	%80	%80	%80	%80
27	%80	%80	%70	%80	%80	%70	%70	%70	%70
28	%80	%80	%80	%80	%80	%80	%80	%80	%80
29	%80	%80	%90	%80	%80	%90	%90	%90	%90
30	%90	%90	%80	%90	%90	%80	%80	%80	%80
31	%90	%90	%90	%90	%90	%90	%90	%90	%90
32	%90	%90	%100	%90	%90	%100	%100	%100	%100
33	%100	%100	%90	%100	%100	%90	%90	%90	%90
34	%100	%100	%100	%100	%100	%100	%100	%100	%100
35	%100	%100	%120	%100	%100	%120	%120	%120	%120
36	%120	%120	%100	%120	%120	%100	%100	%100	%100
37	%120	%120	%120	%120	%120	%120	%120	%120	%120
38	%120	%120	%140	%120	%120	%140	%140	%140	%140
39	%140	%140	%120	%140	%140	%120	%120	%120	%120
40	%140	%140	%140	%140	%140	%140	%140	%140	%140

Tablo 4.10.'de oluşturulan 40 farklı adet trafik akım senaryosu için hacim değişimi EK .B.'de sunulmuştur. Şekil 4.26. ve Şekil 4.27.'de ise geometrik iyileştirilmesi yapılmış birinci ve ikinci kavşağın dört fazlı yönetilmesi durumunda uygulanacak olan sinyalizasyon faz ve faz sıra planı verilmektedir.



Şekil 4.26. Geometrik tasarımı iyileştirildikten sonraki Marmul caddesine ait birinci kavşağın dört fazlı yönetilmesi durumunda uygulanacak olan faz ve faz sıra planı



Şekil 4.27. Geometrik tasarımı iyileştirildikten sonraki Marmul caddesine ait ikinci kavşağın dört fazlı yönetilmesi durumunda uygulanacak olan faz ve faz sıra planı



#### 4.2.1.1. Sinyal koordinasyonu öncesi VISSIM analizleri

Bu bölümde sinyal koordinasyonundan önce ki 40 farklı senaryolara ait VISSIM de yapılan analizler irdelenmiştir. Tablo 4.11.'da her bir senaryo için SIDRA Intersection programı ile elde edilen optimum devre süreleri ve her bir faza ait yeşil süreler verilmektedir. Tablo 4.11.'de görüldüğü üzere devre süresi 120 sn olarak sınırlandırılmıştır. Kavşaklarda hesaplanan devre sürelerinin 120 sn'yi aşması durumunda, SIDRA Intersection programı ilgili senaryo için devre sürelerini bu maksimum devre süresi, 120 sn, olarak almıştır.

Tablo 4.11. Marmul caddesine ait birinci ve ikinci kavşakta koordinasyondan önce 40 farklı senaryo'ya göre SIDRA ile elde edilen sinyalizasyon faz ve devre süreleri

Kavşak	Birinci kavşağın devre süreleri ve akım yönlerine ait yeşil süreleri					İkinci kavşağın devre süreleri ve akım yönlerine ait yeşil süreleri				
	Senaryo No	Batı (Faz2)	Güney (Faz1)	Doğu (Faz3)	Kuzey (Faz4)	Devre Süresi(sn)	Batı (Faz2)	Güney (Faz1)	Doğu (Faz3)	Kuzey (Faz4)
1	15	6	11	8	60	13	6	10	6	55
2	13	6	10	6	55	12	6	11	6	55
3	15	6	11	8	60	13	6	10	6	55
4	17	6	13	9	65	13	6	10	6	55
5	15	6	12	7	60	12	6	11	6	55
6	17	6	13	9	65	13	6	10	6	55
7	17	6	13	9	65	13	6	10	6	55
8	17	6	14	8	65	12	6	11	6	55
9	20	6	14	10	70	16	6	12	6	60
10	22	6	16	11	75	15	7	12	6	60
11	20	6	15	9	70	14	7	13	6	60
12	25	6	17	12	80	16	6	12	6	60
13	24	6	18	12	80	15	7	12	6	60
14	25	6	21	13	85	16	8	15	6	65
15	27	6	19	13	85	18	7	14	6	65
16	26	6	20	13	85	22	9	18	6	75
17	29	7	24	15	95	19	9	16	6	70
18	29	7	20	14	90	20	8	16	6	70
19	34	8	26	17	105	21	10	18	6	75
20	33	8	27	17	105	21	10	18	6	75
21	39	9	27	20	115	25	10	19	6	80
22	38	9	29	19	115	24	10	20	6	80
23	39	9	32	20	120	23	11	20	6	80
24	39	9	27	20	115	25	10	19	6	80
25	40	10	30	20	120	24	10	20	6	80
26	40	9	31	20	120	27	12	24	7	90
27	40	10	29	21	120	25	10	19	6	80
28	40	10	30	20	120	28	12	23	7	90
29	40	9	31	20	120	31	14	27	8	100
30	40	10	29	21	120	31	13	24	7	95

Tablo 4.11. (Devamı)

Kavşak	Birinci kavşağın devre süreleri ve akım yönlerine ait yeşil süreleri					İkinci kavşağın devre süreleri ve akım yönlerine ait yeşil süreleri				
	Batı (Faz2)	Güney (Faz1)	Doğu (Faz3)	Kuzey (Faz4)	Devre Süresi(sn)	Batı (Faz2)	Güney (Faz1)	Doğu (Faz3)	Kuzey (Faz4)	Devre Süresi(sn)
31	40	10	30	20	120	32	14	26	8	100
32	40	9	31	20	120	35	16	30	9	110
33	41	10	29	20	120	36	14	27	8	105
34	40	10	30	20	120	40	17	33	10	120
35	39	9	32	20	120	38	18	34	10	120
36	39	9	32	20	120	38	18	34	10	120
37	40	10	30	20	120	40	17	33	10	120
38	39	9	32	20	120	38	18	34	10	120
39	41	10	28	21	120	41	17	32	10	120
40	40	10	30	20	120	40	17	33	10	120

Sarı Süre: 2 sn, Ortak Kırmızı Süre: 3 sn, (Her faz geçişinde) yukarıda belirtilen fazlara ait yeşil süreler dahildir.

SIDRA Intersection programı vasıtası ile elde edilen Tablo 4.11.'deki süreler, her bir senaryo için VISSIM trafik simülasyon programına aktarılarak analiz çalışmaları yapılmıştır.

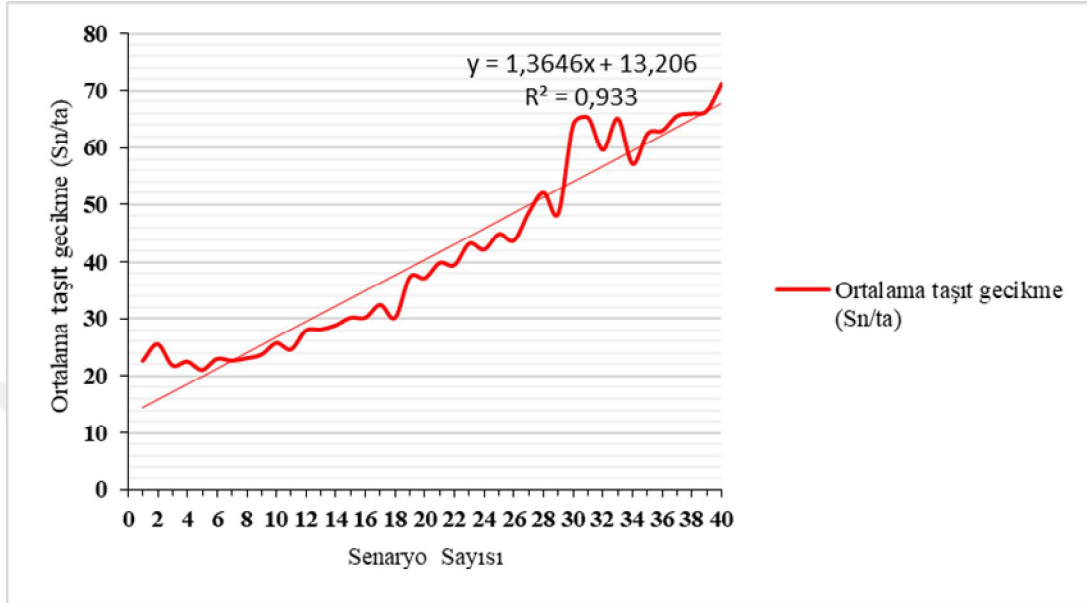
Tablo 4.10. ve Tablo 4.11.'de görüldüğü üzere, birinci kavşağın batı, güney ve kuzey yönlerinin trafik hacminin sabit tutulup doğu akım yönüne ait trafik hacminin ise artırılması durumunda kavşağın devre süreleri artmamaktadır. Bununla beraber, birinci kavşağın batı, güney ve kuzey yönlerinin trafik hacimlerinin arttığı, doğu akım yönündeki trafik hacminin sabit tutulması durumunda sinyalizasyon devre süreleri artmaktadır. Benzer şekilde, ikinci kavşağın güney, doğu ve kuzey yönlerine ait trafik hacimleri artırılıp batı yönünün trafik hacmi sabit tutulursa, sinyalizasyon devre süreleri artmaktadır. İkinci kavşağın batı yönünün trafik hacmi artırılıp diğer akım yönlerine ait trafik akım değerlerinin sabit tutulması durumunda, bu kavşağın devre sürelerinde değişiklik gözlemlenmemektedir. Birinci ve ikinci kavşağın tüm yaklaşım kollarının trafik akım değerleri beraber arttırıldığında, kavşak devre sürelerinde artma meydana gelmektedir. Sinyalizasyon faz ve devre sürelerine bağlı olarak gerçekleşen kavşaklardaki trafik hacim değişikliklerine göre, her bir senaryo için ortalama taşıt gecikme değerleri de değişmektedir. Bu ilişki aşağıdaki şekillerde görülmektedir.

Oluşturulan 40 farklı senaryo'ya göre birinci kavşak için koordinasyon öncesi elde edilen analiz sonuçları Tablo 4.12.'de detaylı olarak verilmektedir.

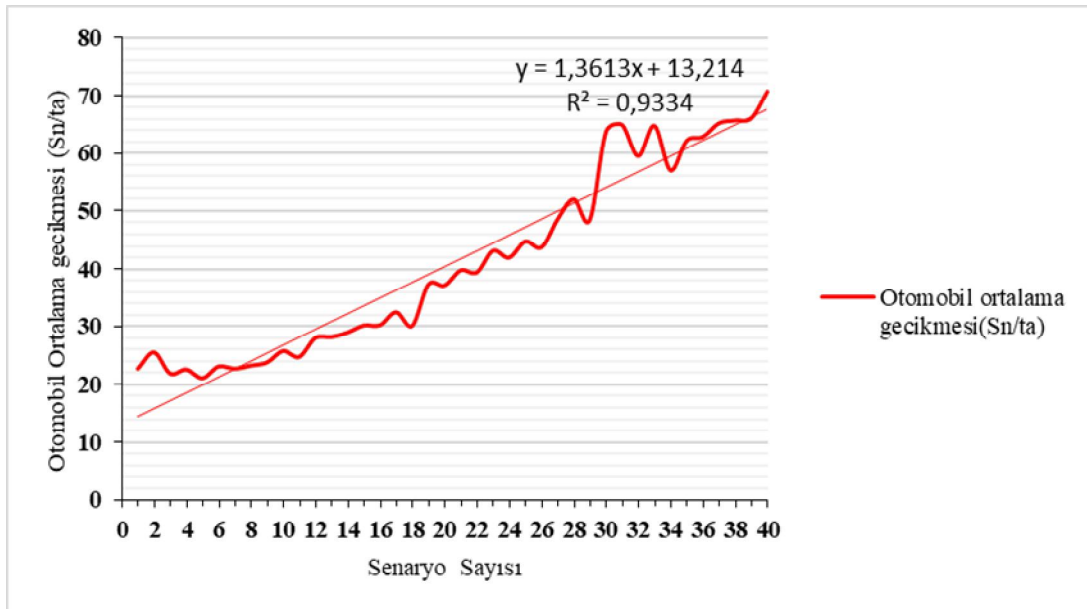
Tablo 4.12. Marmul caddesine ait geometrik iyileştirilmesi yapılmış birinci kavşak için sinyal koordinasyonundan önce 40 farklı senaryo'ya ait analiz sonuçları

Senaryo Sayısı	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	Ortalama kuyruk uzunluğu(m)	Maksimum kuyruk uzunluğu(m)
1	22,72	22,69	9,46	75,89
2	25,57	25,49	10,57	77,38
3	21,93	21,87	9,27	80,85
4	22,57	22,54	9,75	76,63
5	21,15	21,07	9,22	80,8
6	23,04	23,07	10,3	79,83
7	22,74	22,7	10,36	87,12
8	23,16	23,23	10,89	81,41
9	23,78	23,77	11,56	80,93
10	25,74	25,72	13,14	94,72
11	24,69	24,72	12,62	106,53
12	27,96	27,97	15,3	94,54
13	28,13	28,13	15,73	105,65
14	28,86	28,92	16,48	104,23
15	30,19	30,14	17,82	119,85
16	30,21	30,19	18,14	118,46
17	32,45	32,45	20,35	116,74
18	30,19	30,08	19,55	126,73
19	37,36	37,28	24,92	150,15
20	37,15	37,12	25,62	167,68
21	39,86	39,77	28,17	150,51
22	39,49	39,4	29,07	167,13
23	43,26	43,2	32,66	167,62
24	42,21	42	31,93	166,8
25	44,9	44,8	35,58	167,78
26	43,79	43,8	35,22	172,03
27	48,6	48,58	39,94	167,78
28	52,05	52,02	44,09	168,51
29	48,51	48,49	41,74	172,62
30	63,97	63,8	54,13	172,42
31	65,16	65,03	56,68	173,06
32	59,6	59,58	53,23	169,72
33	65	64,86	59,07	173,08
34	57,14	57,09	51,43	172,29
35	62,4	62,24	57,46	173,2
36	62,93	62,93	57,92	172,97
37	65,45	65,31	62,99	173,09
38	65,85	65,78	64,4	173,16
39	66,34	66,19	67,57	177,05
40	71,11	70,82	71,9	192,19

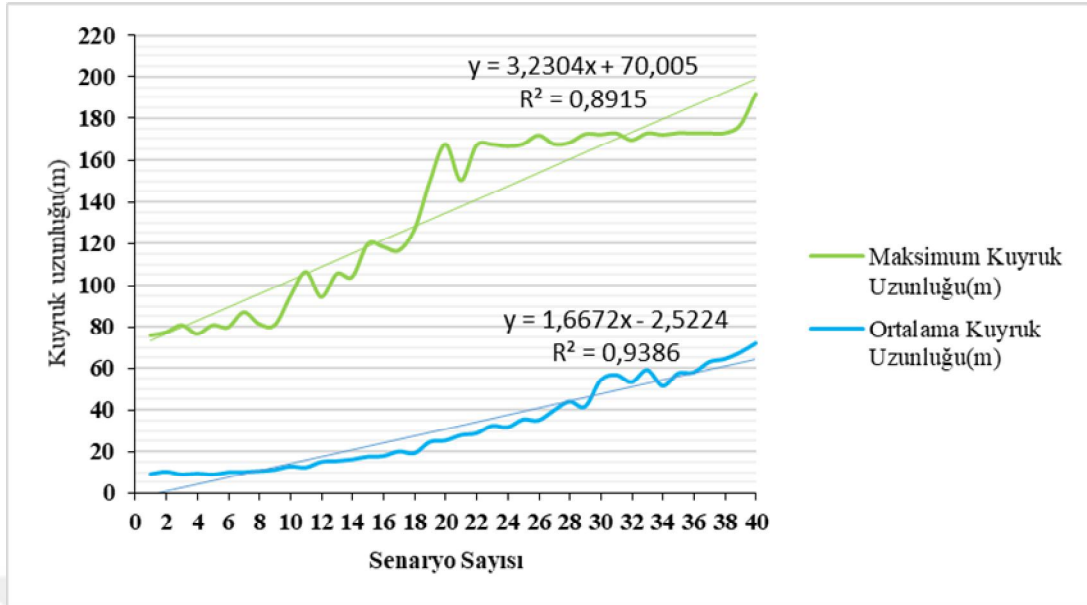
Şekil 4.28. 4.29. ve Şekil 4.30.'da, oluşturulan 40 farklı senaryo'ya göre birinci kavşak için elde edilen analiz sonuçları grafiksel olarak gösterilmektedir.



Şekil 4.28. Sinyal koordinasyonu öncesi birinci kavşak için 40 farklı senaryo'ya göre elde edilen ortalama taşıt gecikmeleri



Şekil 4.29. Sinyal koordinasyonu öncesi birinci kavşak için 40 farklı senaryo'ya göre elde edilen otomobil ortalama taşıt gecikmeleri



Şekil 4.30. Sinyal koordinasyonu öncesi birinci kavşak için 40 farklı senaryo'ya göre elde edilen ortalama ve maksimum kuyruk uzunluk değerleri

Sinyal koordinasyonu öncesi için analizi yapılan iki kavşakta herhangi bir akım yönünde yer alan taşıt miktarları, kavşaklarda hizmet düzeyi F olana kadar, yani sık sık kısa veya uzun süreli duraklamaların ve zorlamalı akışın görüldüğü zamana kadar kümülatif olarak Tablo 4.10.'de belirtildiği gibi arttırılmıştır. Bu trafik akım değerleri 1 saatlik simülasyona tabi tutularak ortalama taşıt gecikmesi, otomobil ortalama gecikmesi ve kuyruk uzunluk değerleri gözlemlenmiştir. Kavşaklara ait tüm yaklaşım kollarının mevcut trafik akım miktarları %100 oranında artırıldığında, senaryo 34, bazı akım yönlerinde söz konusu hizmet düzeyi F seviyesine,  $v/c=1$  ve üzeri, ulaşmaktadır. Dolayısı ile kavşakların bazı akım yönlerinin hacim/kapasite ( $v/c$ ) oranı 1 değerine eşit veya fazla olmaktadır. Dolayısı ile simülasyon sırasında kavşakların bazı yaklaşım kollarının hacim/kapsite ( $v/c$ ) oranlarının bir den fazla olduğu durumlarda, kavşakların bazı taşıtları ilgili yeşil sürelerde geçirmediği gözlemlenmiştir. Ancak kavşakların hacim/kapasite ( $v/c$ ) oranlarının 1'in altında olması durumunda, kavşaklar yeterli düzeyde hizmet sunabilmektedirler.

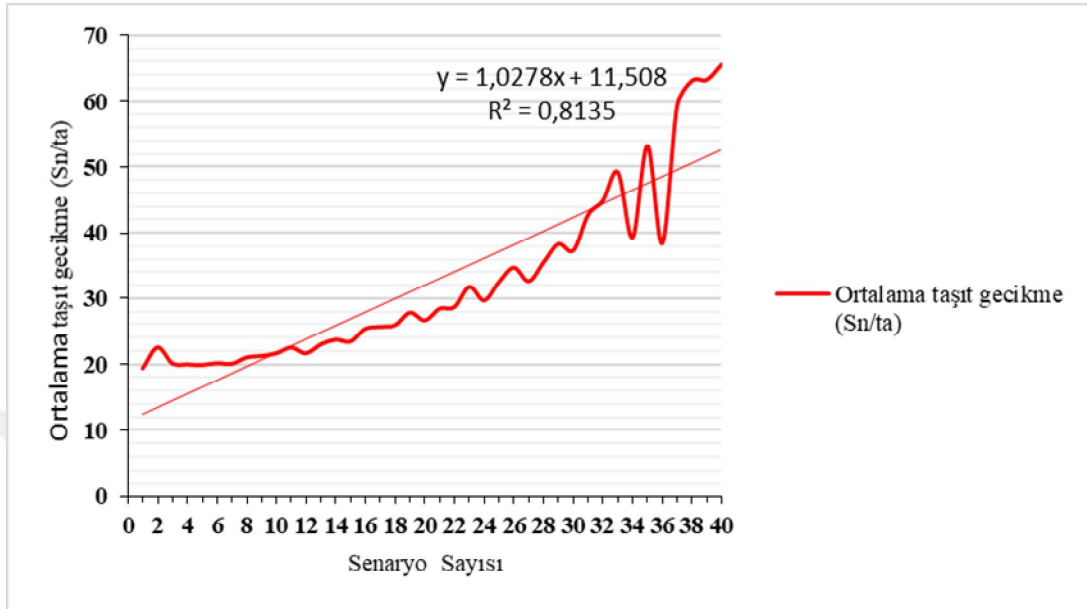
Her bir kavşak için ortalama taşıt gecikmesi, otomobil ortalama gecikmesi ve kuyruk uzunluğunu ifade eden grafikler üzerinde lineer regresyon analizleri de yapılmıştır.

40 farklı senaryo'ya göre ikinci kavşak için elde edilen analiz sonuçları Tablo 4.13.'de detaylı olarak verilmektedir.

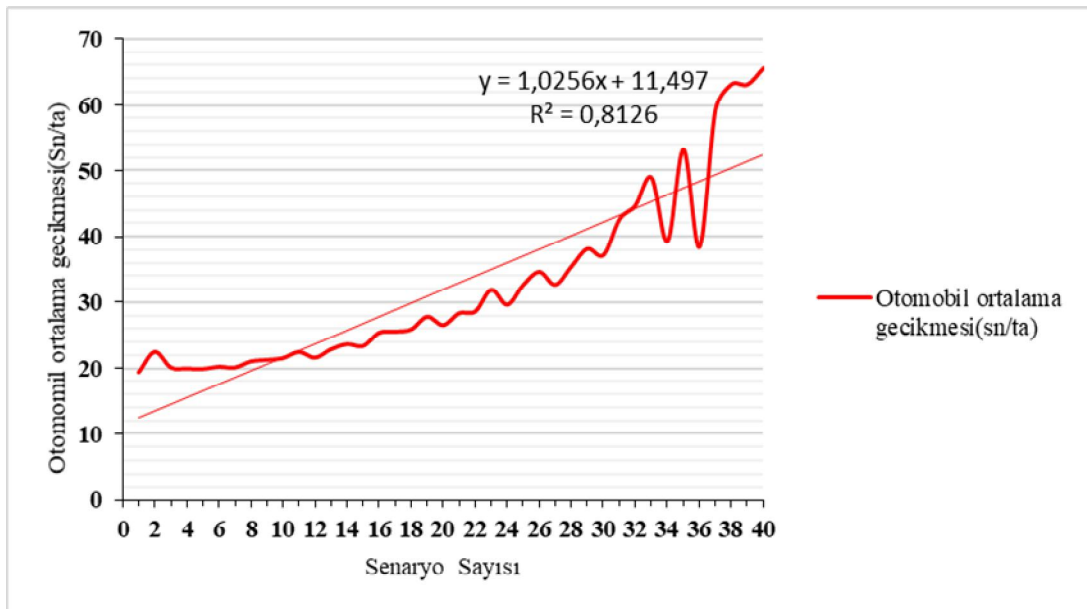
Tablo 4.13. Marmul caddesine ait geometrik iyileştirilmesi yapılmış ikinci kavşak için sinyal koordinasyonundan önce 40 farklı senaryo'ya ait analiz sonuçları

Senaryo Sayısı	Ortalama taşıt gecikmesi (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	Ortalama kuyruk uzunluğu (m)	Maksimum kuyruk uzunluğu (m)
1	19,49	19,46	6,27	48,94
2	22,61	22,58	7,51	48,84
3	20,21	20,18	6,55	64,31
4	20,07	20,02	6,81	56,81
5	19,98	19,96	6,89	60,76
6	20,27	20,3	6,86	59,16
7	20,16	20,18	7,11	70,89
8	21,12	21,12	7,78	77,81
9	21,34	21,35	7,8	72,95
10	21,73	21,62	8,5	75,86
11	22,59	22,57	9,13	72,27
12	21,74	21,68	8,79	74,15
13	23,08	22,98	9,7	71,28
14	23,78	23,75	10,42	76,58
15	23,52	23,48	10,34	85,31
16	25,43	25,47	11,88	80,95
17	25,72	25,64	12,49	78,65
18	25,98	25,97	12,61	98,18
19	27,9	27,87	13,9	111,85
20	26,71	26,63	13,77	105,33
21	28,49	28,4	14,73	118,74
22	28,77	28,67	15,67	124,95
23	31,84	31,92	17,03	117,7
24	29,75	29,69	16,47	126,2
25	32,58	32,67	17,92	124,12
26	34,79	34,66	20,24	129,34
27	32,7	32,69	18,64	119,07
28	35,57	35,48	20,94	132,74
29	38,39	38,2	24,1	127,66
30	37,4	37,23	22,07	118,52
31	42,77	42,61	25,89	137,8
32	44,9	44,71	29,04	169,66
33	49,22	48,92	30,42	177,04
34	39,38	39,32	27,17	165,16
35	53,24	53,21	42,09	200,53
36	38,51	38,48	25,98	160,66
37	59,36	59,39	49,41	200,51
38	63,15	63,15	55,16	199,97
39	63,31	63,13	54,48	205,8
40	65,57	65,57	56,4	200,29

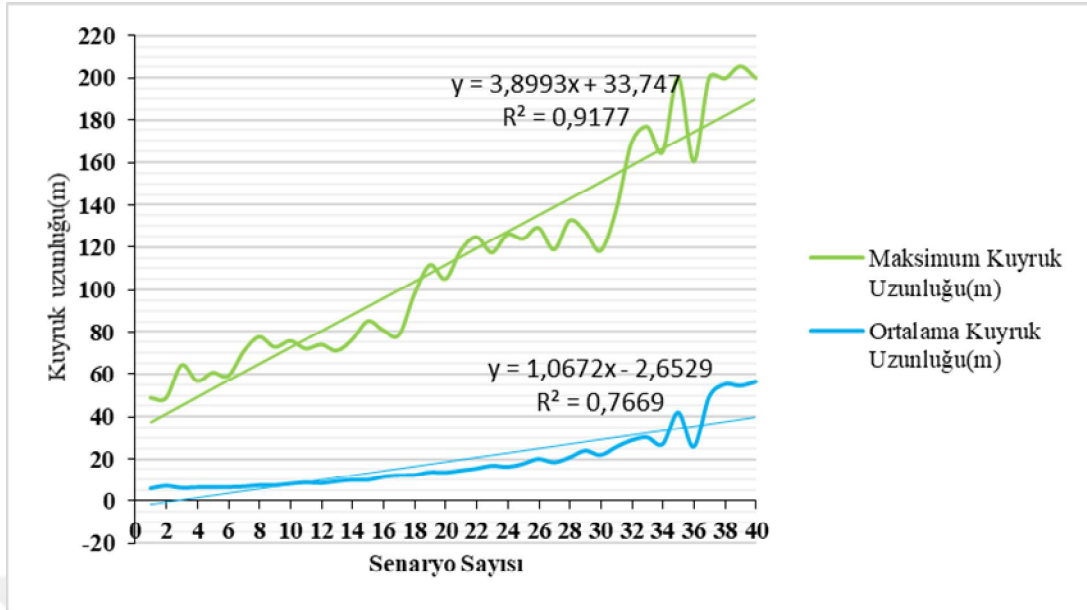
Oluşturulan 40 farklı senaryo'ya göre ikinci kavşak için elde edilen analiz sonuçları Şekil 4.31. 4.32. ve Şekil 4.33.'de gösterilmektedir.



Şekil 4.31. Sinyal koordinasyonu öncesi ikinci kavşak için 40 farklı senaryo'ya göre elde edilen ortalama taşıt gecikmeleri



Şekil 4.32. Sinyal koordinasyonu öncesi ikinci kavşak için 40 farklı senaryo'ya göre elde edilen otomobil ortalama taşıt gecikmeleri



Şekil 4.33. Sinyal koordinasyonu öncesi ikinci kavşak için 40 farklı senaryo'ya göre elde edilen ortalama ve maksimum kuyruk uzunluk değerleri

Şekil 4.28. 4.29. 4.30. 4.31. 4.32. ve Şekil 4.33.'de görüldüğü üzere, ortalama taşıt gecikmesi, otomobil ortalama gecikmesi, ortalama ve maksimum kuyruk uzunluk değerlerinde düzensiz dalgalanmalar açıkça görülmektedir. Bunun en önemli nedeni olarak kavşaktaki toplam trafik hacminin ve buna bağlı olarak yaklaşım kollarındaki trafik hacimlerinin senaryolar çerçevesinde artırılması ve azaltılması ifade edilebilir. Yani birinci kavşakta batı, güney ve kuzey ve ikinci kavşakta doğu, güney ve kuzey yönlerinin trafik hacim değerleri kümülatif olarak Tablo 4.10.'da gösterildiği gibi arttırıldığında ayrıca birinci kavşakta doğu ve ikinci kavşakta batı yönüne ait trafik hacimleri sabit tutulduğunda, ortalama gecikme değerleri her iki kavşak için de artmaktadır. Benzer şekilde, birinci kavşakta doğu ve ikinci kavşakta batı yönüne ait trafik hacmi kümülatif olarak Tablo 4.10.'da belirttiği gibi arttırıldığında ayrıca birinci kavşakta batı, güney ve kuzey ve ikinci kavşakta doğu, güney ve kuzey yönüne ait trafik hacim sabit tutulduğunda ortalama gecikme değerleri tekrar azalmıştır.

#### 4.2.1.2. Sinyal koordinasyonu sonrası VISSIM analizleri

Bu kısımda, sinyal koordinasyonundan sonra yine aynı 40 farklı senaryo çerçevesinde yapılan kavşak analizleri sunulmuştur. Tablo 4.14.'de senaryolar için



SIDRA Intersection programı ile elde edilen optimum devre süreleri ve her bir faza ait yeşil süreler verilmektedir.

Tablo 4.14. Marmul caddesine ait birinci ve ikinci kavşakta koordinasyondan sonra 40 farklı senaryo'ya göre SIDRA ile elde edilen sinyalizasyon faz ve devre süreleri

Kavşak Sayısı	Birinci kavşağın devre süreleri ve yönlerine ait yeşil süreleri					İkinci kavşağın devre süreleri ve yönlerinr ait yeşil süreleri				
	Batı (Faz2)	Güney (Faz1)	Doğu (Faz3)	Kuzey (Faz4)	Devre Süresi(sn)	Batı (Faz2)	Güney (Faz1)	Doğu (Faz3)	Kuzey (Faz4)	Devre Süresi(sn)
1	13	6	10	6	55	15	6	8	6	55
2	13	6	10	6	55	15	6	8	6	55
3	13	6	10	6	55	15	6	8	6	55
4	13	6	10	6	55	15	6	8	6	55
5	15	6	12	7	60	19	6	9	6	60
6	16	6	11	7	60	19	6	9	6	60
7	18	6	13	8	65	23	6	10	6	65
8	15	6	12	7	60	18	6	10	6	60
9	18	8	13	6	65	23	6	10	6	65
10	18	6	13	8	65	22	6	11	6	65
11	19	6	16	9	70	24	7	13	6	70
12	20	6	14	10	70	26	6	12	6	70
13	19	6	15	10	70	24	7	13	6	70
14	22	6	17	10	75	26	8	15	6	75
15	25	6	17	12	80	32	8	14	6	80
16	24	6	18	12	80	30	8	16	6	80
17	24	6	19	11	80	28	9	17	6	80
18	27	6	19	13	85	33	9	17	6	85
19	29	6	21	14	90	35	10	19	6	90
20	32	7	25	16	100	38	12	23	7	100
21	35	8	25	17	105	44	12	22	7	105
22	37	8	28	17	110	43	13	26	8	110
23	39	8	31	17	115	37	16	33	9	115
24	41	8	29	17	115	44	14	29	8	115
25	43	8	32	17	120	35	17	37	11	120
26	38	6	30	11	105	30	15	31	9	105
27	44	6	31	14	115	36	16	34	9	115
28	45	6	33	11	115	34	16	35	10	115
29	26	6	17	6	75	22	9	18	6	75
30	22	6	11	6	65	19	7	13	6	65
31	22	6	11	6	65	19	7	13	6	65
32	22	6	11	6	65	19	7	13	6	65
33	30	6	18	6	80	25	10	19	6	80
34	30	6	18	6	80	25	10	19	6	80
35	30	6	18	6	80	25	10	19	6	80
36	30	6	18	6	80	25	10	19	6	80
37	30	6	13	6	75	26	8	15	6	75
38	38	6	20	6	90	30	11	23	6	90
39	28	6	10	6	70	24	6	14	6	70
40	28	6	10	6	70	24	6	14	6	70

Sarı Süre: 2 sn.,Ortak Kırmızı Süre: 3 sn. (Her faz geçişinde) yukarıda belirtilen yeşil sürelerle dahildir.

Tablo 4.14.'de görüldüğü üzere devre süre 120 sn olarak sınırlandırılmıştır. Kavşaklarda hesaplanan devre süreleri 120 sn değerine ulaştığında, her senaryo için devre süresi 120 sn alınarak, yaklaşım kollarına ait sinyal süreleri SIDRA Intersection programı ile belirlenmiştir. 25'inci senaryodan sonra tekrar hesaplanan devre süreleri azalmıştır. Dolayısı ile SIDRA Intersection programı 120 sn devre süresi yerine, hesaplanan devre sürelerini sonuç olarak vermiştir. Bu düşük devre sürelerindeki kavşak gecikmeleri, 120 sn devre süresine göre belirlenen gecikme değerlerine göre daha düşük çıkmıştır. Bu durum, 120 sn ye göre sabitlenen devre süresi uygulamasında, bazı akım yönlerinde trafik olmamasına rağmen, diğer akım kollarına halen kırmızı ışık yandığı anlamına gelmektedir. Sabit devre süresi verilmediği zaman, SIDRA kavşakların devre sürelerini akım değerlerine bağlı olarak en düşük gecikmeye göre belirlemiş olmaktadır. SIDRA yazılımı üzerinden farklı senaryolara göre elde edilen devre süreleri ve faz süreleri, her bir senaryo için VISSIM yazılımında veri olarak kabul edilip gerekli simülasyon analizleri yapılmıştır.

Birinci kavşak bışında sinyal koordinasyondan sonra elde edilen 40 farklı senaryonun analiz sonuçları detaylı olarak Tablo 4.15.'de verilmektedir.

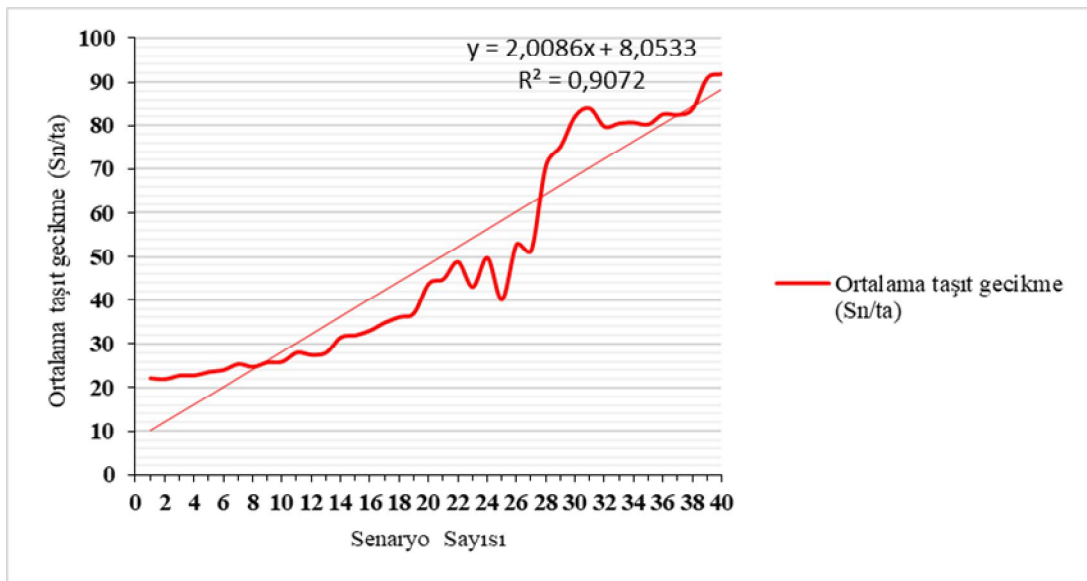
Tablo 4.15. Marmul caddesine ait geometrik iyileştirilmesi yapılmış birinci kavşak için sinyal koordinasyonundan sonra 40 farklı senaryoya ait analiz sonuçları

Senaryo Sayısı	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	Ortalama kuyruk uzunluğu (m)	Maksimum kuyruk uzunluğu (m)
1	22,2	22,19	8,95	62,61
2	22,02	21,97	9,05	61,43
3	22,82	22,82	9,56	81,42
4	22,86	22,83	9,7	80,48
5	23,64	23,51	10,29	80,82
6	24,09	24,11	10,71	75,01
7	25,42	25,41	11,41	79,62
8	24,79	24,79	11,63	75,09
9	25,81	25,76	12,64	92,88
10	25,96	25,94	13,1	92,89
11	28,06	28,03	14,23	80,92
12	27,5	27,4	14,54	94,81
13	28,03	27,94	15,13	88,42
14	31,53	31,43	17,7	96,99
15	32	31,95	18,57	101,32
16	33,1	33,05	19,7	101,71
17	34,88	34,83	21,4	103,54
18	36,13	36,01	22,47	104,52
19	37,05	36,95	23,86	125,98

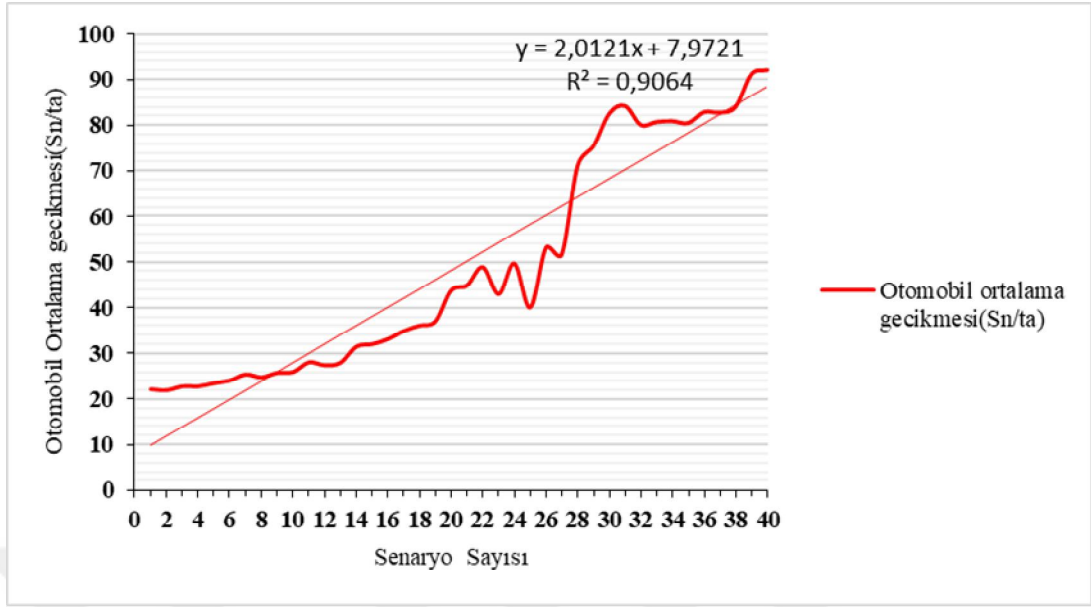
Tablo 4.15. (Devamı)

Senaryo Sayısı	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	Ortalama kuyruk uzunluğu (m)	Maksimum kuyruk uzunluğu (m)
20	43,82	43,76	29,14	143,75
21	44,89	44,87	30,52	150,25
22	48,89	48,82	34,21	150,54
23	43,04	42,97	31,3	150,39
24	49,82	49,59	37,11	150,46
25	40,12	39,98	31,05	150,69
26	52,97	53,06	46,87	192,71
27	51,51	51,57	48,17	165,8
28	70,89	71,13	66,05	192,73
29	75,24	75,41	69	198,13
30	82,26	82,41	79,04	192,73
31	84,07	84,09	79,66	192,71
32	79,83	79,99	79,56	192,74
33	80,62	80,64	77,85	193,44
34	80,78	80,8	79,78	192,74
35	80,37	80,4	81,19	192,74
36	82,73	82,76	87,39	192,73
37	82,55	82,64	87,62	192,74
38	83,88	83,91	88,58	192,74
39	91,02	91,07	97,65	192,73
40	91,96	91,99	100,43	192,73

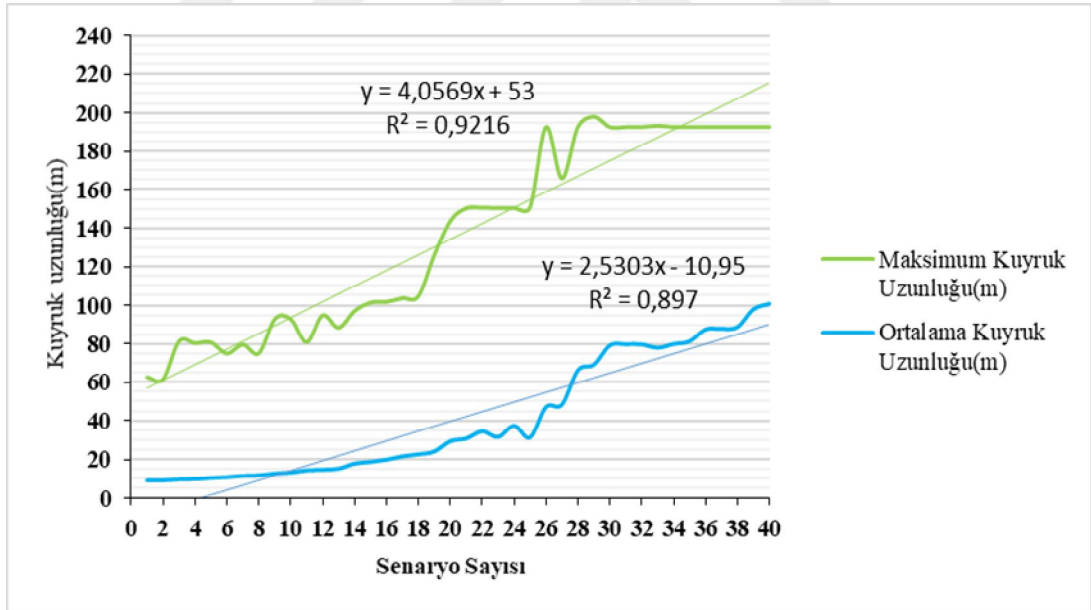
Şekil 4.34. 4.35. ve Şekil 4.36.'de, oluşturulan 40 farklı senaryonun birinci kavşakta ait sinyal koordinasyonundan sonra elde edilen analiz sonuçları ise grafiksel olarak gösterilmektedir.



Şekil 4.34. Sinyal koordinasyonu sonrası birinci kavşak için 40 farklı senaryo'ya göre elde edilen ortalama taşıt gecikmeleri



Şekil 4.35. Sinyal koordinasyonu sonrası birinci kavşak için 40 farklı senaryo'ya göre elde edilen otomobil ortalama taşıt gecikmeleri



Şekil 4.36. Sinyal koordinasyonu sonrası birinci kavşak için 40 farklı senaryo'ya göre elde edilen ortalama ve maksimum kuyruk uzunluk değerleri

40 farklı senaryoya göre ikinci kavşak için sinyal koordinasyondan sonra elde edilen analiz sonuçları detaylı olarak Tablo 4.16.'de gösterilmektedir.

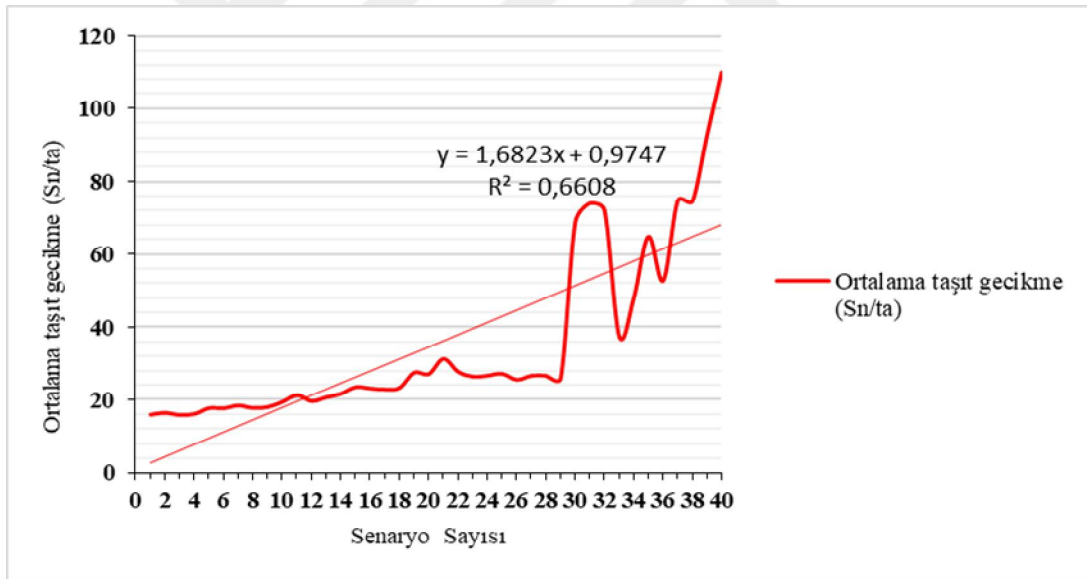
Tablo 4.16. Marmul caddesine ait geometrik iyileştirilmesi yapılmış ikinci kavşak için sinyal koordinasyonundan sonra 40 farklı senaryo'ya ait analiz sonuçları

Senaryo Sayısı	Ortalama taşıt gecikmesi (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	Ortlama kuyruk uzunluğu(m)	Maksimum kuyruk uzunluğu(m)
1	15,9	15,8	5,11	54,49
2	16,39	16,34	5,33	55,97
3	15,81	15,7	5,15	54,33
4	16,11	16,05	5,34	55,96
5	17,68	17,66	6,18	56,26
6	17,65	17,54	6,14	63,96
7	18,41	18,32	6,51	52,64
8	17,72	17,67	6,62	68,58
9	17,98	17,89	6,55	56,99
10	19,38	19,34	7,51	63,97
11	21,23	21,16	8,88	82,3
12	19,61	19,56	7,99	74,14
13	20,65	20,6	8,88	81,25
14	21,61	21,58	9,85	68,24
15	23,45	23,35	10,77	88,32
16	23,09	23,03	10,96	90,45
17	22,82	22,77	11,34	86,51
18	23,23	23,05	11,36	95,55
19	27,48	27,43	14,01	123,78
20	27,1	26,97	14,86	115,07
21	31,33	31,34	16,63	131,83
22	27,77	27,64	15,6	109,82
23	26,4	26,17	15,49	117,93
24	26,64	26,46	15,32	125,16
25	27,19	27,11	16,52	113,58
26	25,5	25,38	15,74	112,8
27	26,61	26,41	16,25	122,58
28	26,65	26,53	16,78	110,26
29	25,81	25,72	15,31	120,72
30	68,93	68,77	42,4	205,58
31	74,2	74,1	46,67	205,58
32	72,21	72,02	46,36	200,53
33	37,63	37,69	23,55	200,45
34	48,07	48,1	33,93	200,37
35	64,92	64,78	50,27	200,36
36	52,76	52,71	39,94	200,64
37	74,93	74,66	55,61	200,43
38	74,73	74,15	66,6	200,52
39	92,82	92,64	69,04	205,92
40	110,08	109,7	92,49	205,89

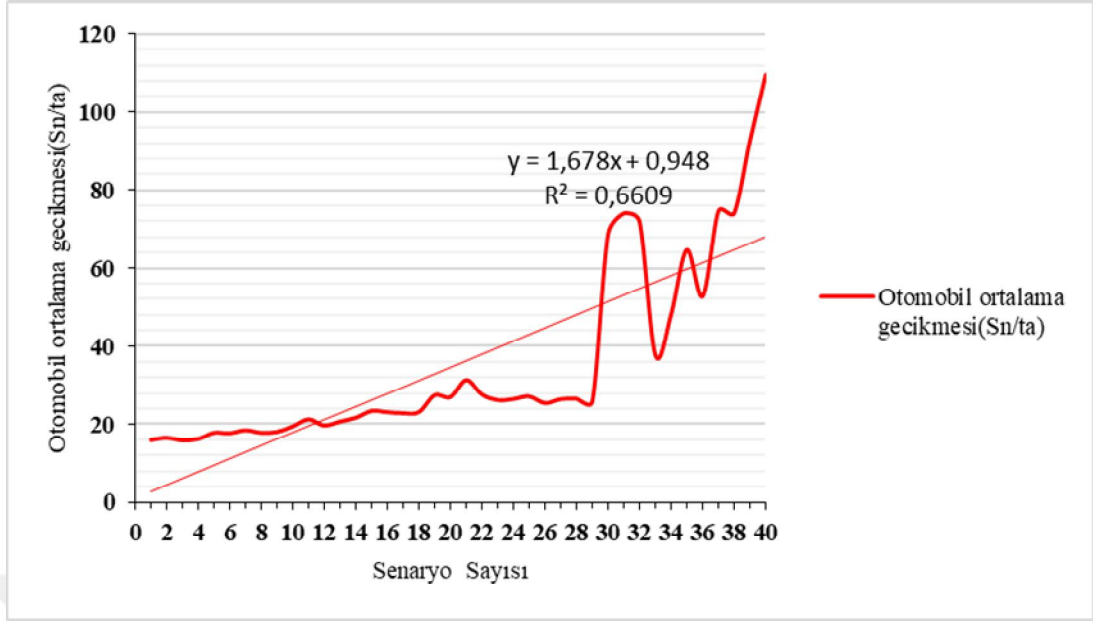
Sinyal koordinasyonundan sonra dikkata alınan iki kavşak için bir önceki işlem adımları izlenilmiş ve aynı şekilde trafik akım miktarları, kavşakların hizmet düzeyi F seviyesine erişene kadar kümülatif olarak Tablo 4.10.'da gösterildiği gibi

arttırılmıştır. Her bir kümülatif yüzdesel artışa tekabül eden akım değerleri için sistem simüle edilerek, ortalama taşıt gecikmesi, otomobil ortalama gecikmesi ve kuyruk uzunlukları gözlemlenmiştir. Sinyal koordinasyonundan sonra birinci ve ikinci kavşakta tüm akım yönlerinin trafik akım miktarı %100 den fazla artırıldığı zaman ancak söz konusu hizmet düzeyi F seviyesine ulaşmaktadır. Hacim kapasite oranının 1 ve üstünde olduğu durumda kavşaklardaki ortalama taşıt gecikmesi, otomobil ortalama gecikmesi ve kuyruk uzunluk değerlerinin düzensiz dalgalanmalar yaptığı, sunulan grafiklerde açıkça görülmektedir. Her bir kavşak için ortalama taşıt gecikmesi, otomobil ortalama gecikmesi ve kuyruk uzunluğunu ifade eden bu grafikler üzerinde lineer regresyon analizleri de yapılmıştır.

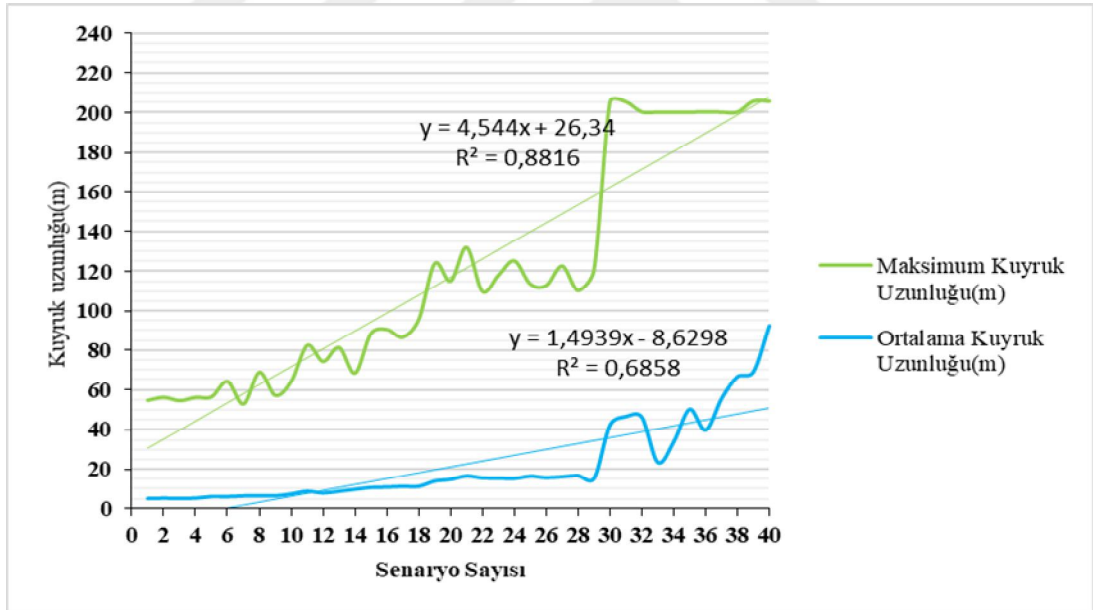
Aşağıdaki şekiller sinyal koordinasyonundan sonra oluşturulan 40 farklı senaryo'ya göre ikinci kavşak için elde edilen analiz sonuçlarını grafiksel olarak sunmaktadır.



Şekil 4.37. Sinyal koordinasyonu sonrası ikinci kavşak için 40 farklı senaryo'ya göre elde edilen ortalama taşıt gecikmeleri



Şekil 4.38. Sinyal koordinasyonu sonrası ikinci kavşak için 40 farklı senaryo'ya göre elde edilen otomobil ortalama taşıt gecikmeleri



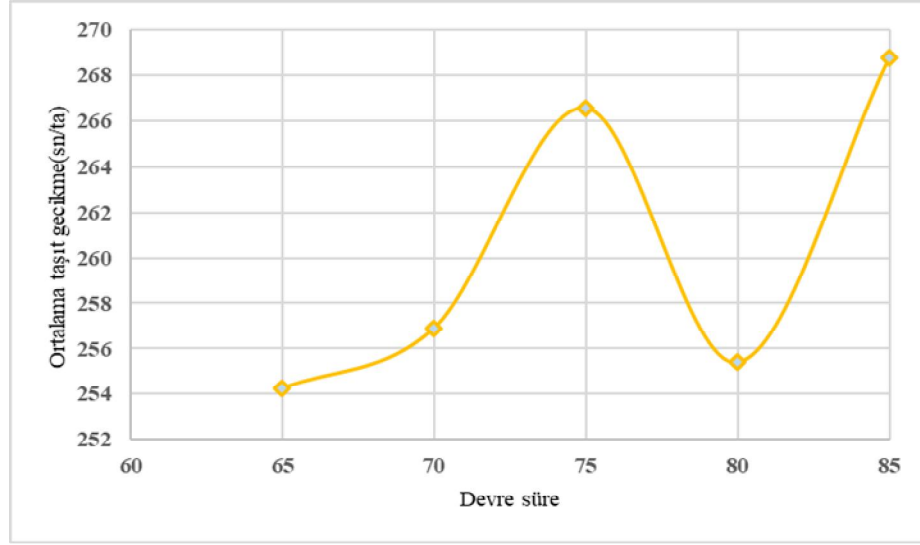
Şekil 4.39. Sinyal koordinasyonu sonrası birinci kavşak için 40 farklı senaryoya göre elde edilen ortalama ve maksimum kuyruk uzunluk değerleri

Şekil 4.34. 4.35. 4.36. 4.37. 4.38. ve 4.39.'da gösterildiği üzere, senaryo 29 dan sonra her bir kavşaktaki ortalama taşıt gecikmesi, otomobil ortalama gecikmesi ile ortalama ve maksimum kuyruk uzunluğu değerlerinde düzensiz dalgalanmalar görülmektedir. Bu durum temelde kavşaklardaki toplam trafik hacminin ve buna

bağlı olarak yaklaşım kollarındaki trafik miktarlarının arttırılıp ve azaltılması ile ilgilidir. Bir diğer ifade ile, birinci kavşakta batı, göney ve kuzey ve ikinci kavşakta ise doğu, göney ve kuzey yönünün trafik hacmi kümülatif olarak arttırıldığında ve birinci kavşakta doğu ve ikinci kavşakta batı yönüne ait trafik hacim sabit tutulduğunda ortalama gecikme değeri artmaktadır. Dolayısı ile birinci kavşakta doğu ve ikinci kavşakta batı yönüne ait trafik hacmi kümülatif olarak Tablo 4.10.'da belirtildiği gibi arttırılıp, birinci kavşakta batı, göney ve kuzey, ikinci kavşakta doğu, göney ve kuzey yönüne ait trafik hacimleri sabit tutulduğunda ortalama taşıt gecikmesi, otomobil ortalama gecikmesi ile ortalama ve maksimum kuyruk uzunluk değerlerinin azaldığı görülmüştür. Bir diğer sebep olarak, Tablo 4.14.'de görüldüğü üzere, birinci ve ikinci kavşakta akım yönlerine ait kümülatif yüzdesel hacim artışlarına göre yeşil ve devre sürelerinin 29'uncu senaryodan sonra önemli oranlarda azalmış olması ifade edilebilir.

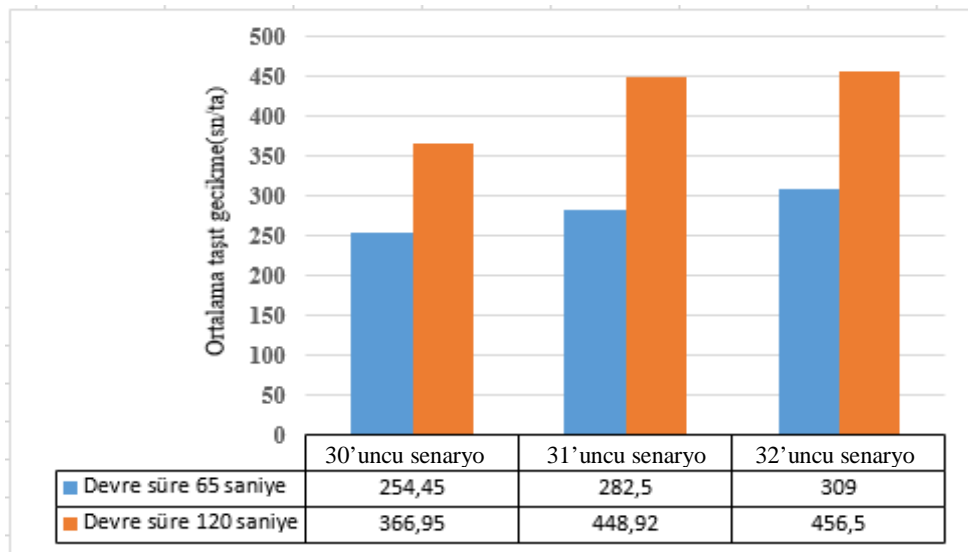
Koordineli durumda, kavşakların birbirleriyle olan etkileşimlerinin de sistem(ağ) performansı üzerinde önemli bir etkisi vardır [31]. Bununla birlikte, en iyi sinyalizasyon faz ve optimum devre süreleri toplam sistem gecikme ve kuyruklanmaları minimize edecek şekilde yapılmalıdır. Bu değerler, tekil olarak sistemde bulunan bazı kavşakların gecikme sürelerini veya kuyruklanma uzunluklarını artırabilir. Fakat, genel işletme mantığı açısından tüm ağdaki toplam gecikme ve kuyruklanmayı minimuma düşüren devre süresi, maksimum faydayı üretecek olan süreler olarak seçilmelidir. Bu çalışmada SIDRA yazılımı kullanılarak kavşaklardaki devre süreleri tekil ve koordineli işletim durumu için ayrı ayrı elde edilmiştir. Bulunan devre süreleri VISSIM de girdi verisi olarak kullanılıp simülasyon analizleri yapılmıştır. Şekil 4.37. 4.38. ve 4.39.' da görüldüğü üzere, 29'uncu senaryo'ya kadar gecikme ve kuyruklanmada ani radikal artımlar söz konusu olmamıştır. Bununla beraber 30, 31 ve 32'inci senaryolar için VISSIM simülasyonunda kullanılan sinyalizasyon faz ve devre sürelerine bağlı olarak elde edilen gecikme ve kuyruklanma miktarları ani olarak yükselmiştir. Bunun nedeni SIDRA nın toplam gecikme sürelerini minimize etmek için ürettiği devre sürelerindeki ani düşüşlerdir. Bu değişime neden olan yapı aşağıdaki şekilde açıklanmıştır.





Şekil 4.40. Sisteme ait sinyal koordinasyonu sonrası 30'uncu senaryo için değişim devre sürelerine göre SIDRA elde edilen ortalama gecikme değerleri

SIDRA yazılımı bu senaryolar da koordinasyon durumunda iki kavşak için devre süresini 120 saniye olarak hesaplamış olsa idi, birinci kavşakta ki gecikme ve kuyruk uzunluk değerleri önemli oranda artacaktır. 25 ve 27 Senaryolarda devre süresi 120 ve 115 sn olarak alındığı için, 30, 31 ve 32. Senaryolarda bu değerlerin aniden 65 sn olarak SIDRA tarafından hesaplandığına dair gecikme analizleri yukarıda ifade edilmiş olmakla beraber, aynı devre sürelerinin bu senaryolarda da kullanılması durumunda ortaya çıkacak gecikme süreleriyle ilgili hesaplamalar da yapılarak aşağıda ifade edilmiştir.



Şekil 4.41. Sisteme ait sinyal koordinasyonu sonrası 30,31 ve 32'uncu senaryo için 65 ve 120 saniye devre sürelerine göre SIDRA dan elde edilen ortalama gecikme değerleri

Açıklanan bu sebeplerlele SIDRA, koordinasyon durumunda iki kavşak için total gecikmelerini minimize eden devre süresi olan 65 saniyeyi devre süresi olarak belirlemiştir. Bu devre süresinin VISSIM de 30, 31 ve 32. senaryolar için veri olarak kullanılması ile elde edilen toplam gecikme değerlerinde 27, 28 ve 29. senaryolara göre oldukça farklı değerler üretilmiştir.

#### 4.2.1.3. Sinyal koordinasyondan önce ve sonra sistem (ağ) için simülasyon uygulamasının sonuçları

Birinci ve ikinci kavşağın oluşturduğu sisteme (koridor) ait gerek koordinasyon öncesi ve gerekse de koordinasyon sonrasındaki VISSIM simülasyon analiz sonuçları, aşağıdaki tablo ve şekillerde sunulmuştur. Sinyal koordinasyondan önce her iki kavşak için bütüncül olarak oluşturulan 40 farklı senaryo üzerinden VISSIM simülasyonu ile elde edilen analiz sonuçları Tablo 4.17.'de detaylı olarak verilmektedir.

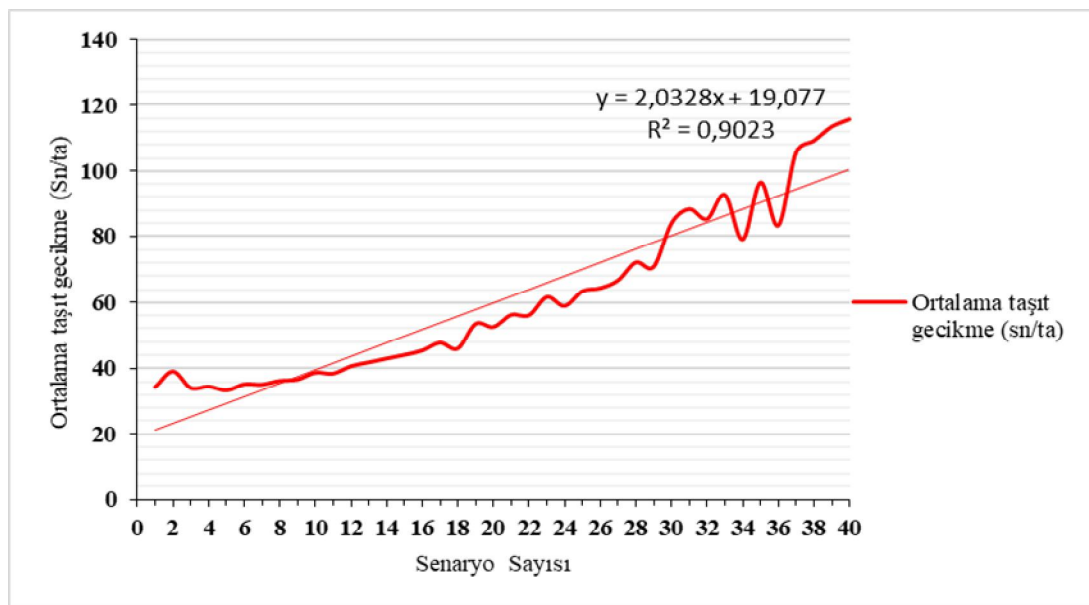
Tablo 4.17. Sisteme (ağ) ait senaryolara göre koordinasyon öncesi simülasyon uygulamasının sonuçları

Senaryo Sayısı	Ortalama taşıt gecikme (sn/ta)	Ortalama taşıt hız (km/sa)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn/ta)	Otomobil ortalama hızı (sn/ta)	Toplam taşıt gecikmesi (Saat)	Toplam otomobil gecikmesi (Saat)
1	34,29	25,34	34,24	25,36	17,87	17,54
2	38,97	23,65	38,89	23,67	20,64	20,25
3	33,99	25,42	33,92	25,45	18,16	17,83
4	34,46	25,22	34,42	25,24	18,71	18,38
5	33,3	25,75	33,23	25,78	18,35	18,01
6	35,14	24,98	35,17	24,97	19,53	19,24
7	35,04	25,07	34,98	25,08	19,76	19,41
8	36,17	24,65	36,21	24,63	21,31	21,00
9	36,56	24,42	36,5	24,43	21,74	21,38
10	38,61	23,71	38,49	23,75	23,94	23,51
11	38,35	23,82	38,34	23,82	24,51	24,14
12	40,57	23,09	40,49	23,1	26,25	25,81
13	41,73	22,76	41,64	22,78	27,80	27,33
14	42,87	22,38	42,86	22,37	29,43	28,98
15	43,95	22,02	43,87	22,05	30,65	30,16
16	45,26	21,69	45,24	21,69	32,49	32,00
17	47,61	21,04	47,53	21,06	35,19	34,62
18	45,87	21,55	45,75	21,58	34,27	33,66
19	53,37	19,6	53,26	19,62	41,02	40,32
20	52,45	19,85	52,33	19,87	41,45	40,73

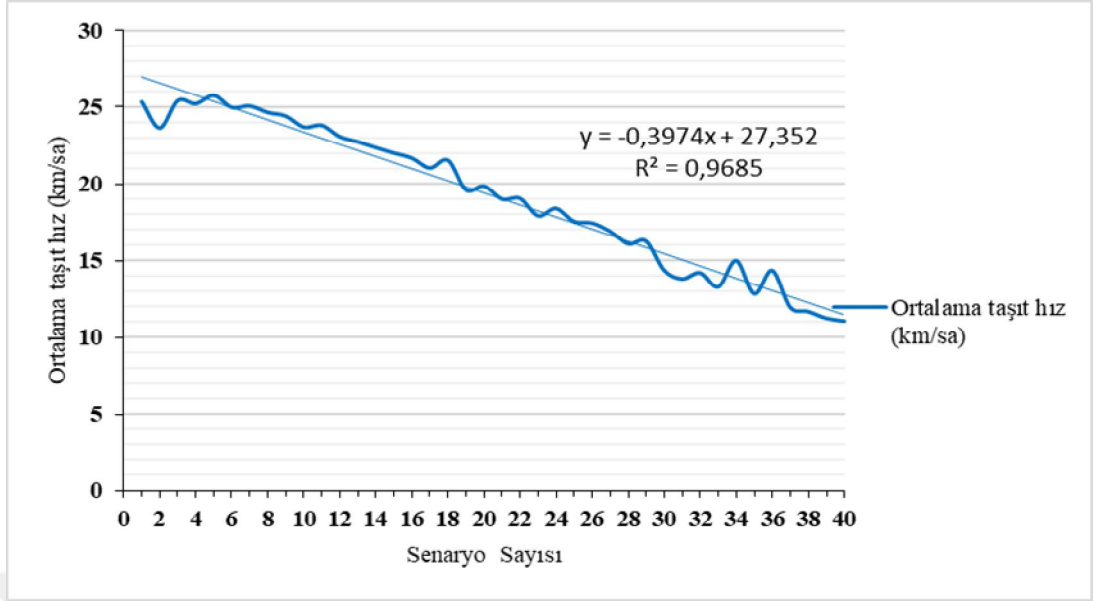
Tablo 4.17. (Devamı)

Senaryo Sayısı	Ortalama taşıt gecikme (sn/ta)	Ortalama taşıt hız (Km/sa)	Otomobil ortalama gecikmesi (Sn/ta)	Otomobil ortalama hızı (Sn/ta)	Toplam taşıt gecikmesi (Saat)	Toplam otomobil gecikmesi (Saat)
22	56,04	19,04	55,88	19,08	45,89	45,05
23	61,59	17,9	61,57	17,9	51,70	50,90
24	58,84	18,38	58,58	18,43	49,93	48,98
25	63,34	17,52	63,27	17,53	55,05	54,20
26	64,25	17,42	64,14	17,43	56,72	55,82
27	66,6	16,88	66,55	16,89	59,88	59,00
28	71,99	16,07	71,87	16,08	65,71	64,71
29	70,71	16,24	70,56	16,27	66,23	65,15
30	83,85	14,36	83,53	14,39	78,28	76,94
31	88,2	13,81	87,95	13,83	84,13	82,74
32	85,14	14,2	84,98	14,22	83,51	82,22
33	92,63	13,29	92,32	13,33	90,19	88,63
34	78,92	14,99	78,86	15	80,28	79,13
35	96,43	12,84	96,28	12,86	100,58	99,03
36	83,18	14,35	83,19	14,34	85,10	83,95
37	105,59	11,95	105,52	11,96	112,37	110,71
38	109,11	11,67	109,1	11,67	118,65	116,92
39	113,34	11,23	113,04	11,25	121,69	119,63
40	115,53	11,04	115,32	11,06	126,25	124,16

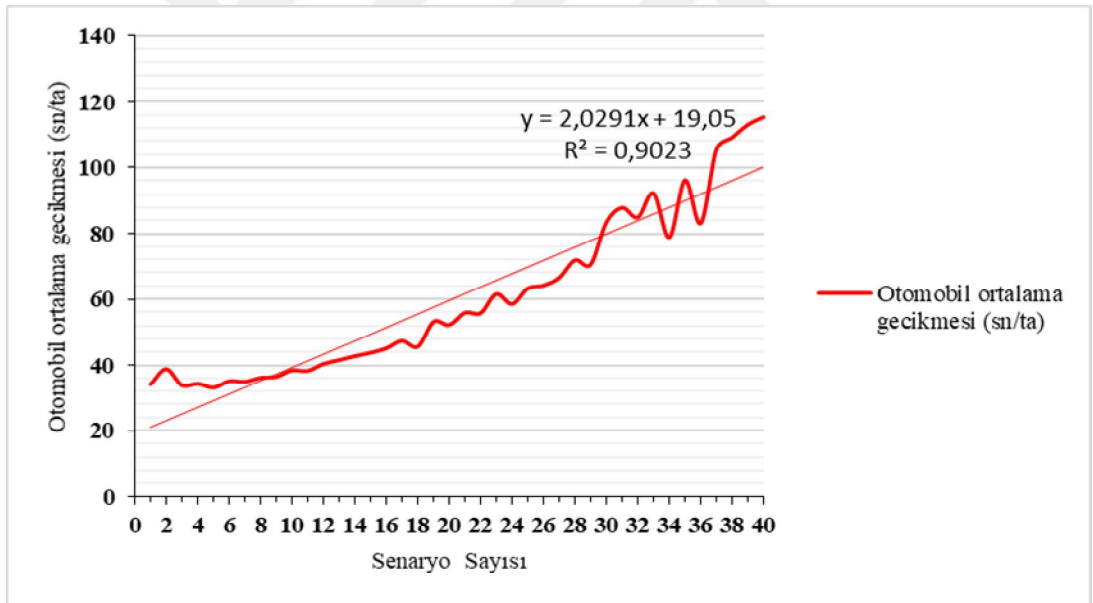
Aşağıdaki şekillerde sinyal koordinasyonundan önce tüm ağa ait oluşturulan 40 farklı senaryo'ya göre elde edilen analiz sonuçları grafiksel olarak gösterilmektedir.



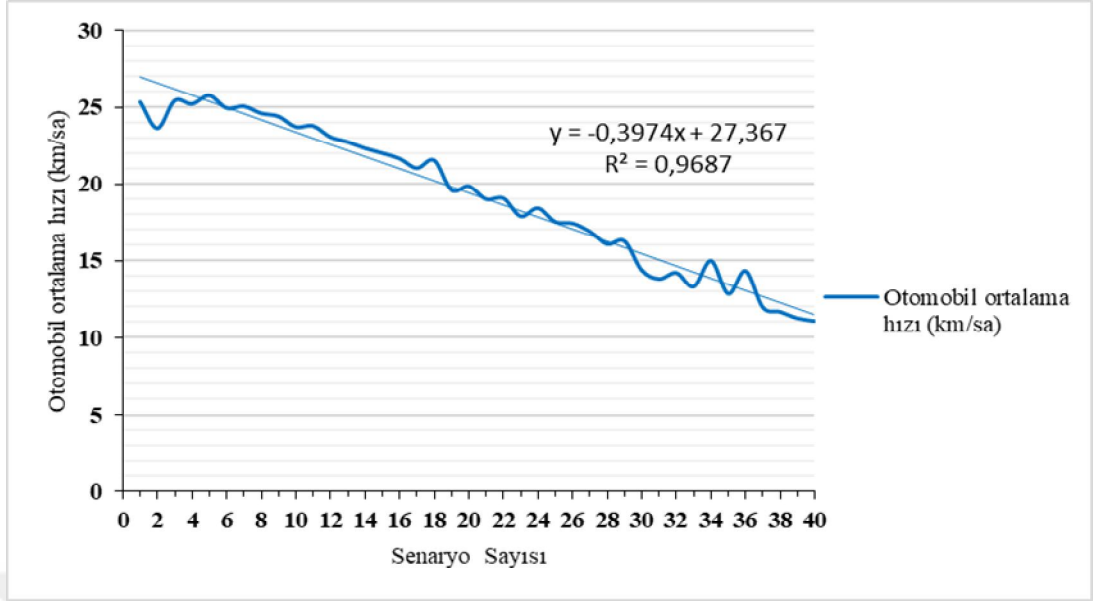
Şekil 4.42. Sisteme (ağ) ait senaryolara göre koordinasyon öncesi ortalama taşıt gecikmeleri



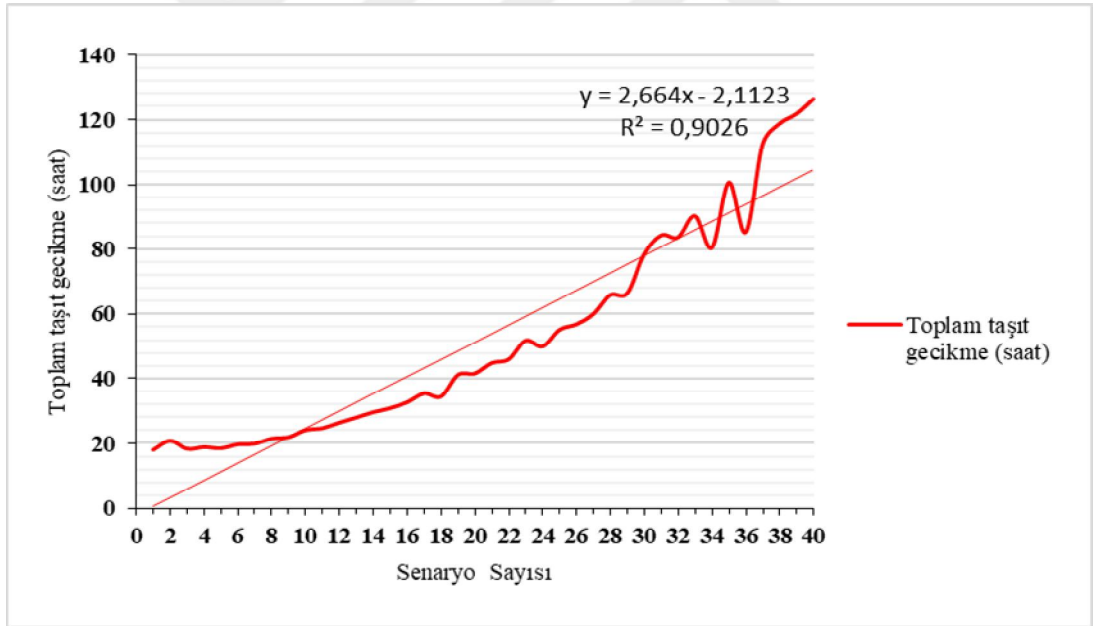
Şekil 4.43. Sisteme (ağ) ait senaryolara göre koordinasyon öncesi ortalama taşıt hızları



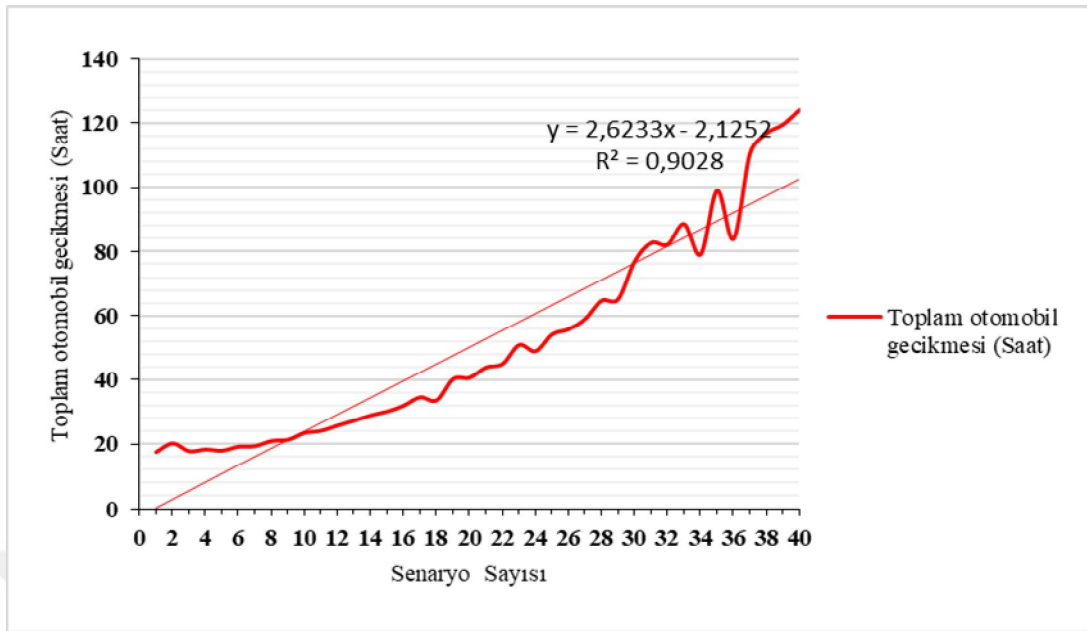
Şekil 4.44. Sisteme (ağ) ait senaryolara göre koordinasyon öncesi otomobil ortalama gecikmeleri



Şekil 4.45. Sisteme (ağ) ait senaryolara göre koordinasyon öncesi otomobil ortalama hızları



Şekil 4.46. Sisteme (ağ) ait senaryolara göre koordinasyon öncesi toplam taşıt gecikmeleri



Şekil 4.47. Sisteme (ağ) ait senaryolara göre koordinasyon öncesi toplam otomobil gecikmeleri

Sinyal koordinasyonu sonrası oluşturulan 40 farklı senaryo'ya göre tüm ağ için elde edilen analiz sonuçları Tablo 4.18.'de detaylı olarak sunulmaktadır.

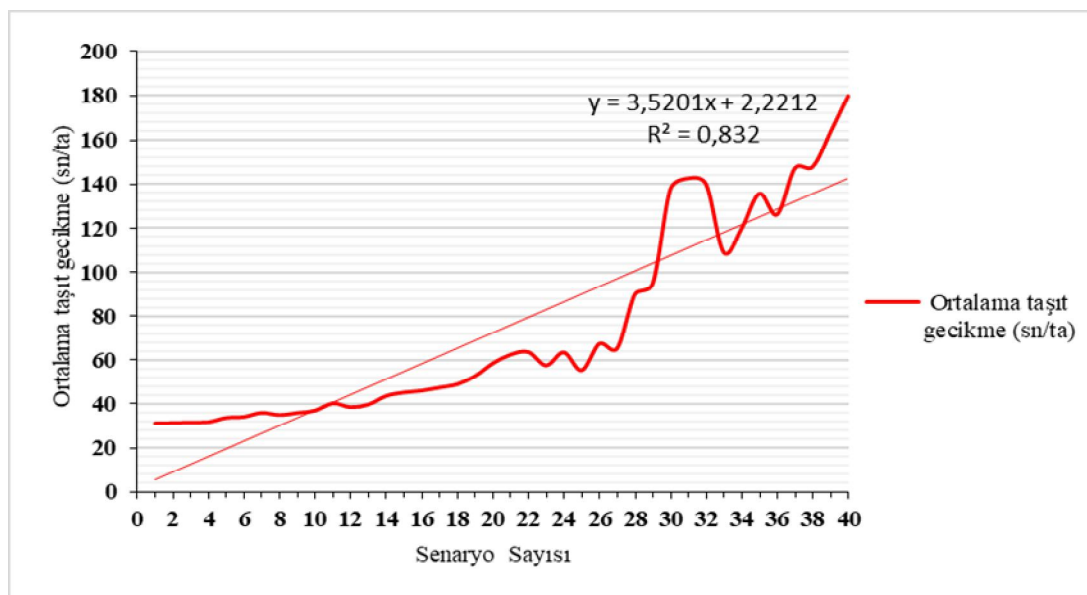
Tablo 4.18. Sisteme (ağ) ait senaryolara göre koordinasyon sonrası simülasyon uygulamasının sonuçları

Senaryo Sayısı	Ortalama taşıt gecikme (sn/ta)	Ortalama taşıt hız (km/sa)	Otomobil ortalama gecikmesi (Sn/ta)	Otomobil ortalama hızı (Sn/ta)	Toplam taşıt gecikmesi (Saat)	Toplam otomobil gecikmesi (Saat)
1	31,25	26,54	31,17	26,57	16,29	15,96
2	31,43	26,48	31,37	26,51	16,65	16,33
3	31,65	26,35	31,58	26,38	16,92	16,60
4	31,89	26,26	31,83	26,29	17,32	17,00
5	33,84	25,53	33,73	25,57	18,65	18,28
6	34,27	25,32	34,19	25,35	19,05	18,70
7	36,13	24,68	36,02	24,71	20,38	19,99
8	35,12	25,05	35,07	25,07	20,69	20,34
9	36,06	24,6	35,92	24,64	21,45	21,04
10	37,14	24,19	37,06	24,21	23,03	22,64
11	40,42	23,14	40,34	23,16	25,84	25,40
12	38,66	23,68	38,49	23,72	25,01	24,54
13	39,9	23,28	39,76	23,32	26,58	26,10
14	43,78	22,15	43,63	22,19	30,05	29,50
15	45,38	21,61	45,25	21,65	31,65	31,11
16	46,17	21,43	46,05	21,46	33,14	32,56
17	47,59	21,07	47,51	21,09	35,18	34,61
18	49,12	20,66	48,86	20,72	36,70	35,95
19	52,82	19,75	52,69	19,78	40,60	39,88

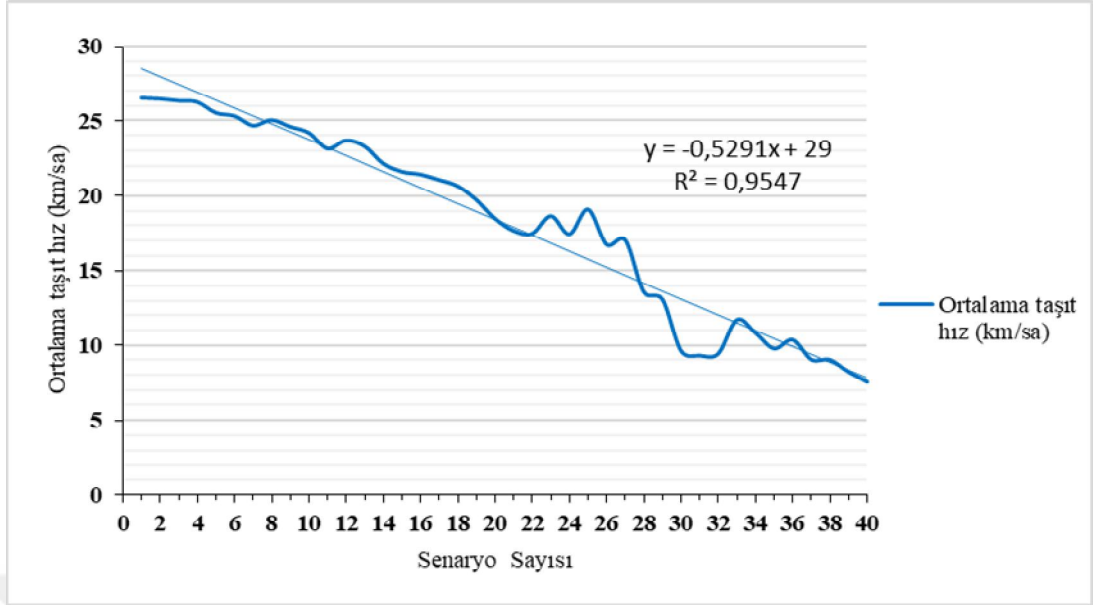
Tablo 4.18. (Devamı)

Senaryo Sayısı	Ortalama taşıt gecikme (sn/ta)	Ortalama taşıt hız (km/sa)	Otomobil ortalama gecikmesi (Sn/ta)	Otomobil ortalama hızı (Sn/ta)	Toplam taşıt gecikmesi (Saat)	Toplam otomobil gecikmesi (Saat)
20	58,67	18,48	58,52	18,51	46,37	45,54
21	62,58	17,66	62,57	17,66	49,89	49,10
22	63,81	17,47	63,64	17,49	52,25	51,30
23	57,72	18,66	57,48	18,7	48,46	47,52
24	63,65	17,43	63,31	17,49	54,02	52,94
25	55,47	19,1	55,28	19,14	48,21	47,36
26	67,61	16,74	67,61	16,73	59,69	58,84
27	65,47	17,04	65,37	17,05	58,87	57,96
28	90,12	13,61	90,3	13,58	80,46	79,49
29	94,94	13,11	95,13	13,09	86,21	85,12
30	138,08	9,64	138,19	9,63	122,47	120,84
31	142,95	9,33	142,98	9,32	127,66	125,86
32	140,38	9,46	140,43	9,45	126,89	125,10
33	109,2	11,74	109,38	11,72	103,65	102,33
34	120,1	10,85	120,29	10,83	115,56	114,11
35	135,97	9,8	136,1	9,79	131,59	129,79
36	126,48	10,39	126,66	10,37	127,01	125,40
37	147,51	9,06	147,57	9,06	143,25	141,22
38	148,18	9,05	147,98	9,06	150,97	148,47
39	163,81	8,23	163,73	8,23	162,22	159,77
40	180,04	7,56	179,88	7,57	179,09	176,14

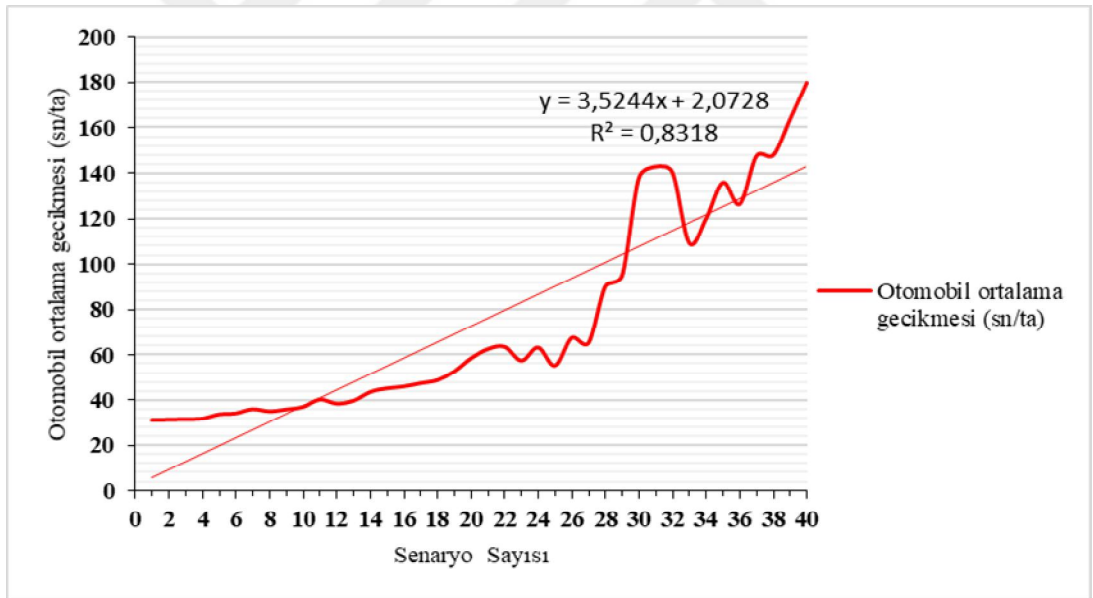
Aşağıdaki Şekillerde oluşturulan 40 farklı senaryonun tüm ağ ait sinyal koordinasyondan sonra elde edilen analiz sonuçları ise grafiksel olarak verilmektedir.



Şekil 4.48. Sisteme (ağ) ait senaryolara göre koordinasyon sonrası ortalama taşıt gecikmeleri

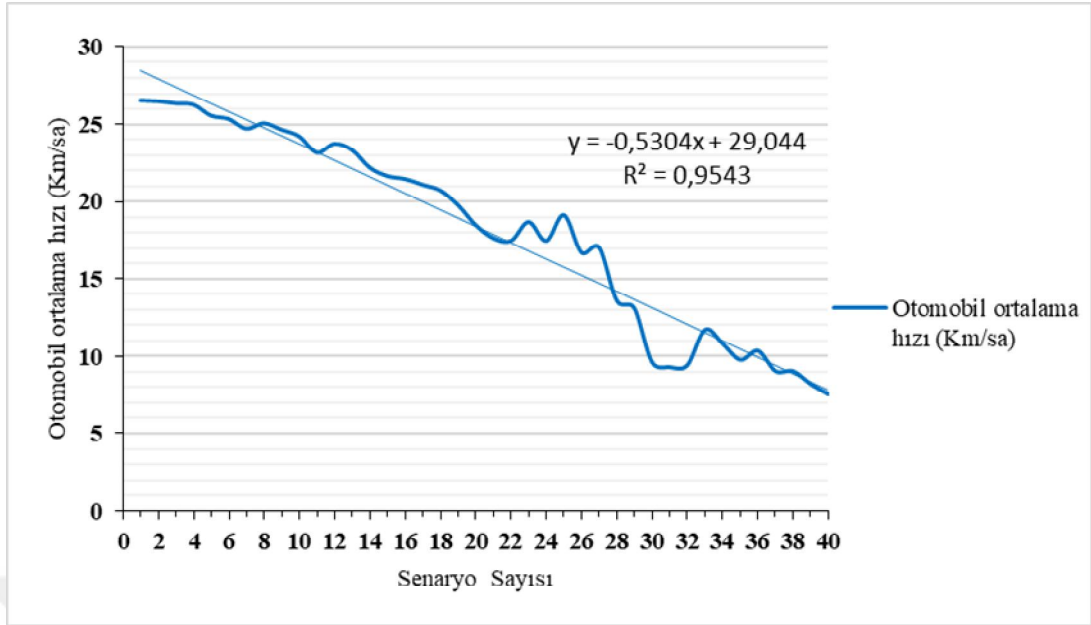


Şekil 4.49. Sisteme (ağ) ait senaryolara göre koordinasyon sonrası ortalama taşıt hızları

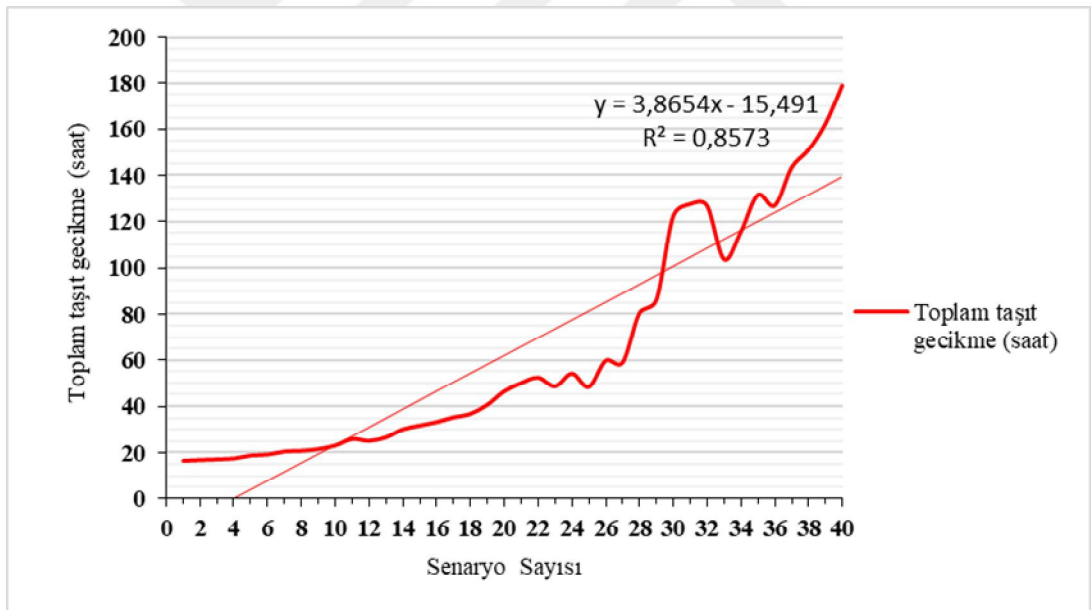


Şekil 4.50. Sisteme (ağ) ait senaryolara göre koordinasyon sonrası otomobil ortalama gecikmeleri

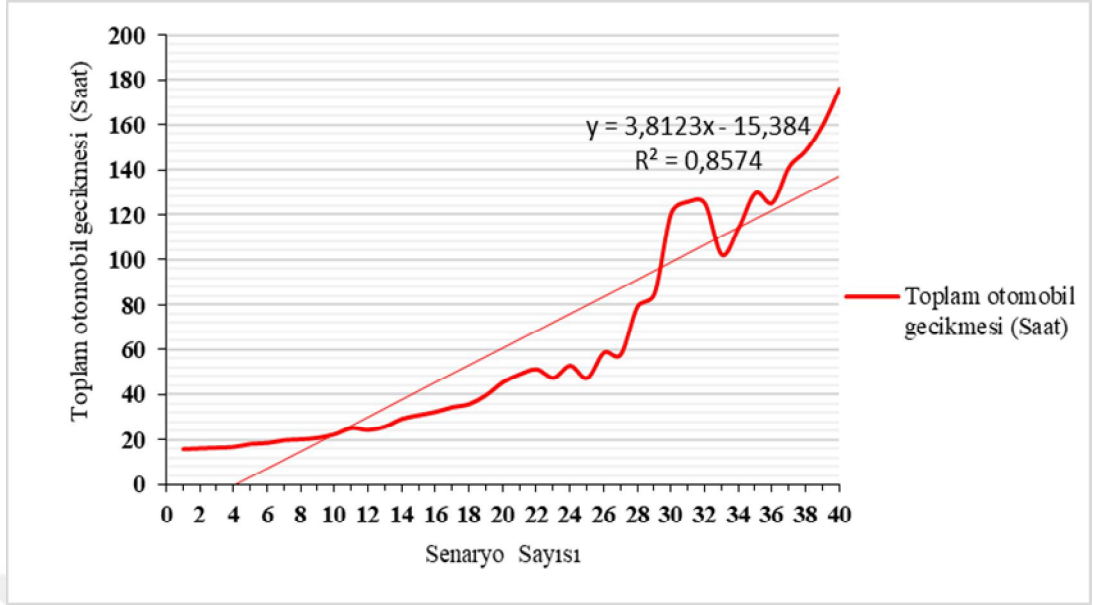




Şekil 4.51. Sisteme (ağ) ait senaryolara göre koordinasyon sonrası otomobil ortalama hızları



Şekil 4.52. Sisteme (ağ) ait senaryolara göre koordinasyon sonrası toplam taşıt gecikmeleri



Şekil 4.53. Sisteme (ağ) ait senaryolara göre koordinasyon sonrası toplam otomobil gecikmeleri

## BÖLÜM 5. DEĞERLENDİRME

Bu bölümde, VISSIM'de gözlemlenen ortalama taşıt gecikmesi, otomobil ortalama gecikmesi, toplam taşıt gecikmesi, ortalama taşıt hızı ile ortalama ve maksimum kuyruk uzunluk değerlerinin üzerinde ki sinyal koordinasyonunun etkilerini bulmak için elde edilen veriler, koordinasyon öncesi koşullarla karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

### 5.1. Mevcut Durum

Kavşakların mevcut geometrisi ile akım yönlü trafik hacim değerlerine göre VISSIM simülasyonundan elde edilen sonuçlara dayalı sinyal koordinasyon etkilerinin değerlendirmesi aşağıda Tablo 5.1. ve 5.2.'da gösterilmektedir.

Tablo 5.1. Marmul caddesinde ki birinci kavşağın mevcut durumuna ait akım yönleri ve trafik hacimlerine göre sinyal koordinasyonu sonrasında göre total değişimler (%)

Yönler	Dağılımlar	Ortalama taşıt gecikmesi (sn)	Ortalama kuyruk uzunluğu (m)	Maksimum kuyruk uzunluğu(m)
Batı	Marmul caddesi1-Marmul caddesi3	35,03 -Düşüş	35,12-Düşüş	1,12-Düşüş
	Marmul caddesi1- Abu.Alberoni caddesi4	36,44 -Düşüş		
	Marmul caddesi1- Sultan Raziya caddesi2	31,63 -Düşüş		
Güney	Sultan raziya caddesi-Abu.Alberoni caddesi	14,74-Düşüş	9,66-Düşüş	15,40-Artış
	Sultan Raziya caddesi2-Marmul caddesi1	8,10-Düşüş		
	Sultan Raziya caddesi2-Marmul caddesi3	8,5 -Artış		
Doğu	Marmul caddesi3-Marmul caddesi1	32,40 -Düşüş	47,78-Düşüş	18,19-Düşüş
	Marmul caddesi3-Abu.Alberoni caddesi4	56,69 -Düşüş		
	Marmul caddesi3-Sultan Raziya caddesi2	64,56 -Düşüş		
Kuzey	Abu.Alberoni caddesi-Sultan Raziya caddesi	169,84 -Artış	189,75-Artış	51,78-Artış
	Abu.Alberoni caddesi4-Marmul caddesi3	213,97-Artış		
	Abu.Alberoni caddesi4-Marmul caddesi1	151,99-Artış		

Tablo 5.2. Marmul caddesinde ki ikinci kavşağın mevcut durumuna ait akım yönleri ve trafik hacimlerine göre sinyal koordinasyonu sonrasında göre total değişimler (%)

Yönler	Dağılımlar	Ortalama taşıt gecikmesi (sn)	Ortalama kuyruk uzunluğu (m)	Maksimum kuyruk uzunluğu (m)
Batı	Marmul caddesi5 - Marmul caddesi7	40,69-Düşüş	44,63-Düşüş	17,65-Düşüş
	Marmul caddesi5-Darılaman caddesi8	7,08-Düşüş		
	Marmul caddesi5 - Çetgeri caddesi6	47,40-Düşüş		
Güney	Çetgeri caddesi6-Darılaman caddesi8	30,96-Artış	16,78-Artış	4,27-Artış
	Çetgeri caddesi6 - Marmul caddesi5	0,52-Artış		
	Çetgeri caddesi6 - Marmul caddesi7	1,49-Düşüş		
Doğu	Marmul caddesi7- Marmul caddesi5	26,37-Düşüş	22,97-Düşüş	15,74-Düşüş
	Marmul caddesi7-Darılaman caddesi	44,67-Düşüş		
	Marmul caddesi7-Çetgeri caddesi6	3,00-Düşüş		
Kuzey	Darılaman caddesi8-Çetgeri caddesi6	33,53-Artış	23,37-Artış	1,10-Düşüş
	Darılaman caddesi8-Marmul caddesi	8,98-Artış		
	Darılaman caddesi-Marmul caddesi7	3,23-Artış		

Tablo 5.1. ve 5.2.'de görüleceği üzere, gerek birinci gerekse de ikinci kavşakta, doğu-batı akım yönlerine ait gecikme ve kuyruk uzunluklarının azaltılmasında sinyal koordinasyonu etkili olmuş bununla beraber güney-kuzey akım yönlerinde ise trafik miktarının düşük olması sebebiyle aynı düzeyde etkinin elde edilemediği tespit edilmiştir. Başka bir ifade ile sinyal koordinasyonları kavşak ana arter yolunda (Marmul caddesi) daha etkili olmuştur. Tablo 5.3.' ise tekil olarak birinci ve ikinci kavşak için VISSIM simülasyon sonuçlarına dayalı sinyal koordinasyonun etkileri sunulmaktadır.

Tablo 5.3. Mevcut durum trafik değerleri açısından ait birinci ve ikinci kavşak için VISSIM simülasyon sonuçlarına dayalı sinyal koordinasyonun etkileri (%)

Kavşak No	Birinci Kavşak	İkinci Kavşak
Ortalama taşıt gecikme (sn)	2,03-Artış	19,36-Düşüş
Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	2,53-Artış	19,64-Düşüş
Ağır taşıt ortalama gecikmesi (sn)	43,55-Düşüş	-2,98-Artış
Otobüs ortalama gecikmesi (sn)	12,05-Artış	-
Ortalama kuyruk uzunluğu (m)	0,39-Artış	20,64-Düşüş
Maksimum kuyruk uzunluğu (m)	15,34-Artış	15,74-Düşüş

Tablo 5.3.'da görüldüğü üzere, sinyal koordinasyonu birinci kavşak için etkin olmamış fakat ikinci kavşak için ilgili zamansal ve kuyruklanma parametrelerinde önemli düşüşler sağlamıştır. Tablo 5.4.'de ise tüm sistem (ağ) için sinyal koordinasyonun etkileri gösterilmektedir.

Tablo 5.4. Mevcut duruma ait sistem (ağ) için sinyal koordinasyonun total etkileri (%)

Paremetreler	Sistem (Ağ)
Toplam taşıt gecikme (saat)	3,36 -Düşüş
Ortalama taşıt gecikme (sn)	3,36 -Düşüş
Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	3,09 -Düşüş
Ağır taşıt ortalama gecikmesi (sn)	27,52-Düşüş
Otobüs ortalama gecikmesi (sn)	12,02-Artış
Ortalama taşıt hız (km/sa)	1,85-Artış
Otomobil ortalama hızı (km/sa)	1,73-Artış
Ağır taşıt ortalama hızı (km/sa)	21,33-Artış
Otobüs ortalama hızı (km/sa)	8,88 -Düşüş

Mevcut trafik miktarlarının geçerli olduğu durum için tüm ağ (sistem) üzerinde sinyal koordinasyonun etkili olduğu Tablo 5.4.'de ki veriler incelendiğinde görülecektir. Bununla beraber, birinci kavşakta kuzey-göney yaklaşım kollarında otobüs miktarı fazla olduğu için bu taşıt cinsi için gecikme miktarında artış gözlemlenmiştir.

## 5.2. İyileştirilmiş Durum

Bu bölümde, daha önce belirtilen iyileştirilmiş geometrik düzenlemeler çerçevesinde kavşak için geliştirilen yeni tasarımına ait trafik miktarları değiştirilmeden uygulanan senaryoya göre VISSIM simülasyonu ile yapılan analizler açıklanmıştır. Her iki kavşak için yeni tasarım, akım yönleri ve mevcut trafik miktarlarına göre sinyal koordinasyonu esaslı VISSIM simülasyon sonuçları Tablo 5.5. ve Tablo 5.6.'da gösterilmektedir.

Tablo 5.5. Marmul caddesindeki birinci kavşağın iyileştirilmiş durumuna ait akım yönleri ve mevcut trafik miktarlarına göre sinyal koordinasyonun etkileri (%)

Yönler	Dağılımlar	Ortalama taşıt gecikmesi (sn)	Ortalama kuyruk uzunluğu (m)	Maksimum kuyruk uzunluğu (m)
Batı	Marmul caddesi1-Marmul caddesi3	8,37-Düşüş		
	Marmul caddesi1- Abu.Alberoni caddesi4	5,60-Düşüş	14,19-Düşüş	19,16-Düşüş
	Marmul caddesi1- Sultan Raziya caddesi2	22,15-Düşüş		
Güney	Sultan raziya caddesi-Abu.Alberoni caddesi	29,39-Düşüş		
	Sultan Raziya caddesi2-Marmul caddesi1	20,59-Düşüş	21,60-Düşüş	30,93-Düşüş
	Sultan Raziya caddesi2-Marmul caddesi3	7,31-Artış		
Doğu	Marmul caddesi3-Marmul caddesi1	4,24-Artış		
	Marmul caddesi3-Abu.Alberoni caddesi4	6,10-Artış	0,00	0,34-Artış
	Marmul caddesi3-Sultan Raziya caddesi2	3,29-Düşüş		

Tablo 5.5. (Devamı)

Yönler	Dağılımlar	Ortalama taşıt gecikmesi (sn)	Ortalama kuyruk uzunluğu (m)	Maksimum kuyruk uzunluğu (m)
	Abu.Alberoni caddesi-Sultan Raziya caddesi	4,32-Artış		
Kuzey	Abu.Alberoni caddesi4-Marmul caddesi3	0,17-Artış	9,14-Artış	0,38-Artış
	Abu.Alberoni caddesi4-Marmul caddesi1	10,6-Artış		

Tablo 5.6. Marmul caddesindeki ikinci kavşağın iyileştirilmiş durumuna ait akım yönleri ve mevcut trafik miktarlarına göre sinyal koordinasyonun etkileri (%)

Yönler	Dağılımlar	Ortalama taşıt gecikmesi (sn)	Ortalama kuyruk uzunluğu (m)	Maksimum kuyruk uzunluğu (m)
	Marmul caddesi5 - Marmul caddesi7	72,78-Düşüş		
Batı	Marmul caddesi5-Darılaman caddesi8	65,89-Düşüş	76,99-Düşüş	52,55-Düşüş
	Marmul caddesi5 - Çetgeri caddesi6	74,48-Düşüş		
	Çetgeri caddesi6- Darılaman caddesi8	10,70-Artış		
Güney	Çetgeri caddesi6 - Marmul caddesi5	15,89-Artış	13,23-Artış	25,41-Artış
	Çetgeri caddesi6 - Marmul caddesi7	1,95-Düşüş		
	Marmul caddesi7- Marmul caddesi5	20,96-Artış		
Doğu	Marmul caddesi7-Darılaman caddesi	16,96-Artış	20,25-Artış	26,66-Artış
	Marmul caddesi7-Çetgeri caddesi6	4,72-Artış		
	Darılaman caddesi8-Çetgeri caddesi6	25,39-Artış		
Kuzey	Darılaman caddesi8-Marmul caddesi	16,30-Düşüş	9,90-Artış	11,04-Düşüş
	Darılaman caddesi-Marmul caddesi7	100,56-Artış		

Tablo 5.5. ve 5.6.'den irdelendiğinde, birinci kavşakta batı ve güney akım yönlerinde, ikinci kavşakta batı akım yönünde sinyal koordinasyonun etkili olduğu görülmektedir. Bununla beraber, birinci kavşakta doğu ve kuzey, ikinci kavşakta ise doğu, kuzey ve güney akım yönlerinde etkin olmadığı görülmüştür. Tablo 5.7.'de iyileştirilmiş duruma ait birinci ve ikinci kavşak için VISSIM simülasyon sonuçlarına dayalı sinyal koordinasyonun etkileri gösterilmektedir.

Tablo 5.7. İyileştirilmiş duruma ait birinci ve ikinci kavşak için VISSIM simülasyon sonuçlarına dayalı sinyal koordinasyonun etkileri (%)

Kavşak No	Birinci Kavşak	İkinci Kavşak
Ortalama taşıt gecikmesi (sn)	2,29-Düşüş	0,70-Düşüş
Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	2,20-Düşüş	0,71-Düşüş
Ağır taşıt ortalama gecikmesi (sn)	31,97-Artış	0,14-Artış
Otobüs ortalama gecikmesi (sn)	0,00	-
Ortalama kuyruk uzunluğu (m)	5,39-Düşüş	0,07-Düşüş
Maksimum kuyruk uzunluğu (m)	17,50-Düşüş	2,72-Artış

Kavşaklarının iyileştirilmiş durumunda sinyal koordinasyonu uygulamasının tekil kavşaklar üzerinde düşük düzeyde etkili olduğu Tablo 5.7.'den dikkatle incelendiğinde görülmektedir. Öte yandan ağır taşıt ortalama gecikmesinde özellikle birinci kavşak özelinde önemli bir artış görülmüştür. Bu artışın nedeni, doğu akım yönünde ağır taşıt trafik miktarının çokluğuna rağmen doğu (doğu bant genişliği) akım yönünde sinyal koordinasyonun sağlanamaması ile ilgilidir.

Tablo 5.8.'de sinyal koordinasyonun tüm sisteme (ağ) ait parametreler açısından total etkileri gösterilmektedir.

Tablo 5.8. İyileştirilmiş duruma ait sistem (ağ) için sinyal koordinasyonun etkileri (%)

Paremetreler	Sistem(ağ)
Toplam taşıt gecikmesi (saat)	8,85-Düşüş
Ortalama taşıt gecikmesi (sn)	8,87-Düşüş
Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	8,97-Düşüş
Ağır taşıt ortalama gecikmesi (sn)	2,27-Düşüş
Otobüs ortalama gecikmesi (sn)	3,02-Artış
Ortalama taşıt hız (km/sa)	4,74-Artış
Otomobil ortalama hızı (km/sa)	4,77-Artış
Ağır taşıt ortalama hızı (km/sa)	1,22-Artış
Otobüs ortalama hızı (km/sa)	1,73-Düşüş

Tablo 5.8.'den dikkatle irdelendiğinde, iyileştirilmiş durumda sinyal koordinasyonu uygulamasının sistem (ağ) için etkin sonuçlar ürettiği görülmüştür. Bununla beraber, otobüs miktarı birinci kavşakta kuzey-güney yaklaşım kollarında fazla olduğu için otobüs ortalama gecikmesinde artış görülmektedir.

### 5.3. Kavşakların Geometrik İyileştirmesi ve Performansa Etkisi

Geometrisi iyileştirilmiş tüm sistem (ağ) için mevcut durum ve trafik akım değerlerine göre VISSIM den elde edilen analiz sonuçlarına dayalı sinyal koordinasyon öncesi ve sonrası performans parametrelerine ait değerler aşağıdaki Tablo 5.9.' da gösterilmektedir.

Tablo 5.9. İyileştirilmiş kavşak sisteminin sinyal koordinasyonu öncesi ve sonrası mevcut duruma göre etkisi (%)

Parametreler	Koordinasyondan önce	Koordinasyondan Sonra
Toplam taşıt gecikmesi (saat)	51,78-Düşüş	54,51-Düşüş
Ortalama taşıt gecikmesi (sn)	52,13-Düşüş	54,85-Düşüş
Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	52,06-Düşüş	54,96-Düşüş
Ağır taşıt ortalama gecikmesi (sn)	56,74-Düşüş	41,67-Düşüş
Otobüs ortalama gecikmesi (sn)	70,55-Düşüş	72,92-Düşüş
Ortalama taşıt hız (km/sa)	56,61-Artış	61,04-Artış
Otomobil ortalama hızı (km/sa)	56,45-Artış	61,13-Artış
Ağır taşıt ortalama hızı (km/sa)	73,09-Artış	44,41-Artış
Otobüs ortalama hızı (km/sa)	131,32-Artış	149,46-Artış

Tablo 5.9.' de görüldüğü üzere, sistem (ağ) için yapılan geometrik iyileştirmenin sinyal koordinasyonu öncesi mevcut duruma göre; toplam taşıt gecikmesini %51,78, ortalama taşıt gecikmesini %52,13, otomobil ortalama gecikmesini %52,06, ağır taşıt ortalama gecikmesini %56,74, otobüs ortalama gecikmesini %70,55 oranında düşürmüştür. Bununla beraber, ortalama taşıt hızını %56,61, otomobil ortalama hızını %56,45, ağır taşıt ortalama hızını %73,09, otobüs ortalama hızını da %131,32 oranında arttırmıştır. Geometrik iyileştirme ve sinyal koordinasyonu kombinasyonu sonrası ise toplam taşıt gecikmesi %54,51, ortalama taşıt gecikmesi %54,85, otomobil ortalama gecikmesi %54,96, ağır taşıt ortalama gecikmesi %41,67, otobüs ortalama gecikmesi %72,92 oranında azalmıştır. Ayrıca, ortalama taşıt hızı %61,04, otomobil ortalama hızı %61,13, ağır taşıt ortalama hızı %44,41, otobüs ortalama hızı da %149,46 oranında artmıştır. Dolayısı ile kavşaklarının geometrik tasarımının iyileştirilmesinin hizmet düzeyinin artmasındaki olumlu etkisi açıkça görülmektedir.

#### 5.4. Senaryo Değerlendirmeleri

İlk senaryonun analiz sonuçları esas alınarak 40'inci senaryo ile karşılaştırma yapılmıştır. Karşılaştırma için bu iki senaryo, trafik akımının hiç değiştirilmediği durum ile en fazla trafik akım değerinin olduğu senaryo arasındaki değişimin ortaya konulması amacıyla seçilmiştir. Her bir senaryonun karşılıklı karşılaştırılması için yapılacak analizlerde çok sayıda karşılaştırma kombinasyonunun olması bu çerçevedeki analiz çalışmasını imkansız kılmaktadır. 1'inci ve 40'inci senaryo'ya trafik akım miktarları Ek B.'de kavşak ve sistem(ağ) için verilmiştir.



Sinyal koordinasyonu öncesi birinci kavşak için iyileştirilmiş durum (ilk senaryo) ile 40'inci senaryonun karşılaştırılması, ortalama taşıt gecikmesinde %212,98, otomobil ortalama gecikmesinde %212,12, ortalama kuyruk uzunluğunda %660,04, maksimum kuyruk uzunluğunda ise %153,25 oranında artan bir değişimin olduğunu ortaya koymuştur. Sinyal koordinasyonu sonrası ise ortalama taşıt gecikmesi %314,23, otomobil ortalama gecikmesi %314,56, ortalama kuyruk uzunluğu %1022,12 ve maksimum kuyruk uzunluğu da %207,83 oranında artmıştır. Sinyal koordinasyonu öncesi birinci kavşak için yapılan doğrusal regresyon analizinde  $R^2$  değerleri; ortalama taşıt gecikmesi için %93,3, otomobil ortalama gecikmesi için %93,34, ortalama kuyruk uzunluğu için %93,86 ve maksimum kuyruk uzunluğu için ise % 89,15 olarak bulunmuştur. Sinyal koordinasyonu sonrası için ise aynı kavşakta ki  $R^2$  değerleri, ortalama taşıt gecikmesi için %92,72, otomobil ortalama gecikmesi için %90,64, ortalama kuyruk uzunluğu için %89,7 ve maksimum kuyruk uzunluğu için de %92,16 olarak elde edilmiştir. Elde edilen regoresyon değerleri güçlü bir ilişkiyi temsil etmektedir.

Sinyal koordinasyonu öncesi ikinci kavşak için iyileştirilmiş duruma (ilk senaryo'ya) göre 40'inci senaryonun karşılaştırılması sonucunda, ortalama taşıt gecikmesinin %236,43, otomobil ortalama gecikmesinin %236,95, ortalama kuyruk uzunluğunun %799,52, maksimum kuyruk uzunluğunun ise %309,26 oranında arttığı tespit edilmiştir. Sinyal koordinasyonu sonrası yapılan karşılaştırmada ise ikinci kavşaktaki ortalama taşıt gecikmesi %592,33, otomobil ortalama gecikmesi %594,30, ortalama kuyruk uzunluğu %1709,98 ve maksimum kuyruk uzunluğu %277,85 oranında artmıştır. Sinyal koordinasyonu öncesi için yapılan doğrusal regresyon analizleri sonucu elde edilen  $R^2$  değerleri, ortalama taşıt gecikmesi için %81,35, otomobil ortalama gecikmesi için %81,26, ortalama kuyruk uzunluğu için %76,69 ve maksimum kuyruk uzunluğu için ise %91,77 olarak bulunmuştur. Sinyal koordinasyon sonrası ikinci kavşak için regoresyon  $R^2$  değerleri ise, ortalama taşıt gecikmesi için %66,08, otomobil ortalama gecikmesi için %66,09, ortalama kuyruk uzunluğu için %68,58 ve maksimum kuyruk uzunluğu için de %88,16 olarak belirlenmiştir. Maksimum kuyruk uzunluğunun regoresyon  $R^2$  değeri güçlü bir ilişkiyi temsil ederken, diğer  $R^2$  değerleri çok güçlü bir ilişkiyi temsil etmemekle

beraber, doğrusal ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı bir seviyede olduğuna işaret etmektedir.

Sinyal koordinasyonu öncesi tüm sistem (ağ) için sadece geometrik iyileştirilmeyi temsil eden ilk senaryo ile 40'inci senaryonun karşılaştırılması, toplam taşıt gecikmesinin %606,49, toplam otomobil gecikmesinin %607,87, ortalama taşıt gecikmesinin %236,92 ve otomobil ortalama gecikmesinin de %236,80 oranında arttığını göstermektedir. Bununla beraber ortalama taşıt hızı %56,43 ve otomobil ortalama hızı %56,3 oranında düşmüştür. Sinyal koordinasyonu sonrası ise toplam taşıt gecikmesi %999,32, otomobil toplam gecikmesi %1003,63, ortalama taşıt gecikmesi %476,13 ve otomobil ortalama gecikmesi %477,09 oranında artmıştır. Bu bulgulara paralel olarak da ortalama taşıt hızı %71,51, otomobil ortalama hızı ise %71,51 oranında düşmüştür.

Sinyal koordinasyonu öncesi tüm sistemi temsil edecek şekilde yapılan doğrusal regresyon analiz sonuçlarına göre elde edilen  $R^2$  değerleri; toplam taşıt gecikmesi için %90,26, otomobil toplam gecikmesi için %90,28, ortalama taşıt gecikmesi için %90,23, otomobil ortalama gecikmesi için %90,23, ortalama taşıt hızı için %96,85 ve otomobil ortalama hızı için %96,87 olarak bulunmuştur. Elde edilen regoresyon değerleri sinyal koordinasyonu öncesi güçlü bir ilişkiyi temsil etmektedir. Sinyal koordinasyonu sonrası analizlerde ise  $R^2$  değerleri; toplam taşıt gecikmesi için %85,73, otomobil toplam gecikmesi için %85,74, ortalama taşıt gecikmesi için %83,2, otomobil ortalama gecikmesi için %83,18, ortalama taşıt hızı için %95,47 ve otomobil ortalama hızı için %95,43 olarak belirlenmiştir. Elde edilen regoresyon değerleri sinyal koordinasyonu sonrası için de güçlü bir ilişkiyi temsil etmektedir.

## BÖLÜM 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### 6.1. Sonuçlar

Bu araştırmanın analizler bölümü mevcut durum, iyileştirilmiş durum ve senaryo uygulamalarından oluştuğu için her bir kısım ayrı ayrı ele alınmış ve incelenmiştir.

Araştırmanın birinci kısmında, mevcut geometrisi ve trafik miktarları açısından kavşakların tekil ve sistemsal (ağ) analizleri bulunmaktadır. Bu kısımda, sinyal koordinasyonu öncesi ve sonrası ortalama taşıt gecikmesi, ortalama ve maksimum kuyruk uzunluk değerleri gözlemlenmiştir. Bu amaçla SIDRA yazılımı ile elde edilen sinyalizasyon faz ve devre süreleri ve mevcut trafik akım değerleri VISSIM de yapılan 1 saatlik simülasyon uygulamasında kullanılmıştır. Çalışmalar sonucunda, kavşak geometrisi iyileştirilmesi olmaksızın, kavşaklar arası sinyal koordinasyonu oluşturulması durumunda, sistem için toplam taşıt gecikmelerinde yüzde 3,36'a varan düşüşler görülmüştür. Ayrıca, birinci ve ikinci kavşağa ait ana akım kolu olan batı-doğu akım yönünde sinyal koordinasyonun etkin olduğu görülmüştür.

Araştırmanın ikinci kısmında, geometrik iyileştirilme yapılmış durum (ilk senaryo) dikkate alınmış, sinyal koordinasyonu öncesi ve sonrası her bir kavşak için ayrı ayrı elde edilen analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Ayrıca her iki kavşağın birlikte oluşturduğu sisteme (ağa) ait analiz sonuçları çerçevesinde, mevcut durum ile iyileştirilmiş durum kıyaslanmıştır. Karşılaştırmalar sonucunda elde edilen sonuçlar şu şekilde değerlendirilmektedir

- Geometrik iyileştirmeden önce birinci kavşağın devre süresi 120, ikinci kavşağın devre süresi ise 80 saniye olarak elde edilmiştir. Bununla beraber, sinyal koordinasyonu sonrası kavşakların devre süresi 115 saniye olarak elde

edilmiştir. Geometrik tasarım iyileştirilmesinden sonra birinci kavşağın devre süresi 60 saniye'ye düşerken ikinci kavşağın devre süresi de 55 saniye olarak elde edilmiştir. Bununla beraber, sinyal koordinasyonu sonrası kavşakların devre süresi ise 55 saniye olarak elde edilmiştir.

- Birinci ve ikinci kavşağa ait ana akım kolu olan batı akım yönünde sinyal koordinasyonunun etkin olduğu görülmekle beraber birinci ve ikinci kavşak için diğer ana akım kolu olan doğu akım yönünde koordinasyon eksikliğinden dolayı iyileşme olmadığı belirlenmiştir.
- Geometrik tasarım iyileştirildikten sonra Marmul caddesine ait birinci ve ikinci kavşak arasında koordinasyon sağlanması durumunda sistem için toplam taşıt gecikmelerinde yüzde 8,85'a varan düşüşler görülmüştür.
- VISSIM den elde edilen analiz sonuçlarına göre mevcut duruma ait birinci kavşağın hizmet düzeyi D, ikinci kavşağın hizmet düzeyi C olarak görülmüştür. İyileştirilmiş duruma ait birinci kavşağın hizmet düzeyi C, ikinci kavşağın hizmet düzeyi de B olarak elde edilmiştir.
- Mevcut durum ile iyileştirilmiş durum kıyaslandığında, iyileştirilmiş durumda koordinasyon öncesi sistem (ağ) için toplam taşıt gecikmelerinde yüzde 51,78'a, koordinasyon sonrası ise toplam taşıt gecikmelerin de yüzde 54,51'a ulaşan düşüşler görülmüştür.

Çalışmanın son kısmında yapılan geometrik iyileştirme durumunu esas alarak kavşakların hizmet düzeyi F düzeyine erişene kadar her yaklaşım kollarına ait trafik hacmi kümülatif olarak tablo 4.10.'de gösterildiği gibi arttırılmıştır. 40 farklı trafik akım senaryosu dikkate alınarak her bir trafik akım senaryosu ayrı ayrı analiz edilmiştir. Trafik etkilerinin gözlemlenmesi amacıyla hem gelecek durumlarını, hem de farklı senaryoları görmek için VISSIM ile simülasyon yapılmıştır. VISSIM ile kent içi iki ardışık sinyalizasyon kavşak üzerinde gerçekleştirilen gecikme ve kuyruklanma etüd analizi sonuçları aşağıda değerlendirilmiştir.

- Gecikme etüd analiz sonuçlarına göre birinci ve ikinci kavşak arasında koordinasyon oluşturulduktan sonra birinci kavşak için maksimum ortalama taşıt gecikme artışı, %314.23, maksimum otomobil ortalama gecikme artışı

ise %314.56 ile 40. senaryoda elde edilmiştir. İkinci kavşak için ise en yüksek ortalama taşıt gecikme artışı %592,33 ve en yüksek otomobil ortalama gecikme artışı %594,30 olarak taşıt miktarı kümülatif yüzdesel artışları ile elde edilen yine 40. Senaryo'ya ait trafik akım değerlerinde elde edilmiştir.

- Kuyruklanma etüd analiz sonuçlarına göre kavşaklar arası sinyal koordinasyonu oluşturulduktan sonra birinci kavşak için en yüksek ortalama kuyruk uzunluk artışı %1022,12, ve maksimum kuyruk uzunluk artışı %207,83 oranlarında 40. Senaryo akım değerlerinde elde edilmiştir. İkinci kavşak için ise en yüksek ortalama kuyruk uzunluk artışı yine aynı senaryo için %1709,98 olarak bulunmuştur. Ayrıca, sinyal koordinasyonu öncesi kuyruklanma etüd analiz sonuçlarına göre ikinci kavşak için maksimum kuyruk uzunluk artışı % 309,26 olarak gözlemlenmiştir.
- Tüm ağın (sistem) gecikme, kuyruklama ve hız etüd analiz sonuçlarına göre bu değerlerdeki en yüksek artış sinyal koordinasyonu sonrası meydana gelmiştir.
- Her bir tekil kavşak ve sistem (ağ) için senaryolara bağlı olarak ortalama taşıt gecikmesi, otomobil ortalama gecikmesi ile hız ve kuyruklanma değerlerinin regresyon analiz sonuçlarına göre sinyal koordinasyonu öncesi elde edilen doğrusal ilişkileri temsil eden  $R^2$  değerlerinin güçlü bir ilişkiyi temsil ettiği görülmüştür.

Elde edilen analiz sonuçlarına göre, Marmul caddesi üzerindeki kavşaklarda koordinasyonun sağlanması ve kavşaklarda yaklaşım kollarının 2 şeride çıkarılmasının uygun olacağı öngörülmüştür.

## 6.2. Öneriler

Bu çalışmada, gecikme tahminleri VISSIM Simülasyon yazılımı ile yapılmıştır. VISSIM yazılımının ihtiyaç duyduğu sinyalizasyon devre ve faz süreleri içinde SIDRA programı kullanılmıştır. Tez çalışma konusuna ait çalışmanın hacminin oldukça kapsamlı olması nedeniyle, yaya hareketlilikleri ve parklanma etkisi göz önünde bulundurulmamıştır.

- Gelecekte yapılması planlanan çalışmada, güzergah boyunca park halindeki taşıtların ve yayaların etkisinin araştırılması da önerilmektedir.
- Sinyalizasyon kavşaklara öncelikli sistemlerin de dahil edilmesi ile gecikme, hız ve kuyruklanma optimizasyonunu sağlayan devre ve faz sürelerinin elde edilmesi üzerine Afganistan özelinde araştırmalar önerilmektedir.
- VISSIM simülasyon yazılımı ile bu çalışmada elde edilen parametrelerin, diğer hesaplama yöntemleri ile de hesaplanarak değerlendirilmesi veya başka mikro ölçekli yazılım sonuçları ile karşılaştırılması, VISSIM Simülasyon yazılımının doğruluğunun ve Afganistan'ın trafik koşullarına göre uygulanabilirliğinin belirlenmesi adına önerilecek bir diğer çalışmadır.
- Mevcut farklı simülasyon yazılımları ile Afganistan'da trafik sorunlarının çözümü için mevcut geometrik ve iyileştirilmiş senaryolar açısından yapılacak uygulamalar ile iyi senaryoların, uygulama stratejilerinin, belirlenmesinin Afganistan ekonomisine olacak katkılarının tespit edilmesi de bir diğer öneri olarak sunulmaktadır.
- Son olarak, Afganistan'da sürücü davranışları ve trafik özellikleri için özgün bir yazılımın geliştirilmesi ve Afganistan'daki trafik çalışmalarında kullanılmak üzere güvenilir bir veri tabanı oluşturmak için etkili resmi bir kurum oluşturulması önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Roess, R. P., Prassas, E. S. and McShane, W. R., Traffic Engineering (4th edition), Pearson Higher Education, 632-655, 2011.
- [2] Murat, Y. S. & Cakici., Sinyalize Kavşaklarda Durma Gecikmesi ve Kontrol Gecikmesi Arasındaki İlişkinin İncelenmesi, Conference. 12. Ulaştırma Kongresi, Ulaştırma Kongresi Bildiriler Kitabı, Vol:12. At 13-24, 2017.
- [3] Sohrab, S., Delay Field Study at Signalized and Stop-Controlled Intersections . Research Gate, 2015.
- [4] Mohimani, G. H., Ashtiani, F., Javanmard, A. & Hamdi, M., Mobility modeling, spatial traffic distribution, and probability of connectivity for sparse and dense vehicular ad hoc networks. IEEE Transactions On Vehicular Technology, Vol. 58, No. 4, 2009.
- [5] Fu, L., and Hellinga, B, Delay variability at signalized intersections. In Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No.1710, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 2000, pp.215-221.
- [6] Park, B. B., and Schneeberger, J., "Microscopic Simulation Model Calibration and validation: case study of VISSIM simulation model for a coordinated actuated Signal system," Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, vol. 1856, pp. 185-192, 2003.
- [7] Tian, Z. Z., Urbanik, T., Engelbrecht, R. and Balke, K., "Variations in capacity and delay estimates from microscopic traffic simulation models," Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, vol. 1802, pp. 23-31, 2002.
- [8] [www.ucivil.ir](http://www.ucivil.ir), Erişim Tarihi: 2.02.2019.
- [9] Calibrate traffic engineering software based on traffic conditions, Tehran City, Introduction to Traffic Engineering Simulation Software, Vol. 1, 2016.
- [10] [www.mohandes.com](http://www.mohandes.com), Erişim Tarihi: 02.02.2019.
- [11] [www.harkatepaydar.com](http://www.harkatepaydar.com), Erişim Tarihi: 02.02.2019.

- [12] Dion, F., Rakha, H. and Kang, Y. S., "Comparison of delay estimates at under-saturated and over-saturated pre-timed signalized intersections," *Transportation Research Part B: Methodological*, vol. 38, pp. 99-122, 2004.
- [13] Mathew, T., IIT Bombay, *Transportation Systems Engineering*, chapter. 35 *Signalized Intersection Delay Models*, 2014.
- [14] Lohey, A. & Gupta, S., *Establishing Relationship between Actual Delay and Delay by HCM Model*, *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, Vol. 8, pp. 360–367, 2017.
- [15] *Highway Capacity Manual*, 2010.
- [16] Keita, Y. M. and Saito, M., "Evaluation of the IQA Delay Estimation Method." *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol. 16, pp. 792-802, 2011.
- [17] Şahin, F. E., *Eskişehir Yeni Garının Trafik Etkilerinin Değerlendirilmesi*, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2015.
- [18] Bhattarai, B. and Marsani, A., *Time Based Traffic Signal Coordination (A Case Study of Gathaghar and Naya Thimi Intersections)*, *Proceedings of IOE Graduate Conference*, pp. 48–54, 2015.
- [19] Fred L. & Orcutt Jr., *The Traffic Signal Book*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J, 1993.
- [20] Nesheli, M. M., Puan, O.C. and Roshandeh, A. M., *Optimization Of Traffic Signal Coordination System On Congestion: A Case Study*, *Wseas Transactions On Advances In Engineering Education*, Issue 7, Vol: 6, 2009.
- [21] Venter, B.D., Dr. M.J. and Vermeulen, J. Barcel'ó., *The advantages of microsimulation in traffic modelling with reference to the n4 platinum toll road*. 2001.
- [22] Jagali, R. P. and Kadam, R. L. *Traffic Queuing Analysis on Chord Road, Vijayanagar, Bengaluru using PTV VISSIM Software*, *GRD Journals- Global Research and Development Journal for Engineering*, Issue 9, Vol.1, 2016
- [23] Khaki, A.M. and Yousefi, F., *Determine LOS intersection without traffic lights using the delay resulting from simulation*, Case study: Noor City Network, 8<sup>th</sup> National Congress on Civil Engineering, Karaj, Sazeh Kavire Company, 2013.



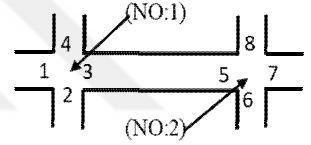
- [24] Harsha Priya. K., Ravi Shankarb. K.V. R., Prasad. C. S. R. K., & Reddy. T. S, Evaluation of Area Traffic Management Measures using Microscopic Simulation Model, The Conference of Transportation Research Group of India (2nd CTRG), Procedia - Social and Behavioral Sciences, 104 (2013) 815–824.
- [25] [https://www.civilica.com/Paper-ICSAU05-ICSAU05\\_0058.html](https://www.civilica.com/Paper-ICSAU05-ICSAU05_0058.html), Erişim Tarihi: 01.05.2019.
- [26] [https://www.civilica.com/Paper-TTC17-TTC17\\_008.html](https://www.civilica.com/Paper-TTC17-TTC17_008.html), Erişim Tarihi: 01.05.2019.
- [27] [http://jte.sinaweb.net/article\\_54259.html](http://jte.sinaweb.net/article_54259.html), Erişim Tarihi: 03.05.2019
- [28] [https://www.civilica.com/Paper-NCHTE01NCHTE01\\_008.html](https://www.civilica.com/Paper-NCHTE01NCHTE01_008.html), Erişim Tarihi: 02.05.2019.
- [29] [https://www.civilica.com/Paper-CEUCONF04-CEUCONF04\\_625.html](https://www.civilica.com/Paper-CEUCONF04-CEUCONF04_625.html) Erişim Tarihi: 09.05.2019.
- [30] Saha, P., Hossain, Q. S., Mahmud, H. M. I. and Islam, Z. Passenger Car Equivalent (PCE) Of Through Vehicles At Signalized Intersections In Dhaka Metropolitan City, Bangladesh. IATSS Research Vol.33 No.2, 2009.
- [31] [traffic.tehran.ir](http://traffic.tehran.ir), Erişim Tarihi: 03.07.2019.

## EKLER

### Ek A Birinci ve İkinci Kavşak İçin Yapılan Trafik Sayımları

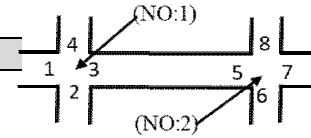
Tablo A.1. Marmul caddesine ait birinci kaşağının 1 numaralı akım yönünün sayımları

Akım	Otomobil	Minibüs	Otobüs	Kamyon ,Tır	Motorsiklet	3Tekerlik motorsiklet	Toplam	Ağır taşıt oranı	Toplam 2 şeriteki araç
1--3								Saat	Sayı
16:00-16:15	84	9	2		12	15	122	16:00-16:15	192
16:15-16:30	103	12	1		8	7	131	16:15-16:30	195
16:30-16:45	73	5	1		14	5	98	16:30-16:45	167
16:45-17:00	110	7	1		10	8	136	16:45-17:00	184
1--2	370	33	0	5	44	35	487	Toplam	738
16:00-16:15	11				1	1	13	Mak 15DK	780
16:15-16:30	17	1			1	1	20	PHF	
16:30-16:45	19				2		21	ŞİMATİK	
16:45-17:00	11				1		12		
1--4	58	1	0	0	5	2	66		
16:00-16:15	46			1	7	3	57		
16:15-16:30	36	1			4	3	44		
16:30-16:45	42				3	3	48		
16:45-17:00	34				1	1	36		
	158	1	0	1	15	10	185		



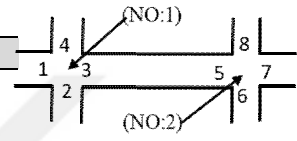
Tablo A.2. Marmul caddesine ait birinci kaşağının 2 numaralı akım yönünün sayımları

Akım	Otomobil	Minibüs	Otobüs	Kamyon ,Tır	Motorsiklet	3Tekerlik motorsiklet	Toplam	Ağır taşıt oranı	Toplam 2 şeriteki araç
2--4								Saat	Sayı
16:00-16:15	6				1	1	8	16:00-16:15	25
16:15-16:30	5				2		7	16:15-16:30	22
16:30-16:45	6				2	1	9	16:30-16:45	26
16:45-17:00	5				2	1	8	16:45-17:00	25
2--3	22	0	0	0	7	3	32	Toplam	98
16:00-16:15	6				2	1	9	Mak 15DK	104
16:15-16:30	3				2		5	PHF	
16:30-16:45	2					2	4	ŞİMATİK	
16:45-17:00	4				2		6		
2--1	15	0	0	0	6	3	24		
16:00-16:15	7				1		8		
16:15-16:30	9				1		10		
16:30-16:45	12		1				13		
16:45-17:00	11						11		
	39	0	1	0	2	0	42		



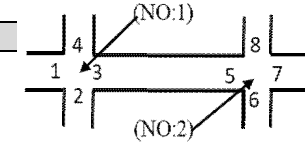
Tablo A.3. Marmul caddesine ait birici kaşâğının 3 numaralı akım yönünün sayımları

Akım	Otomobil	Minibüs	Otobüs	Kamyon ,Tır	Motorsiklet	3Tekerlik motorsiklet	Toplam	Ağır taşıt oranı	Toplam 2 şeriteki araç
3--1								Saat	Sayısı
16:00-16:15	90	12		1	12	8	123	16:00-16:15	146
16:15-16:30	75	7		3	13	8	106	16:15-16:30	127
16:30-16:45	79	5		2	7	9	102	16:30-16:45	136
16:45-17:00	93	9			15	4	121	16:45-17:00	141
3--2	337	33	0	6	47	29	452	Toplam	550
16:00-16:15	3				4	1	8	Mak 15DK	584
16:15-16:30	7					1	8	PHF	
16:30-16:45	5	2			2		9	ŞİMATİK	
16:45-17:00	2						2		
3--4	17	2	0	0	6	2	27		
16:00-16:15	11					4	15		
16:15-16:30	12					1	13		
16:30-16:45	20				2	3	25		
16:45-17:00	13			1	3	1	18		
	56	0	0	1	5	9	71		



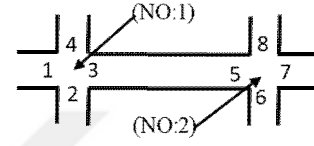
Tablo A.4. Marmul caddesine ait birici kaşâğının 4 numaralı akım yönünün sayımları

Akım	Otomobil	Minibüs	Otobüs	Kamyon ,Tır	Motorsiklet	3Tekerlik motorsiklet	Toplam	Ağır taşıt oranı	Toplam 2 şeriteki araç
4--2								Saat	Sayısı
16:00-16:15	9				4	1	14	16:00-16:15	72
16:15-16:30	13				1	1	15	16:15-16:30	83
16:30-16:45	11				2		13	16:30-16:45	80
16:45-17:00	12				2	3	17	16:45-17:00	86
4--1	45	0	0	0	9	5	59	Toplam	321
16:00-16:15	32				8	2	42	Mak 15DK	344
16:15-16:30	41				3	2	46	PHF	
16:30-16:45	41	1	1		6	1	50	ŞİMATİK	
16:45-17:00	40			1	3	4	48		
4--3	154	1	1	1	20	9	186		
16:00-16:15	12				2	2	16		
16:15-16:30	18					4	22		
16:30-16:45	9				5	3	17		
16:45-17:00	15				4	2	21		
	54	0	0	0	11	11	76		



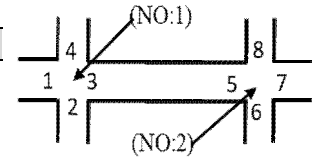
Tablo A.5. Marmul caddesine ait ikinci kaşağının 5 numaralı akım yönünün sayımları

Akım	Otomobil	Minibüs	Otobüs	Kamyon ,Tır	Motorsiklet	3Tekerlik motorsiklet	Toplam	Ağır taşıt oranı	Toplam 2 şeriteki araç
5--7								Saat	Sayısı
16:00-16:15	79	9	3		11	16	118	16:00-16:15	150
16:15-16:30	88	11	3		19	10	131	16:15-16:30	164
16:30-16:45	65	6	1		11	12	95	16:30-16:45	128
16:45-17:00	83	7	1		9	9	109	16:45-17:00	140
5--6	315	33	0	8	50	47	453	Toplam	582
16:00-16:15	14				1		15	Mak 15DK	656
16:15-16:30	14	1			1		16	PHF	
16:30-16:45	12				2		14	ŞİMATİK	
16:45-17:00	14						14		
5--8	54	1	0	0	4	0	59		
16:00-16:15	13				4		17		
16:15-16:30	16				1		17		
16:30-16:45	15				3	1	19		
16:45-17:00	16				1		17		
	60	0	0	0	9	1	70		



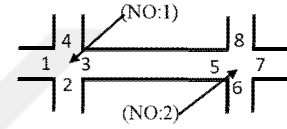
Tablo A.6. Marmul caddesine ait ikinci kaşağının 6 numaralı akım yönünün sayımları

Akım	Otomobil	Minibüs	Otobüs	Kamyon ,Tır	Motorsiklet	3Tekerlik motorsiklet	Toplam	Ağır taşıt oranı	Toplam 2 şeriteki araç
6--8								Saat	Sayısı
16:00-16:15	6	1			2		9	16:00-16:15	29
16:15-16:30	10				2		12	16:15-16:30	35
16:30-16:45	15			1		1	17	16:30-16:45	31
16:45-17:00	12	1			3		16	16:45-17:00	32
6--5	43	2	0	1	7	1	54	Toplam	127
16:00-16:15	7	3				1	11	Mak 15DK	140
16:15-16:30	13				2		15	PHF	
16:30-16:45	10						10	ŞİMATİK	
16:45-17:00	7				1	1	9		
6--7	37	3	0	0	3	2	45		
16:00-16:15	4	1			3	1	9		
16:15-16:30	4	1				3	8		
16:30-16:45	2	1				1	4		
16:45-17:00	6				1		7		
	16	3	0	0	4	5	28		



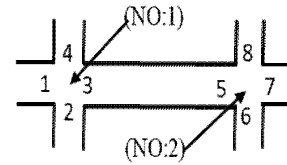
Tablo A.7. Marmul caddesine ait ikinci kaşağının 7 numaralı akım yönünün sayımları

Akım	Otomobil	Minibüs	Otobüs	Kamyon ,Tır	Motorsiklet	3Tekerlik motorsiklet	Toplam	Ağır taşıt oranı	Toplam 2 şeriteki araç	
									Saat	Sayısı
7--5										
16:00-16:15	81	8			18	11	118		16:00-16:15	129
16:15-16:30	77	7		1	12	7	104		16:15-16:30	117
16:30-16:45	87	8		2	11	11	119		16:30-16:45	130
16:45-17:00	81	8		1	14	6	110		16:45-17:00	121
7--8	326	31	0	4	55	35	451		Toplam	497
16:00-16:15	3						3		Mak 15DK	520
16:15-16:30	4					1	5		PHF	
16:30-16:45	6						6		ŞİMATİK	
16:45-17:00	5						5			
7--6	18	0	0	0	0	1	19			
16:00-16:15	2				6		8			
16:15-16:30	4				2	2	8			
16:30-16:45	4	1					5			
16:45-17:00	4	1				1	6			
	14	2	0	0	8	3	27			



Tablo A.8. Marmul caddesine ait ikinci kaşağının 8 numaralı akım yönünün sayımları

Akım	Otomobil	Minibüs	Otobüs	Kamyon ,Tır	Motorsiklet	3Tekerlik motorsiklet	Toplam	Ağır taşıt oranı	Toplam 2 şeriteki araç	
									Saat	Sayısı
8--6										
16:00-16:15	10	1				1	12		16:00-16:15	34
16:15-16:30	7	1				1	9		16:15-16:30	26
16:30-16:45	8				2		10		16:30-16:45	37
16:45-17:00	9	1					10		16:45-17:00	31
8--5	34	3	0	0	2	2	41		Toplam	128
16:00-16:15	15				1		16		Mak 15DK	148
16:15-16:30	10			1	2		13		PHF	
16:30-16:45	16				1		17		ŞİMATİK	
16:45-17:00	14				2		16			
8--7	55	0	0	1	6	0	62			
16:00-16:15	3				1	2	6			
16:15-16:30	2				1	1	4			
16:30-16:45	8			1		1	10			
16:45-17:00	3			2			5			
	16	0	0	3	2	4	25			



## Ek B Oluşturulan 40 Farklı Trafik Akım Senaryosu İçin Hacim Değişimi

Tablo B. Oluşturulan 40 farklı trafik akım senaryosu için hacim değişimi

Senaryo NO	Kavşak No	Kavşak yaklaşım kolu	Hacimdeki oransal değişimi(%)	Değişim oranı(%)	Mevcut hacim			Değişim hacim			Toplam değişim hacim	
					Otomobil	Otobüs	Ağır taşıt	Otomobil	Otobüs	Ağır taşıt	Kavşak	Sistem
1	1	Marmul caddesi1	Değişim yok	0	702	0	6	702	0	6	1612	2880
		Sultan Raziya caddesi	Değişim yok	0	85	1	0	85	1	0		
		Marmul caddesi	Değişim yok	0	523	0	7	523	0	7		
		Abu.Alberoni caddesi	Değişim yok	0	286	1	1	286	1	1		
	2	Marmul caddesi5	Değişim yok	0	549	0	8	549	0	8	1268	
		Chetgeri caddesi6	Değişim yok	0	120	0	1	120	0	1		
		Marmul caddesi7	Değişim yok	0	464	0	4	464	0	4		
		Darilaman caddesi8	Değişim yok	0	118	0	4	118	0	4		
2	1	Marmul caddesi1	Değişim yok	0	702	0	6	702	0	6	1638	2942
		Sultan Raziya caddesi	Değişim yok	0	85	1	0	85	1	0		
		Marmul caddesi	%5 Arttırılmış	5	523	0	7	549	0	7		
		Abu.Alberoni caddesi	Değişim yok	0	286	1	1	286	1	1		
	2	Marmul caddesi5	Değişim yok	0	549	0	8	549	0	8	1304	
		Chetgeri caddesi6	%5 Arttırılmış	5	120	0	1	126	0	1		
		Marmul caddesi7	%5 Arttırılmış	5	464	0	4	487	0	4		
		Darilaman caddesi8	%5 Arttırılmış	5	118	0	4	124	0	4		
3	1	Marmul caddesi1	%5 Arttırılmış	5	702	0	6	737	0	6	1666	2961
		Sultan Raziya caddesi	%5 Arttırılmış	5	85	1	0	89	1	0		
		Marmul caddesi	Değişim yok	0	523	0	7	523	0	7		
		Abu.Alberoni caddesi	%5 Arttırılmış	5	286	1	1	300	1	1		
	2	Marmul caddesi5	%5 Arttırılmış	5	549	0	8	576	0	8	1296	
		Chetgeri caddesi6	Değişim yok	0	120	0	1	120	0	1		
		Marmul caddesi7	Değişim yok	0	464	0	4	464	0	4		
		Darilaman caddesi8	Değişim yok	0	118	0	4	118	0	4		
4	1	Marmul caddesi1	%5 Arttırılmış ile Sabit	5	702	0	6	737	0	6	1692	3023
		Sultan Raziya caddesi	%5 Arttırılmış ile sabit	5	85	1	0	89	1	0		
		Marmul caddesi	%5 Arttırılmış	5	523	0	7	549	0	7		
		Abu.Alberoni caddesi	%5 Arttırılmış ile sabit	5	286	1	1	300	1	1		
	2	Marmul caddesi5	%5 Arttırılmış ile sabit	5	549	0	8	576	0	8	1331	
		Chetgeri caddesi6	%5 Arttırılmış	5	120	0	1	126	0	1		
		Marmul caddesi7	%5 Arttırılmış	5	464	0	4	487	0	4		
		Darilaman caddesi8	%5 Arttırılmış	5	118	0	4	124	0	4		

Tablo B. (Devamı)

Senaryo NO	Kavşak No	Kavşak yaklaşım kolu	Hacimdeki oransal değişimi(%)	Değişim oranı(%)	Mevcut hacim			Değişim hacim			Toplam değişim hacim
					Otomobil	Otobüs	Ağır taşıt	Otomobil	Otobüs	Ağır taşıt	
5	1	Marmul caddesi1	%5Arttırılmış ile sabit	5	702	0	6	737	0	6	1719
		Sultan Raziya caddesi	%5Arttırılmış ile sabit	5	85	1	0	89	1	0	
		Marmul caddesi	%10 Arttırılmış	10	523	0	7	575	0	8	
		Abu.Alberoni caddesi	%5Arttırılmış ile Sabit	5	286	1	1	300	1	1	
	2	Marmul caddesi5	%5Arttırılmış ile Sabit	5	549	0	8	576	0	8	3086
		Chetgeri caddesi6	%10 Arttırılmış	10	120	0	1	132	0	1	
		Marmul caddesi7	%10 Arttırılmış	10	464	0	4	510	0	4	
		Darilaman caddesi8	%10 Arttırılmış	10	118	0	4	130	0	4	
6	1	Marmul caddesi1	%10 Arttırılmış	10	702	0	6	772	0	7	1746
		Sultan Raziya caddesi	%10 Arttırılmış	10	85	1	0	93	1	0	
		Marmul caddesi	%5Arttırılmış ile sabit	5	523	0	7	549	0	7	
		Abu.Alberoni caddesi	%10 Arttırılmış	10	286	1	1	314	1	1	
	2	Marmul caddesi5	%10 Arttırılmış	10	549	0	8	604	0	9	3105
		Chetgeri caddesi6	%5Arttırılmış ile sabit	5	120	0	1	126	0	1	
		Marmul caddesi7	%5Arttırılmış ile sabit	5	464	0	4	487	0	4	
		Darilaman caddesi8	%5Arttırılmış ile sabit	5	118	0	4	124	0	4	
7	1	Marmul caddesi1	%10Arttırılmış ile sabit	10	702	0	6	772	0	7	1773
		Sultan Raziya caddesi	%10Arttırılmış ile sabit	10	85	1	0	93	1	0	
		Marmul caddesi	%10 Arttırılmış	10	523	0	7	575	0	8	
		Abu.Alberoni caddesi	%10Arttırılmış ile sabit	10	286	1	1	314	1	1	
	2	Marmul caddesi5	%10Arttırılmış ile sabit	10	549	0	8	604	0	9	3167
		Chetgeri caddesi6	%10 Arttırılmış	10	120	0	1	132	0	1	
		Marmul caddesi7	%10 Arttırılmış	10	464	0	4	510	0	4	
		Darilaman caddesi8	%10 Arttırılmış	10	118	0	4	130	0	4	
8	1	Marmul caddesi1	%10Arttırılmış ile sabit	10	702	0	6	772	0	7	1826
		Sultan Raziya caddesi	%10Arttırılmış ile sabit	10	85	1	0	93	1	0	
		Marmul caddesi	%20 Arttırılmış	20	523	0	7	628	0	8	
		Abu.Alberoni caddesi	%10Arttırılmış ile sabit	10	286	1	1	314	1	1	
	2	Marmul caddesi5	%10Arttırılmış ile sabit	10	549	0	8	604	0	9	3292
		Chetgeri caddesi6	%20 Arttırılmış	20	120	0	1	144	0	1	
		Marmul caddesi7	%20 Arttırılmış	20	464	0	4	557	0	5	
		Darilaman caddesi8	%20 Arttırılmış	20	118	0	4	142	0	5	

Tablo B. (Devamı)

Senaryo NO	Kavşak No	Kavşak yaklaşım kolu	Hacimdeki oransal değişimi(%)	Değişim oranı(%)	Mevcut hacim			Değişim hacim			Toplam değişim hacim	
					Otomobil	Otobüs	Ağır taşıt	Otomobil	Otobüs	Ağır taşıt	Kavşak	Sistem
9	1	Marmul caddesi1	%20 Arttırılmış	20	702	0	6	842	0	7	1881	3331
		Sultan Raziya caddesi	%20 Arttırılmış	20	85	1	0	102	1	0		
		Marmul caddesi	%10 Arttırılmış ile sabit	10	523	0	7	575	0	8		
		Abu.Alberoni caddesi	%20 Arttırılmış	20	286	1	1	343	1	1		
	2	Marmul caddesi5	%20 Arttırılmış	20	549	0	8	659	0	10	1451	
		Chetgeri caddesi6	%10 Arttırılmış ile sabit	10	120	0	1	132	0	1		
		Marmul caddesi7	%10 Arttırılmış ile sabit	10	464	0	4	510	0	4		
		Darilaman caddesi8	%10 Arttırılmış ile sabit	10	118	0	4	130	0	4		
10	1	Marmul caddesi1	%20 Arttırılmış ile sabit	20	702	0	6	842	0	7	1934	3455
		Sultan Raziya caddesi	%20 Arttırılmış ile Sabit	20	85	1	0	102	1	0		
		Marmul caddesi	%20 Arttırılmış	20	523	0	7	628	0	8		
		Abu.Alberoni caddesi	%20 Arttırılmış ile sabit	20	286	1	1	343	1	1		
	2	Marmul caddesi5	%20 Arttırılmış ile sabit	20	549	0	8	659	0	10	1522	
		Chetgeri caddesi6	%20 Arttırılmış	20	120	0	1	144	0	1		
		Marmul caddesi7	%20 Arttırılmış	20	464	0	4	557	0	5		
		Darilaman caddesi8	%20 Arttırılmış	20	118	0	4	142	0	5		
11	1	Marmul caddesi1	%20 Arttırılmış ile sabit	20	702	0	6	842	0	7	1987	3580
		Sultan Raziya caddesi	%20 Arttırılmış ile sabit	20	85	1	0	102	1	0		
		Marmul caddesi	%30 Arttırılmış	30	523	0	7	680	0	9		
		Abu.Alberoni caddesi	%20 Arttırılmış ile sabit	20	286	1	1	343	1	1		
	2	Marmul caddesi5	%20 Arttırılmış ile sabit	20	549	0	8	659	0	10	1593	
		Chetgeri caddesi6	%30 Arttırılmış	30	120	0	1	156	0	1		
		Marmul caddesi7	%30 Arttırılmış	30	464	0	4	603	0	5		
		Darilaman caddesi8	%30 Arttırılmış	30	118	0	4	153	0	5		
12	1	Marmul caddesi1	%30 Arttırılmış	30	702	0	6	913	0	8	2042	3619
		Sultan Raziya caddesi	%30 Arttırılmış	30	85	1	0	110	1	0		
		Marmul caddesi	%20 Arttırılmış ile sabit	20	523	0	7	628	0	8		
		Abu.Alberoni caddesi	%30 Arttırılmış	30	286	1	1	371	1	1		
	2	Marmul caddesi5	%30 Arttırılmış	30	549	0	8	714	0	10	1466	
		Chetgeri caddesi6	%20 Arttırılmış ile sabit	20	120	0	1	144	0	1		
		Marmul caddesi7	%20 Arttırılmış ile sabit	20	464	0	4	557	0	5		
		Darilaman caddesi8	%20 Arttırılmış ile sabit	20	118	0	4	142	0	5		



Tablo B. (Devamı)

Senaryo NO	Kavşak No	Kavşak yaklaşım kolu	Hacimdeki oransal değişimi(%)	Değişim oranı(%)	Mevcut hacim			Değişim hacim			Toplam değişim hacim	
					Otomobil	Otobüs	Ağır taşıt	Otomobil	Otobüs	Ağır taşıt	Kavşak	Sistem
13	1	Marmul caddesi1	%30 Arttırılmış ile Sabit	30	702	0	6	913	0	8	2095	3743
		Sultan Raziya caddesi	%30 Arttırılmış ile Sabit	30	85	1	0	110	1	0		
		Marmul caddesi	%30 Arttırılmış	30	523	0	7	680	0	9		
	2	Abu.Alberoni caddesi	%30 Arttırılmış ile Sabit	30	286	1	1	371	1	1	1648	
		Marmul caddesi5	%30 Arttırılmış ile Sabit	30	549	0	8	714	0	10		
		Chetgeri caddesi6	%30 Arttırılmış	30	120	0	1	156	0	1		
		Marmul caddesi7	%30 Arttırılmış	30	464	0	4	603	0	5		
		Darilaman caddesi8	%30 Arttırılmış	30	118	0	4	153	0	5		
14	1	Marmul caddesi1	%30 Arttırılmış ile Sabit	30	702	0	6	913	0	8	2148	3867
		Sultan Raziya caddesi	%30 Arttırılmış ile Sabit	30	85	1	0	110	1	0		
		Marmul caddesi	%40 Arttırılmış	40	523	0	7	732	0	10		
	2	Abu.Alberoni caddesi	%30 Arttırılmış ile Sabit	30	286	1	1	371	1	1	1720	
		Marmul caddesi5	%30 Arttırılmış ile Sabit	30	549	0	8	714	0	10		
		Chetgeri caddesi6	%40 Arttırılmış	40	120	0	1	168	0	1		
		Marmul caddesi7	%40 Arttırılmış	40	464	0	4	650	0	6		
		Darilaman caddesi8	%40 Arttırılmış	40	118	0	4	165	0	6		
15	1	Marmul caddesi1	%40 Arttırılmış	40	702	0	6	983	0	8	2203	3907
		Sultan Raziya caddesi	%40 Arttırılmış	40	85	1	0	119	1	0		
		Marmul caddesi	%30 Arttırılmış ile Sabit	30	523	0	7	680	0	9		
	2	Abu.Alberoni caddesi	%40 Arttırılmış	40	286	1	1	400	1	1	1704	
		Marmul caddesi5	%40 Arttırılmış	40	549	0	8	769	0	11		
		Chetgeri caddesi6	%30 Arttırılmış ile Sabit	30	120	0	1	156	0	1		
		Marmul caddesi7	%30 Arttırılmış ile Sabit	30	464	0	4	603	0	5		
		Darilaman caddesi8	%30 Arttırılmış ile Sabit	30	118	0	4	153	0	5		
16	1	Marmul caddesi1	%40 Arttırılmış ile Sabit	40	702	0	6	983	0	8	2256	4031
		Sultan Raziya caddesi	%40 Arttırılmış ile Sabit	40	85	1	0	119	1	0		
		Marmul caddesi	%40 Arttırılmış	40	523	0	7	732	0	10		
	2	Abu.Alberoni caddesi	%40 Arttırılmış ile Sabit	40	286	1	1	400	1	1	1775	
		Marmul caddesi5	%40 Arttırılmış ile Sabit	40	549	0	8	769	0	11		
		Chetgeri caddesi6	%40 Arttırılmış	40	120	0	1	168	0	1		
		Marmul caddesi7	%40 Arttırılmış	40	464	0	4	650	0	6		
		Darilaman caddesi8	%40 Arttırılmış	40	118	0	4	165	0	6		

Tablo B. (Devamı)

Senaryo NO	Kavşak No	Kavşak yaklaşım kolu	Hacimdeki oransal değişimi(%)	Değişim oranı(%)	Mevcut hacim			Değişim hacim			Toplam değişim hacim	
					Otomobil	Otobüs	Ağır taşıt	Otomobil	Otobüs	Ağır taşıt	Kavşak	Sistem
17	1	Marmul caddesi1	%40Arttırılmış ile sabit	40	702	0	6	983	0	8	2309	4155
		Sultan Raziya caddesi	%40Arttırılmış ile sabit	40	85	1	0	119	1	0		
		Marmul caddesi	%50 Arttırılmış	50	523	0	7	785	0	11		
		Abu.Alberoni caddesi	%40Arttırılmış ile Sabit	40	286	1	1	400	1	1		
	2	Marmul caddesi5	%40Arttırılmış ile sabit	40	549	0	8	769	0	11	1846	
		Chetgeri caddesi6	%50 Arttırılmış	50	120	0	1	180	0	2		
		Marmul caddesi7	%50 Arttırılmış	50	464	0	4	696	0	6		
		Darilaman caddesi8	%50 Arttırılmış	50	118	0	4	177	0	6		
18	1	Marmul caddesi1	%50 Arttırılmış	50	702	0	6	1053	0	9	2364	4195
		Sultan Raziya caddesi	%50 Arttırılmış	50	85	1	0	127	2	0		
		Marmul caddesi	%40Arttırılmış ile sabit	40	523	0	7	732	0	10		
		Abu.Alberoni caddesi	%50 Arttırılmış	50	286	1	1	429	2	2		
	2	Marmul caddesi5	%50 Arttırılmış	50	549	0	8	824	0	12	1831	
		Chetgeri caddesi6	%40Arttırılmış ile sabit	40	120	0	1	168	0	1		
		Marmul caddesi7	%40Arttırılmış ile sabit	40	464	0	4	650	0	6		
		Darilaman caddesi8	%40Arttırılmış ile sabit	40	118	0	4	165	0	6		
19	1	Marmul caddesi1	%50Arttırılmış ile sabit	50	702	0	6	1053	0	9	2417	4319
		Sultan Raziya caddesi	%50Arttırılmış ile sabit	50	85	1	0	127	2	0		
		Marmul caddesi	%50 Arttırılmış	50	523	0	7	785	0	11		
		Abu.Alberoni caddesi	%50Arttırılmış ile sabit	50	286	1	1	429	2	2		
	2	Marmul caddesi5	%50Arttırılmış ile sabit	50	549	0	8	824	0	12	1902	
		Chetgeri caddesi6	%50 Arttırılmış	50	120	0	1	180	0	2		
		Marmul caddesi7	%50 Arttırılmış	50	464	0	4	696	0	6		
		Darilaman caddesi8	%50 Arttırılmış	50	118	0	4	177	0	6		
20	1	Marmul caddesi1	%50Arttırılmış ile sabit	50	702	0	6	1053	0	9	2470	4443
		Sultan Raziya caddesi	%50Arttırılmış ile sabit	50	85	1	0	127	2	0		
		Marmul caddesi	%60 Arttırılmış	60	523	0	7	837	0	11		
		Abu.Alberoni caddesi	%50Arttırılmış ile Sabit	50	286	1	1	429	2	2		
	2	Marmul caddesi5	%50Arttırılmış ile sabit	50	549	0	8	824	0	12	1973	
		Chetgeri caddesi6	%60 Arttırılmış	60	120	0	1	192	0	2		
		Marmul caddesi7	%60 Arttırılmış	60	464	0	4	742	0	6		
		Darilaman caddesi8	%60 Arttırılmış	60	118	0	4	189	0	6		

Tablo B. (Devamı)

Senaryo NO	Kavşak No	Kavşak yaklaşım kolu	Hacimdeki oransal değişimi(%)	Değişim oranı(%)			Değişim hacim			Toplam değişim hacim		
				Otomobil	Otobüs	Ağır taşıt	Otomobil	Otobüs	Ağır taşıt	Kavşak	Sistem	
21	1	Marmul caddesi1	%60 Arttırılmış	60	702	0	6	1123	0	10	2525	4483
		Sultan Raziya caddesi	%60 Arttırılmış	60	85	1	0	136	2	0		
		Marmul caddesi	%60 Arttırılmış ile sabit	50	523	0	7	785	0	11		
		Abu.Alberoni caddesi	%60 Arttırılmış	60	286	1	1	457	2	2		
	2	Marmul caddesi5	%60 Arttırılmış	60	549	0	8	878	0	13	1958	
		Chetgeri caddesi6	%50 Arttırılmış ile sabit	50	120	0	1	180	0	2		
		Marmul caddesi7	%50 Arttırılmış ile sabit	50	464	0	4	696	0	6		
		Darilaman caddesi8	%50 Arttırılmış ile sabit	50	118	0	4	177	0	6		
22	1	Marmul caddesi1	%60 Arttırılmış ile sabit	60	702	0	6	1123	0	10	2578	4607
		Sultan Raziya caddesi	%60 Arttırılmış ile Sabit	60	85	1	0	136	2	0		
		Marmul caddesi	%60 Arttırılmış	60	523	0	7	837	0	11		
		Abu.Alberoni caddesi	%60 Arttırılmış ile sabit	60	286	1	1	457	2	2		
	2	Marmul caddesi5	%60 Arttırılmış ile sabit	60	549	0	8	878	0	13	2029	
		Chetgeri caddesi6	%60 Arttırılmış	60	120	0	1	192	0	2		
		Marmul caddesi7	%60 Arttırılmış	60	464	0	4	742	0	6		
		Darilaman caddesi8	%60 Arttırılmış	60	118	0	4	189	0	6		
23	1	Marmul caddesi1	%60 Arttırılmış ile sabit	60	702	0	6	1123	0	10	2631	4731
		Sultan Raziya caddesi	%60 Arttırılmış ile sabit	60	85	1	0	136	2	0		
		Marmul caddesi	%70 Arttırılmış	70	523	0	7	889	0	12		
		Abu.Alberoni caddesi	%60 Arttırılmış ile sabit	60	286	1	1	457	2	2		
	2	Marmul caddesi5	%60 Arttırılmış ile sabit	60	549	0	8	878	0	13	2100	
		Chetgeri caddesi6	%70 Arttırılmış	70	120	0	1	204	0	2		
		Marmul caddesi7	%70 Arttırılmış	70	464	0	4	789	0	7		
		Darilaman caddesi8	%70 Arttırılmış	70	118	0	4	201	0	7		
24	1	Marmul caddesi1	%70 Arttırılmış	70	702	0	6	1193	0	10	2687	4771
		Sultan Raziya caddesi	%70 Arttırılmış	70	85	1	0	144	2	0		
		Marmul caddesi	%60 Arttırılmış ile sabit	60	523	0	7	837	0	11		
		Abu.Alberoni caddesi	%70 Arttırılmış	70	286	1	1	486	2	2		
	2	Marmul caddesi5	%70 Arttırılmış	70	549	0	8	933	0	14	2085	
		Chetgeri caddesi6	%60 Arttırılmış ile sabit	60	120	0	1	192	0	2		
		Marmul caddesi7	%60 Arttırılmış ile sabit	60	464	0	4	742	0	6		
		Darilaman caddesi8	%60 Arttırılmış ile sabit	60	118	0	4	189	0	6		

Tablo B. (Devamı)

Senaryo NO	Kavşak No	Kavşak yaklaşım kolu	Hacimdeki oransal değişimi(%)	Değişim oranı(%)			Değişim hacim			Toplam değişim hacim		
				Otomobil	Orobitis	Ağır taşıt	Otomobil	Orobitis	Ağır taşıt	Kavşak	Sistem	
25	1	Marmul caddesi 1	%70 arttırılmış ile sabit	70	702	0	6	1193	0	10	2740	4895
		Sultan Raziya caddesi	%70 arttırılmış ile sabit	70	85	1	0	144	2	0		
		Marmul caddesi	%70 arttırılmış	70	523	0	7	889	0	12		
		Abu.Alberoni caddesi	%70 arttırılmış ile sabit	70	286	1	1	486	2	2		
	2	Marmul caddesi 5	%70 arttırılmış ile sabit	70	549	0	8	933	0	14	2156	
		Chetgeri caddesi 6	%70 arttırılmış	70	120	0	1	204	0	2		
		Marmul caddesi 7	%70 arttırılmış	70	464	0	4	789	0	7		
		Darilaman caddesi 8	%70 arttırılmış	70	118	0	4	201	0	7		
26	1	Marmul caddesi 1	%70 arttırılmış ile sabit	70	702	0	6	1193	0	10	2793	5019
		Sultan Raziya caddesi	%70 arttırılmış ile sabit	70	85	1	0	144	2	0		
		Marmul caddesi	%80 arttırılmış	80	523	0	7	941	0	13		
		Abu.Alberoni caddesi	%70 arttırılmış ile sabit	70	286	1	1	486	2	2		
	2	Marmul caddesi 5	%70 arttırılmış ile sabit	70	549	0	8	933	0	14	2227	
		Chetgeri caddesi 6	%80 arttırılmış	80	120	0	1	216	0	2		
		Marmul caddesi 7	%80 arttırılmış	80	464	0	4	835	0	7		
		Darilaman caddesi 8	%80 arttırılmış	80	118	0	4	212	0	7		
27	1	Marmul caddesi 1	%80 arttırılmış	80	702	0	6	1264	0	11	2848	5059
		Sultan Raziya caddesi	%80 arttırılmış	80	85	1	0	153	2	0		
		Marmul caddesi	%70 arttırılmış ile sabit	70	523	0	7	889	0	12		
		Abu.Alberoni caddesi	%80 arttırılmış	80	286	1	1	514	2	2		
	2	Marmul caddesi 5	%80 arttırılmış	80	549	0	8	988	0	14	2211	
		Chetgeri caddesi 6	%70 arttırılmış ile sabit	70	120	0	1	204	0	2		
		Marmul caddesi 7	%70 arttırılmış ile sabit	70	464	0	4	789	0	7		
		Darilaman caddesi 8	%70 arttırılmış ile sabit	70	118	0	4	201	0	7		
28	1	Marmul caddesi 1	%80 arttırılmış ile sabit	80	702	0	6	1264	0	11	2901	5183
		Sultan Raziya caddesi	%80 arttırılmış ile sabit	80	85	1	0	153	2	0		
		Marmul caddesi	%80 arttırılmış	80	523	0	7	941	0	13		
		Abu.Alberoni caddesi	%80 arttırılmış ile sabit	80	286	1	1	514	2	2		
	2	Marmul caddesi 5	%80 arttırılmış ile sabit	80	549	0	8	988	0	14	2282	
		Chetgeri caddesi 6	%80 arttırılmış	80	120	0	1	216	0	2		
		Marmul caddesi 7	%80 arttırılmış	80	464	0	4	835	0	7		
		Darilaman caddesi 8	%80 arttırılmış	80	118	0	4	212	0	7		

Tablo B. (Devamı)

Senaryo NO	Kavşak No	Kavşak yaklaşım kolu	Hacimdeki oransal değişimi(%)	Değişim oranı(%)	Mevcut hacim			Değişim hacim			Toplam değişim hacim	
					Otomobil	Otobüs	Ağır taşıt	Otomobil	Otobüs	Ağır taşıt	Kavşak	Sistem
29	1	Marmul caddesi1	%80 Arttırılmış ile sabit	80	702	0	6	1264	0	11	2954	5307
		Sultan Raziya caddesi	%80 Arttırılmış ile sabit	80	85	1	0	153	2	0		
	Marmul caddesi	%90 Arttırılmış	90	523	0	7	994	0	13			
	Abu.Alberoni caddesi	%80 Arttırılmış ile sabit	80	286	1	1	514	2	2			
2	Marmul caddesi5	%80 Arttırılmış ile sabit	80	549	0	8	988	0	14	2354	5347	
	Chetgeri caddesi6	%90 Arttırılmış	90	120	0	1	228	0	2			
	Marmul caddesi7	%90 Arttırılmış	90	464	0	4	882	0	8			
	Darilaman caddesi8	%90 Arttırılmış	90	118	0	4	224	0	8			
30	1	Marmul caddesi1	%90 Arttırılmış	90	702	0	6	1334	0	11	3009	5347
		Sultan Raziya caddesi	%90 Arttırılmış	90	85	1	0	161	2	0		
	Marmul caddesi	%80 Arttırılmış ile sabit	80	523	0	7	941	0	13			
	Abu.Alberoni caddesi	%90 Arttırılmış	90	286	1	1	543	2	2			
2	Marmul caddesi5	%90 Arttırılmış	90	549	0	8	1043	0	15	2338	5347	
	Chetgeri caddesi6	%80 Arttırılmış ile sabit	80	120	0	1	216	0	2			
	Marmul caddesi7	%80 Arttırılmış ile sabit	80	464	0	4	835	0	7			
	Darilaman caddesi8	%80 Arttırılmış ile sabit	80	118	0	4	212	0	7			
31	1	Marmul caddesi1	%90 Arttırılmış ile sabit	90	702	0	6	1334	0	11	3062	5471
		Sultan Raziya caddesi	%90 Arttırılmış ile sabit	90	85	1	0	161	2	0		
	Marmul caddesi	%90 Arttırılmış	90	523	0	7	994	0	13			
	Abu.Alberoni caddesi	%90 Arttırılmış ile sabit	90	286	1	1	543	2	2			
2	Marmul caddesi5	%90 Arttırılmış ile sabit	90	549	0	8	1043	0	15	2409	5471	
	Chetgeri caddesi6	%90 Arttırılmış	90	120	0	1	228	0	2			
	Marmul caddesi7	%90 Arttırılmış	90	464	0	4	882	0	8			
	Darilaman caddesi8	%90 Arttırılmış	90	118	0	4	224	0	8			
32	1	Marmul caddesi1	%90 Arttırılmış ile sabit	90	702	0	6	1334	0	11	3115	5595
		Sultan Raziya caddesi	%90 Arttırılmış ile sabit	90	85	1	0	161	2	0		
	Marmul caddesi	%100 Arttırılmış	100	523	0	7	1046	0	14			
	Abu.Alberoni caddesi	%90 Arttırılmış ile sabit	90	286	1	1	543	2	2			
2	Marmul caddesi5	%90 Arttırılmış ile sabit	90	549	0	8	1043	0	15	2480	5595	
	Chetgeri caddesi6	%100 Arttırılmış	100	120	0	1	240	0	2			
	Marmul caddesi7	%100 Arttırılmış	100	464	0	4	928	0	8			
	Darilaman caddesi8	%100 Arttırılmış	100	118	0	4	236	0	8			

Tablo B. (Devamı)

Senaryo NO	Kavşak No	Kavşak yaklaşım kolu	Hacimdeki oransal değişimi(%)	Değişim oranı(%)			Değişim hacim			Toplam değişim hacim		
				Otomobil	Otobüs	Ağır taşıt	Otomobil	Otobüs	Ağır taşıt	Kavşak	Sistem	
33	1	Marmul caddesi1	%100 Arttırılmış	100	702	0	6	1404	0	12	3170	5635
		Sultan Raziya caddesi	%100 Arttırılmış	100	85	1	0	170	2	0		
		Marmul caddesi	%90Arttırılmış ile sabit	90	523	0	7	994	0	13		
		Abu.Alberoni caddesi	%100 Arttırılmış	100	286	1	1	572	2	2		
	2	Marmul caddesi5	%100 Arttırılmış	100	549	0	8	1098	0	16	2465	
		Chetgeri caddesi6	%90Arttırılmış ile sabit	90	120	0	1	228	0	2		
		Marmul caddesi7	%90Arttırılmış ile sabit	90	464	0	4	882	0	8		
		Darilaman caddesi8	%90Arttırılmış ile sabit	90	118	0	4	224	0	8		
34	1	Marmul caddesi1	%100Arttırılmış ile sabit	100	702	0	6	1404	0	12	3223	5759
		Sultan Raziya caddesi	%100Arttırılmış ile sabit	100	85	1	0	170	2	0		
		Marmul caddesi	%100 Arttırılmış	100	523	0	7	1046	0	14		
		Abu.Alberoni caddesi	%100Arttırılmış ile sabit	100	286	1	1	572	2	2		
	2	Marmul caddesi5	%100Arttırılmış ile sabit	100	549	0	8	1098	0	16	2536	
		Chetgeri caddesi6	%100 Arttırılmış	100	120	0	1	240	0	2		
		Marmul caddesi7	%100 Arttırılmış	100	464	0	4	928	0	8		
		Darilaman caddesi8	%100 Arttırılmış	100	118	0	4	236	0	8		
35	1	Marmul caddesi1	%100Arttırılmış ile Sabit	100	702	0	6	1404	0	12	3329	6007
		Sultan Raziya caddesi	%100Arttırılmış ile sabit	100	85	1	0	170	2	0		
		Marmul caddesi	%120 Arttırılmış	120	523	0	7	1151	0	15		
		Abu.Alberoni caddesi	%100Arttırılmış ile sabit	100	286	1	1	572	2	2		
	2	Marmul caddesi5	%100Arttırılmış ile sabit	100	549	0	8	1098	0	16	2678	
		Chetgeri caddesi6	%120 Arttırılmış	120	120	0	1	264	0	2		
		Marmul caddesi7	%120 Arttırılmış	120	464	0	4	1021	0	9		
		Darilaman caddesi8	%120 Arttırılmış	120	118	0	4	260	0	9		
36	1	Marmul caddesi1	%120 Arttırılmış	120	702	0	6	1544	0	13	3439	6087
		Sultan Raziya caddesi	%120 Arttırılmış	120	85	1	0	186	2	0		
		Marmul caddesi	%100Arttırılmış ile sabit	100	523	0	7	1046	0	14		
		Abu.Alberoni caddesi	%120 Arttırılmış	120	286	1	1	629	2	2		
	2	Marmul caddesi5	%120 Arttırılmış	120	549	0	8	1208	0	18	2647	
		Chetgeri caddesi6	%100Arttırılmış ile sabit	100	120	0	1	240	0	2		
		Marmul caddesi7	%100Arttırılmış ile sabit	100	464	0	4	928	0	8		
		Darilaman caddesi8	%100Arttırılmış ile sabit	100	118	0	4	236	0	8		

Tablo B. (Devamı)

Senaryo NO	Kavşak No	Kavşak yaklaşım kolu	Hacimdeki oransal değişimi(%)	Değişim oranı(%)			Değişim hacim			Toplam değişim hacim	
				Mevcut hacim	Otomobil	Otobüs	Ağır taşıt	Otomobil	Otobüs		Ağır taşıt
37	1	Marmul caddesi1	%120 Arttırılmış ile sabit	120	702	0	6	1544	0	13	3545
		Sultan Raziya caddesi	%120 Arttırılmış ile sabit	120	85	1	0	186	2	0	
		Marmul caddesi	%120 Arttırılmış	120	523	0	7	1151	0	15	
		Abu.Alberoni caddesi	%120 Arttırılmış ile sabit	120	286	1	1	629	2	2	
	2	Marmul caddesi5	%120 Arttırılmış ile sabit	120	549	0	8	1208	0	18	2790
		Çetgeri caddesi6	%120 Arttırılmış	120	120	0	1	264	0	2	
		Marmul caddesi7	%120 Arttırılmış	120	464	0	4	1021	0	9	
		Darilaman caddesi8	%120 Arttırılmış	120	118	0	4	260	0	9	
38	1	Marmul caddesi1	%120 Arttırılmış ile sabit	120	702	0	6	1544	0	13	3651
		Sultan Raziya caddesi	%120 Arttırılmış ile sabit	120	85	1	0	186	2	0	
		Marmul caddesi	%140 Arttırılmış	140	523	0	7	1255	0	17	
		Abu.Alberoni caddesi	%120 Arttırılmış ile sabit	120	286	1	1	629	2	2	
	2	Marmul caddesi5	%120 Arttırılmış ile sabit	120	549	0	8	1208	0	18	2932
		Çetgeri caddesi6	%120 Arttırılmış	140	120	0	1	288	0	2	
		Marmul caddesi7	%120 Arttırılmış	140	464	0	4	1114	0	10	
		Darilaman caddesi8	%140 Arttırılmış	140	118	0	4	283	0	10	
39	1	Marmul caddesi1	%140 Arttırılmış	140	702	0	6	1685	0	14	3762
		Sultan Raziya caddesi	%140 Arttırılmış	140	85	1	0	203	2	0	
		Marmul caddesi	%120 Arttırılmış ile sabit	120	523	0	7	1151	0	15	
		Abu.Alberoni caddesi	%140 Arttırılmış	140	286	1	1	686	2	2	
	2	Marmul caddesi5	%140 Arttırılmış	140	549	0	8	1318	0	19	2901
		Çetgeri caddesi6	%120 Arttırılmış ile sabit	120	120	0	1	264	0	2	
		Marmul caddesi7	%120 Arttırılmış ile sabit	120	464	0	4	1021	0	9	
		Darilaman caddesi8	%120 Arttırılmış ile sabit	120	118	0	4	260	0	9	
40	1	Marmul caddesi1	%140 Arttırılmış ile sabit	140	702	0	6	1685	0	14	3868
		Sultan Raziya caddesi	%140 Arttırılmış ile sabit	140	85	1	0	203	2	0	
		Marmul caddesi	%140 Arttırılmış	140	523	0	7	1255	0	17	
		Abu.Alberoni caddesi	%140 Arttırılmış ile sabit	140	286	1	1	686	2	2	
	2	Marmul caddesi5	%140 Arttırılmış ile sabit	140	549	0	8	1318	0	19	3043
		Çetgeri caddesi6	%140 Arttırılmış	140	120	0	1	288	0	2	
		Marmul caddesi7	%140 Arttırılmış	140	464	0	4	1114	0	10	
		Darilaman caddesi8	%140 Arttırılmış	140	118	0	4	283	0	10	

## Ek C Kavşaklarda Akım Yönleri İçin Koordinasyon Önce ve Sonra 40 Farklı Senaryo'ya Ait Gecikme ve Kuyruklanma Analiz Sonuçları

Tablo C.1. Marmul caddesine ait geometrik iyileştirilmesi yapılmış birinci kavşağın batı akım yönü için sinyal koordinasyonundan önce 40 farklı senaryo'ya ait analiz sonuçları

Senaryo No	Batı-Doğu		Batı-Güney		Batı-Kuzey		Ortalama kuyruk uzunluğu (m)	Maksimum kuyruk uzunluğu (m)
	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)		
1	19,6	19,57	21,98	22,11	24,74	24,47	13,95	75,89
2	18,53	18,55	19,65	19,62	16,99	16,68	12,17	57,67
3	19,44	19,34	21,05	20,92	20,41	20,42	13,65	80,85
4	20,63	20,66	19,23	18,97	20,1	19,7	13,89	76,63
5	19,6	19,5	21,21	21,08	21,96	22,02	13,8	80,8
6	20,88	21,01	23,31	22,97	22,48	22,53	15,88	79,83
7	20,51	20,63	23,75	23,67	23,96	23,96	15,89	87,12
8	20,58	20,7	23,78	23,7	23,31	23,31	15,87	81,41
9	21,11	21,17	22,23	22,27	17,83	17,91	16,9	80,93
10	21,82	21,8	23,52	23,29	19,54	19,59	17,86	81,1
11	21,13	21,19	22,46	22,5	18,39	18,48	17,05	80,83
12	22,77	22,77	24,68	24,67	19,88	19,92	20,22	94,54
13	24,48	24,43	26,05	26,03	21,32	21,37	21,79	105,65
14	26,31	26,38	26,95	26,91	25,56	25,8	23,08	104,23
15	25,24	25,26	25,36	25,23	25,12	25,38	24,29	106,07
16	26,89	26,92	27,3	27,19	28,02	28,33	26,1	104,6
17	30,49	30,47	28,17	28,27	30,06	30,32	29,16	116,74
18	25,03	24,87	28,25	28,23	23,51	23,59	27,15	120
19	33,82	33,81	35,6	35,33	36,44	36,24	37,52	150,15
20	34,5	34,49	35,96	35,83	36,6	36,41	38,36	149,57
21	33,34	33,33	33,71	33,65	33,49	33,38	38,55	150,51
22	34,9	34,93	35,8	35,64	36,54	36,48	41,21	150,03
23	37,25	37,2	37,25	37,39	38,15	38,33	44,38	150,29
24	40,48	40,19	40,03	39,94	37,74	37,79	50,92	150,26
25	36,97	36,86	36,33	36,17	40,97	40,66	46,95	150,65
26	38,47	38,34	39,05	38,96	44,38	44,08	49,16	150,31
27	47,34	47,43	48,05	47,76	47,19	46,9	63,83	150,46
28	52,56	52,48	50,97	50,47	52,68	52,2	70,09	150,68
29	50,58	50,61	50,14	50,14	49,4	48,97	67,48	155,73
30	80,09	79,9	79,95	79,93	81,88	81,89	107,94	150,6
31	81,27	81,28	82,85	82,58	85,62	85,64	109,66	156,03
32	79,27	79,26	79,99	79,68	80,82	80,84	107,84	156,12
33	79,73	79,57	80,52	80,24	79,49	79,5	111,74	156,1
34	64,81	64,72	66,82	66,75	64,73	64,6	95,38	156,12
35	77,57	77,48	77,74	77,69	81,23	81,21	108,8	156,09
36	81,02	81,02	79,93	79,9	82,12	82,09	110,65	150,61
37	74,65	74,59	76,45	76,62	76,93	76,91	108,4	150,66
38	77,79	77,85	79,97	79,92	77,49	77,43	110,41	151,7
39	73,07	72,99	73,71	73,66	76,05	76,08	107,78	150,64
40	75,33	75,26	74,44	74,08	79,99	79,98	109,12	156,06



Tablo C.2. Marmul caddesine ait geometrik iyileştirilmesi yapılmış birinci kavşağın batı akım yönü için sinyal koordinasyonundan sonra 40 farklı senaryo'ya ait analiz sonuçları

Senaryo No	Batı-Doğu		Batı-Güney		Batı-Kuzey		Ortalama kuyruk uzunluğu (m)	Maksimum kuyruk uzunluğu (m)
	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)		
1	17,96	17,96	20,75	20,76	19,26	18,98	11,97	61,35
2	17,7	17,7	20,16	20,15	17,24	16,94	11,61	61,43
3	19,68	19,74	23,06	22,78	20,44	20,72	13,88	81,42
4	19,85	19,92	22,56	22,29	19,79	20,06	13,73	80,48
5	19,52	19,42	21,48	21,35	21,29	21,32	13,75	80,82
6	20,04	20,12	22,19	22,17	17,38	17,8	14,56	75,01
7	20,23	20,35	21,87	21,77	21,36	21,33	15	79,62
8	20,95	21,04	24,12	24,12	18,1	17,93	15,66	75,09
9	20,41	20,39	21,1	21,23	22,63	22,87	16,59	92,88
10	20,44	20,42	21,12	21,24	22,64	22,88	16,57	92,89
11	22,3	22,28	23,35	23,41	20,64	20,76	17,66	80,92
12	22,32	22,22	21,5	21,47	20,92	20,87	18,97	94,81
13	22,96	22,87	23,22	23,2	22,71	22,68	19,65	88,42
14	22,15	22,12	25,06	24,88	24,95	24,95	20,01	96,99
15	23,17	23,08	25,37	25,23	21,09	21,35	22,63	101,32
16	24,14	24,08	26,75	26,61	22,78	22,9	23,93	101,71
17	24,28	24,19	26,63	26,49	23,3	23,54	23,93	103,54
18	26,98	26,92	26,73	26,59	24,72	24,49	27,74	104,52
19	25,35	25,18	28,38	28,39	22,8	22,87	27,07	119,95
20	27,24	27,25	31,86	31,94	28,56	28,66	30,22	143,75
21	32,23	32,45	33,04	32,8	31,74	32,17	37,17	150,25
22	31,3	31,28	33,44	33,33	35,21	35,09	36,84	150,54
23	32,74	32,77	32,54	32,48	31,66	31,95	37,66	150,39
24	33,9	33,67	33,76	33,62	30,55	30,32	42,06	150,46
25	34,03	33,95	33,13	33	33,75	33,37	42,13	150,69
26	29,33	29,25	28,39	28,07	29,89	29,63	35,17	150,55
27	30,68	30,67	29,92	30,18	29,66	29,36	41,09	150,56
28	30,26	30,26	28,41	28,64	29,93	29,64	40,6	150,6
29	21,81	21,71	24,7	24,41	20,27	20,08	27,85	113,7
30	24,54	24,55	25,47	25,43	23,47	23,51	32,5	120,55
31	23,75	23,77	24,59	24,54	23,52	23,56	32,02	119,26
32	23,17	23,17	24,35	24,26	23,22	23,26	31,27	120,36
33	24,37	24,37	26,41	26,35	22,49	22,32	35,41	150,71
34	24,77	24,77	27,13	27,08	23,82	23,69	36,17	150,68
35	24,51	24,51	26,51	26,45	22,87	23,09	35,88	150,71
36	32,45	32,49	34,83	34,77	34,12	34,06	58,31	150,63
37	23,75	23,74	26,55	26,32	23,87	23,96	41,86	150,64
38	25,64	25,65	28,71	28,47	24,48	24,45	45,47	156,18
39	34,43	34,38	36,38	36,2	34,07	34,18	68,83	150,65
40	36,75	36,81	39,41	39,26	39,16	39,04	75,35	155,52

Tablo C.3. Marmul caddesine ait geometrik iyileştirilmesi yapılmış birinci kavşağın güney akım yönü için sinyal koordinasyonundan önce 40 farklı senaryo'ya ait analiz sonuçları

Senaryo No	Güney-Kuzey		Güney-Batı		Güney-Doğu		Ortalama kuyruk uzunluğu (m)	Maksimum kuyruk uzunluğu (m)
	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)		
1	31,37	30,24	28,31	28,31	26,67	26,67	3,75	40,44
2	22,15	22,13	22,48	22,48	28,6	28,6	2,94	27,93
3	24	23,75	18,93	18,93	20,27	20,27	2,67	32,09
4	33,18	31,91	25,41	25,41	21,29	21,29	3,64	40,42
5	23,97	23,72	18,9	18,9	20,21	20,21	2,67	32,09
6	24,86	24,55	27,82	27,82	26,52	26,52	3,52	31,16
7	24,86	24,56	27,82	27,82	26,54	26,54	3,52	31,16
8	24,84	24,53	27,8	27,8	26,57	26,57	3,52	31,16
9	27,73	27,25	32,1	32,1	17,74	17,74	3,87	31,25
10	32,45	31,08	34,33	34,33	31,04	31,04	5,17	32,7
11	27,73	27,25	32,1	32,1	17,87	17,87	3,87	31,25
12	36,31	35,52	37,86	37,86	35,08	35,08	6,06	32,66
13	36,31	35,52	37,87	37,87	35,04	35,04	6,06	32,66
14	37,52	36,04	40,28	40,28	37,08	37,08	6,47	46,75
15	40,14	38,21	35,45	35,45	36,65	36,65	6,85	40,46
16	40,15	38,22	35,44	35,44	36,65	36,65	6,85	40,46
17	44,55	43,46	53,35	53,35	45,88	45,88	8,93	44,73
18	43,68	41,92	37,27	37,27	36,9	36,9	8,09	39,51
19	65,4	64,2	49,34	49,34	47,24	47,24	11,52	52,1
20	65,41	64,2	49,34	49,34	47,22	47,22	11,52	52,1
21	62,57	61,15	49,3	49,3	54,22	54,22	12,42	59,06
22	62,57	61,14	49,3	49,3	54,19	54,19	12,42	59,06
23	57,49	55,14	54,77	54,77	51,75	51,75	12,46	53,31
24	53,46	52,05	45,61	45,61	58,08	58,08	12,11	53,25
25	63,43	64,09	53,91	53,91	52,44	52,44	13,28	62,87
26	68,76	69,59	55,15	55,15	56,02	56,02	14,16	62,87
27	66,01	65,81	54,37	54,37	65,01	65,01	15,92	64,71
28	69,03	68,9	55,47	55,47	68,59	68,59	16,62	64,71
29	69,07	68,95	55,51	55,51	71,4	71,4	16,83	64,71
30	63,06	61,94	58,47	58,47	59,48	59,48	16,81	64,66
31	63,04	61,92	58,5	58,5	59,41	59,41	16,79	64,66
32	64,1	62,98	61	61	63,37	63,37	17,6	69,87
33	67,23	65,78	63,02	63,02	55,26	55,26	18,07	71,48
34	67,19	65,74	61,43	61,43	55,2	55,2	17,89	71,48
35	70,64	69,27	79,69	79,69	67,3	67,3	21,63	80,21
36	68,84	67,48	81,01	81,01	72,92	72,92	24,02	69,98
37	64,24	62,79	72,04	72,04	64,32	64,32	21,56	58,89
38	68,84	67,48	81,01	81,01	72,91	72,91	24,02	69,98
39	70,1	69,18	66,78	66,78	72,91	60,5	23,71	73,21
40	70,1	69,18	66,78	66,78	60,52	60,52	23,71	73,21

Tablo C.4. Marmul caddesine ait geometrik iyileştirilmesi yapılmış birinci kavşağın güney akım yönü için sinyal koordinasyonundan sonra 40 farklı senaryo'ya ait analiz sonuçları

Senaryo No	Güney-Kuzey		Güney-Batı		Güney-Doğu		Ortalama kuyruk uzunluğu (m)	Maksimum kuyruk uzunluğu (m)
	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	Ortalama taşıt gecikmesi (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)		
1	22,15	22,13	22,48	22,48	28,62	28,62	2,94	27,93
2	22,19	22,17	22,52	22,52	28,64	28,64	2,94	27,93
3	25,91	25,38	25,29	25,29	16,85	16,85	3,08	31,89
4	25,93	25,39	25,3	25,3	16,86	16,86	3,08	31,89
5	24	23,74	18,93	18,93	19,8	19,8	2,67	32,09
6	26,71	25,89	31,08	31,08	24,23	24,23	3,79	31,96
7	24,89	24,58	27,83	27,83	26,46	26,46	3,52	31,16
8	26,69	25,87	31,07	31,07	24,22	24,22	3,79	31,96
9	28,56	27,26	29,45	29,45	26,97	26,97	4,27	46,61
10	28,56	27,26	29,45	29,45	26,97	26,97	4,27	46,61
11	27,72	27,24	32,1	32,1	17,71	17,71	3,87	31,25
12	27,82	26,59	32,43	32,43	28,33	28,33	4,78	31,94
13	27,82	26,6	32,43	32,43	28,33	28,33	4,78	31,94
14	38	36,2	31,23	31,23	32,52	32,52	5,74	40,39
15	41,72	40,43	40,13	40,13	34,17	34,17	7,16	46,69
16	41,72	40,43	40,13	40,13	34,17	34,17	7,16	46,69
17	41,72	40,43	40,13	40,13	34,17	34,17	7,16	46,69
18	39,84	38,79	37,02	37,02	33,92	33,92	7,29	37,57
19	46,36	44,64	40,46	40,46	40,17	40,17	8,74	39,51
20	58,91	57,07	56,15	56,15	56,14	56,14	12,21	52,92
21	46,39	46,5	54,06	54,06	46,27	46,27	10,61	50,85
22	58,22	57,6	48,29	48,29	55,58	55,58	12,08	57,21
23	63,55	62,12	52,64	52,64	55,32	55,32	12,8	59,06
24	60,49	59,33	46,76	46,76	61,99	61,99	13,24	58,02
25	74,45	73,22	65,64	65,64	71,83	71,83	16,93	62,87
26	74,25	73,32	69,53	69,53	70,47	70,47	17,25	69,43
27	142,51	141,29	150,44	150,44	170,72	170,72	41,31	86,36
28	142,51	141,29	150,43	150,43	170,75	170,75	41,31	86,36
29	37,89	36,96	33,49	33,49	30,39	30,39	8,25	50,36
30	33,21	32,12	29,96	29,96	30,15	30,15	7,9	45,17
31	33,21	32,13	29,96	29,96	30,15	30,15	7,9	45,17
32	33,21	32,13	29,96	29,96	30,12	30,12	7,9	45,17
33	53,32	51,98	55,1	55,1	52,4	52,4	15,26	58,55
34	53,32	51,98	55,1	55,1	52,42	52,42	15,26	58,55
35	53,32	51,98	55,1	55,1	52,41	52,41	15,26	58,55
36	56,38	55,14	54,61	54,61	54,58	54,58	17,32	58,84
37	55,3	54,32	58,92	58,92	55,55	55,55	17,93	63,2
38	91,44	90,23	101,34	101,34	100,79	100,79	32,26	90,27
39	33,62	33,72	42,61	42,61	38,08	38,08	12,5	56,72
40	33,62	33,71	42,61	42,61	38,08	38,08	12,5	56,72

Tablo C.5. Marmul caddesine ait geometrik iyileştirilmesi yapılmış birinci kavşağın doğu akım yönü için sinyal koordinasyonundan önce 40 farklı senaryo'ya ait analiz sonuçları

Senaryo No	Doğu-Batı		Doğu-Kuzey		Doğu-Güney		Ortalama kuyruk uzunluğu (m)	Maksimum kuyruk uzunluğu (m)
	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)		
1	23,12	23,06	24,26	24,37	26,43	26,11	12,16	62,4
2	33,56	33,42	35,83	35,68	43,44	43,86	18,45	77,38
3	23,87	23,95	23,53	23,62	26,6	26,29	12,28	57,62
4	22,17	22,22	23,36	23,34	23,34	24,78	12,01	57,98
5	19,88	19,93	18,28	17,87	25,68	25,07	10,85	57,02
6	22,43	22,48	25,09	25,09	33,29	33,77	12,68	63,69
7	22,34	22,12	21,92	21,92	21,71	19,76	12,93	63,71
8	22,51	22,64	24,92	24,68	23,2	23,2	14,44	80,27
9	24,85	24,86	24,68	24,23	26,13	26,13	14,27	69,14
10	28,67	28,7	27,56	27,54	29,78	32,47	18,33	94,72
11	26,05	26,11	28,12	28,32	26,28	25,95	17,58	106,53
12	32,02	32	30,54	30,96	32,16	31,94	20,54	91,21
13	29,77	29,82	33,7	33,57	24,79	25,4	20,69	93,77
14	28,48	28,56	29,04	28,92	27,75	28,51	21,43	87,82
15	33,01	32,89	33,73	34,25	31,23	31,24	23,18	119,85
16	30,83	30,83	27,86	27,83	30,69	30,69	22,68	118,46
17	31,94	32,06	34,26	33,71	20,76	20,76	26,46	103,81
18	33,29	33,36	33,96	33,43	31,4	31,24	25,81	126,73
19	36,86	36,81	36,7	35,83	38,31	39,45	30,73	118,09
20	36,03	35,99	30,73	30,57	42,08	43,12	32,7	167,68
21	43,77	43,82	45,33	44,73	43,02	43,67	37,16	128
22	39,21	39,03	38,36	38,76	42,87	43,54	36,8	167,13
23	48,31	48,4	50,96	50,96	53,04	53,51	50,03	167,62
24	43,84	43,71	42,04	41,76	44,67	45,23	40,13	166,8
25	53,06	52,8	54,38	54,5	58,57	60,52	56,79	167,78
26	45,96	46,01	49,94	50,27	46,08	46,7	51,45	172,03
27	49,85	49,89	52,42	52,53	53,45	53,08	51,6	167,78
28	53,34	53,49	56,16	56,32	53,62	54,56	60,48	168,51
29	45,02	44,95	43,54	43,91	44,54	43,82	52,48	172,62
30	53,35	52,97	51,38	51,23	57,68	57,68	60,75	172,42
31	54,7	54,39	57,75	57,44	58,65	58,65	69,31	173,06
32	41,17	41,13	40,99	41,58	48,44	47,96	55,17	169,72
33	53,6	53,59	57,76	57,75	60,35	59,7	68,99	173,08
34	48,3	48,36	53,25	53,29	55	56,21	54,97	172,29
35	47,74	47,42	54,62	54,97	56,28	55,82	62,51	173,2
36	40,25	40,07	45,38	45,65	40,14	40,85	45,95	172,97
37	57,92	57,56	59,67	59,18	64,89	64,15	75,02	173,09
38	53,76	53,54	49,89	49,42	54,74	54,17	72,1	173,16
39	60,34	60,18	61,37	62,06	64,43	62,41	81,68	177,05
40	62,56	62,13	60,93	60,97	70,6	70,2	80,48	178,62

Tablo C.6. Marmul caddesine ait geometrik iyileştirilmesi yapılmış birinci kavşağın doğu akım yönü için sinyal koordinasyonundan sonra 40 farklı senaryo'ya ait analiz sonuçları

Senaryo No	Doğu-Batı		Doğu-Kuzey		Doğu-Güney		Ortlama kuyruk uzunluğu (m)	Maksimum kuyruk uzunluğu (m)
	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)		
1	24,1	24,08	25,74	25,9	25,56	25,56	12,16	62,61
2	24,23	24,22	25,23	24,5	25,28	25,28	12,93	58,01
3	24,02	23,99	25,81	25,98	25,54	25,54	12,25	57,99
4	24,31	24,31	25,29	24,55	25,33	25,33	12,93	58,01
5	27,25	27,16	29,14	28,48	26,21	26,14	15,24	57,52
6	27,1	27,1	27,11	27,17	26,15	25,97	14,25	55,28
7	30,69	30,6	30,38	30,44	32,28	32,76	17,41	63,77
8	27,14	27,14	27,34	27,42	29,35	29,28	16,79	64,57
9	30,59	30,48	30,66	30,72	31,73	32,13	17,31	63,77
10	30,54	30,57	31,71	31,58	29,02	28,6	19,16	68,6
11	34,24	34,25	34,28	34,28	38,77	38,77	23,41	75,65
12	34,89	34,88	34,93	35,03	35,14	35,25	21,91	75,36
13	34,51	34,53	34,61	34,61	38,39	38,39	23,61	75,36
14	40,26	40,3	40,08	39,96	39,71	39,92	29,4	81,47
15	41,98	41,99	42,35	42,29	41,52	41,38	28,37	76,96
16	43,03	43,03	43,08	43,14	43,21	43,22	31,59	83,25
17	46	46,05	46,19	46,16	49,15	49,44	37	101,59
18	49,47	49,41	50,4	50,33	50,05	50,02	36,76	90,18
19	52,95	53,07	52,01	51,97	53,43	53,43	42,44	125,98
20	62,17	62,22	62,52	62,36	63,87	64,1	53,95	110,5
21	64,07	63,93	65,82	65,93	60,77	60,77	51,15	102,42
22	71,33	71,37	71,73	71,63	73,66	73,25	62,31	119,84
23	50,74	50,66	49,19	49,03	56,2	57,71	46,8	113,52
24	71,11	71,02	71,24	71,22	74,18	74,18	62,53	134,68
25	37,57	37,23	33,68	33,67	48,04	47,29	34,46	93,95
26	31,5	31,23	36,7	36,57	38,78	39,73	30,98	97,54
27	36,53	36,34	35,68	35,41	45,5	46,84	34,29	89,85
28	27,95	27,65	28,95	29	28,42	26,18	26,28	76,71
29	69,33	69,22	67,71	68,33	70,94	69,79	79,33	173,07
30	95,27	95,19	98,54	97,43	95,63	95,19	122,14	173,91
31	101,79	101,26	104,43	103,51	115,45	114,1	125,27	178,63
32	89,6	89,34	93,12	93,78	94,3	93,97	125,26	173,18
33	75,11	74,9	75,46	75,85	75,49	75,49	90,45	174,17
34	77,91	77,9	79,96	79,57	78,81	76,3	97,42	173,16
35	78,3	78,26	75,97	74,91	81,63	81,63	103,29	171,48
36	76,74	76,55	76,76	76,86	82,05	82,17	101,49	173,22
37	92,55	92,2	93,07	93,07	91,77	91,77	119,15	173,08
38	76,62	76,53	75,32	74,98	86,83	85,69	102,41	173,1
39	122,45	122,23	126,31	126,59	130,55	131,68	136,27	178,67
40	121,46	121,09	125,27	124,84	128,71	128,71	140,5	178,58

Tablo C.7. Marmul caddesine ait geometrik iyileştirilmesi yapılmış birinci kavşağın kuzey akım yönü için sinyal koordinasyonundan önce 40 farklı senaryo'ya ait analiz sonuçları

Senaryo No	Kuzey-Güney		Kuzey-Doğu		Kuzey-Batı		Ortalama kuyruk uzunluğu (m)	Maksimum kuyruk uzunluğu (m)
	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil Ortalama gecikmesi (sn)		
1	22,66	22,66	23,82	23,82	25,37	25,59	7,99	49,89
2	23,63	23,63	23,84	23,84	28,06	28,1	8,72	50,08
3	20,3	20,3	21,81	21,81	24,76	24,6	8,49	63,32
4	21,28	21,28	25,34	25,34	29,45	29,52	9,46	63,32
5	21,16	21,16	23,48	23,48	27,83	27,72	9,57	63,32
6	26,08	26,08	25,7	25,98	25,11	25,13	9,11	44,94
7	26,09	26,09	25,73	26,01	25,12	25,14	9,11	44,94
8	27,06	27,06	28,37	28,67	26,27	26,3	9,75	45,56
9	27,57	27,57	28,56	28,41	27,82	27,8	11,19	72,02
10	27,22	27,22	28,46	28,33	27,22	27,2	11,22	70,24
11	28,54	28,54	29,6	29,46	29,99	29,98	11,99	72,02
12	30,44	30,44	27,95	27,99	31,84	31,97	14,38	70,29
13	30,44	30,44	27,96	28	31,83	31,96	14,38	70,29
14	27,18	27,18	34,61	35,07	33,81	33,95	14,93	90,08
15	30,88	30,88	34,8	34,45	36,63	36,77	16,94	92,26
16	30,86	30,86	34,88	34,54	36,63	36,77	16,94	92,26
17	36,18	36,18	34,55	34,05	35,98	36,09	16,85	75,48
18	33,57	33,07	29,64	29,96	34,12	34,12	17,15	96,75
19	38,33	38,77	41,25	41,45	40,28	40,27	19,89	76,8
20	38,33	38,77	41,24	41,44	40,28	40,27	19,89	76,8
21	43,58	42,9	37,34	37,4	45,89	45,81	24,57	97,01
22	44,47	43,8	38,13	38,19	48,3	48,23	25,84	97,01
23	43,18	42,88	36,64	36,36	45,05	44,88	23,77	103,71
24	40,01	39,36	38,23	37,89	43,46	43,35	24,58	104,74
25	40,47	40,22	46,22	46,67	43,76	43,92	25,31	96,85
26	41,42	41,19	46,93	47,38	45,15	45,31	26,1	96,93
27	41,08	41,05	41,05	41,16	46,63	46,69	28,39	122,25
28	41,9	41,87	39,9	39,99	47,96	48,02	29,18	122,31
29	42,83	42,79	41,17	41,27	49,76	49,83	30,18	122,25
30	41,77	42,02	42,93	42,77	49,43	49,44	31,01	122,25
31	40,7	40,94	43,58	43,42	49,43	49,44	30,95	122,25
32	43,48	43,73	44,68	44,51	51,31	51,31	32,29	122,25
33	43,58	43,07	48,27	47,91	54,79	54,75	37,46	128,34
34	43,57	43,07	48,07	47,71	54,79	54,75	37,46	128,34
35	43,23	42,72	45,83	45,44	54,21	54,17	36,91	122,3
36	45,11	45,11	50,6	50,75	67,93	68,04	51,07	157,39
37	41,68	41,68	47,54	47,67	62,45	62,51	46,96	155,02
38	45,11	45,11	50,58	50,73	67,94	68,04	51,07	157,38
39	50,29	50,29	48,86	48,64	66,55	66,14	57,1	154,03
40	52,94	52,94	59,61	59,51	89,37	88,6	74,3	192,19

Tablo C.8. Marmul caddesine ait geometrik iyileştirilmesi yapılmış birinci kavşağın kuzey akım yönü için sinyal koordinasyonundan sonra 40 farklı senaryo'ya ait analiz sonuçları

Senaryo No	Kuzey-Güney		Kuzey-Doğu		Kuzey-Batı		Ortalama kuyruk uzunluğu (m)	Maksimum kuyruk uzunluğu (m)
	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)		
1	23,64	23,64	23,86	23,86	28,06	28,1	8,72	50,08
2	23,64	23,64	23,85	23,85	28,05	28,09	8,72	50,08
3	22,01	22,01	24,56	24,56	26,8	26,97	9,06	45,06
4	22,01	22,01	24,55	24,55	26,8	26,97	9,06	45,06
5	21,1	21,1	22,56	22,56	27,82	27,71	9,51	63,32
6	24,56	24,56	26,11	25,81	28,17	28,3	10,24	42,83
7	27,11	27,11	28,31	28,61	26,28	26,3	9,73	45,53
8	24,58	24,58	26,11	25,81	28,17	28,3	10,26	42,71
9	23,85	23,85	30,71	30,71	30,11	30,11	12,38	74,15
10	23,85	23,85	30,71	30,71	30,1	30,11	12,38	74,15
11	28,57	28,57	29,49	29,34	29,99	29,98	11,99	72,02
12	22,51	22,51	29,97	29,76	27,91	27,81	12,49	72,25
13	22,51	22,51	29,97	29,76	27,91	27,81	12,49	72,25
14	23,34	23,34	32,51	32,4	36,45	36,34	15,64	90,27
15	29,36	29,36	30,93	31,17	35,14	35,28	16,1	76,88
16	29,36	29,36	30,93	31,17	35,14	35,28	16,1	76,88
17	30,22	30,22	31,86	32,08	38,22	38,37	17,5	83,51
18	30,49	30,4	31,89	31,85	37,7	37,77	18,07	83,59
19	32,33	31,8	30,38	30,71	33,85	33,84	17,19	96,75
20	32,87	33,19	43,03	42,62	40,55	40,72	20,16	110,12
21	32,34	32,39	37,48	37,19	43,9	43,98	23,15	116,73
22	39,59	39,93	41,88	42,3	47,92	47,89	25,63	97,01
23	47,21	46,54	41,84	41,91	51,87	51,81	27,91	100,52
24	42,38	41,71	42,64	42,31	54,15	54,09	30,6	113,73
25	45,09	44,85	50,72	51,2	53,52	53,71	30,69	98,87
26	94,84	95,49	94,73	95,5	193,32	194,08	104,09	192,71
27	58,88	58,52	66,71	67,25	125,28	125,55	76,01	165,8
28	205,17	205,39	216,68	216,46	318,01	319,13	156,02	192,73
29	201,34	199,46	190,17	190,75	352,17	355,06	160,57	198,13
30	189,44	188,15	186,82	188,07	307,24	309,4	153,62	192,73
31	191,68	190,42	183,45	184,63	301,52	303,6	153,44	192,71
32	189,48	188,23	183,86	185,03	300,13	302,2	153,81	192,74
33	246,79	245,24	245,28	244,98	378,17	379,53	170,29	193,44
34	221,32	220,48	226,02	225,47	378,22	379,58	170,29	192,74
35	238,88	238,31	247,94	247,67	366,28	367,53	170,33	192,74
36	248,71	248,71	263,03	260,04	386,96	388,15	172,45	192,73
37	227,42	227,42	234,61	235,15	370,1	371,7	171,56	192,74
38	297,41	297,41	311,97	310,51	429,49	430,75	174,18	192,74
39	220,66	220,66	239,59	239,43	337,12	338,1	172,98	192,73
40	225,47	225,47	224,52	224,2	333,03	333,97	173,37	192,73

Tablo C.9. Marmul caddesine ait geometrik iyileştirilmesi yapılmış ikinci kavşağın batı akım yönü için sinyal koordinasyonundan önce 40 farklı senaryo'ya ait analiz sonuçları

Senaryo No	Batı-Doğu		Batı-Kuzey		Batı-Güney		Ortalama kuyruk uzunluğu (m)	Maksimum kuyruk uzunluğu (m)
	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)		
1	17,89	17,9	15,1	14,86	18,85	19,17	9,43	48,94
2	25,22	25,21	26,85	26,85	26,45	26,18	13,82	45,14
3	18,73	18,73	18,94	18,94	20,8	20,98	10,38	64,31
4	16,95	16,97	18,03	17,25	17,92	17,85	9,63	56,81
5	19,14	19,15	20,39	20,39	22,47	22,74	10,94	60,76
6	19,22	19,31	20,71	20,85	19,48	19,78	11,05	59,16
7	19,16	19,22	21,26	21,67	17,72	18	11,23	70,89
8	21,03	21,11	25,1	25,3	20,61	20,11	12,47	77,81
9	21,01	20,96	20,95	21,23	18,62	18,58	13,16	72,95
10	18,82	18,77	21,4	20,52	22,48	22,33	12,31	75,86
11	21,98	22,03	22,13	22,52	23,21	23,2	13,88	72,27
12	18,98	18,9	22,42	22,37	20,83	20,45	13,45	74,15
13	20,19	20,16	22,51	22,74	21,81	21,41	13,91	71,28
14	22,19	22,08	25,06	24,75	22,27	22,39	15,33	76,58
15	20,47	20,59	22,24	22,59	19,42	19,42	15,34	85,31
16	22,16	22,23	20,79	20,79	20,53	20,53	16,15	80,95
17	23,12	23,05	24,49	24,25	21,26	20,88	17,61	78,65
18	23,47	23,56	20,71	20,91	21,56	21,27	19,67	98,18
19	24,93	24,92	26,41	25,85	23,1	23,5	20,37	111,85
20	24,04	23,97	25,57	25,3	21,88	22,23	19,81	105,33
21	24,59	24,55	27,72	27,45	26,95	26,95	22,44	118,74
22	24,16	24,16	26,19	25,93	26,94	26,94	22,12	124,95
23	27,36	27,38	27,19	27,45	26,62	26,6	24,13	117,7
24	24,69	24,78	29,08	28,89	26,34	26,04	23,62	126,2
25	26,72	26,73	27,72	27,72	27,17	27,56	25,75	124,12
26	29,55	29,4	33,71	33,6	30,48	30,28	29,02	129,34
27	25,83	25,69	30,56	30,14	27,55	27,55	26,6	119,07
28	27,83	27,8	28,14	28,18	29,72	29,72	28,51	132,74
29	31,91	31,74	32,34	31,96	30,72	30,72	32,2	127,66
30	28,5	28,57	29,58	28,84	29,46	29,11	29,79	118,27
31	31,74	31,69	35,07	34,52	31,58	31,72	33,13	130,36
32	33,69	33,55	35,24	35,48	36,64	36,47	34,48	120,92
33	28,41	28,43	28,02	27,7	26,62	26,62	29,23	122,93
34	21,8	21,84	24,3	24,68	19,07	19,4	22,36	64,05
35	23,34	23,16	18,62	18,65	22,2	22,39	22,49	81,27
36	23,93	24,11	23,64	22,59	29,66	29,46	25,29	93,76
37	23,42	23,29	19,33	19,47	22,47	23,04	23,62	88,66
38	22,98	22,96	25,51	25,71	24,72	24,72	23,81	102,09
39	20,59	20,6	21,08	20,94	21,58	21,74	22,36	75,7
40	20,34	20,28	20,19	20,19	20,49	21,14	21,75	74,61



Tablo C.10. Marmul caddesine ait geometrik iyileştirilmesi yapılmış ikinci kavşağın batı akım yönü için sinyal koordinasyonundan sonra 40 farklı senaryo'ya ait analiz sonuçları

Senaryo No	Batı-Doğu		Batı-Kuzey		Batı-Güney		Ortalama kuyruk uzunluğu (m)	Maksimum kuyruk uzunluğu (m)
	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)		
1	4,87	4,91	5,15	5,15	4,81	4,87	2,17	23,22
2	4,98	5,02	6,83	6,83	5,86	5,94	2,27	24,8
3	4,93	4,95	5,38	5,38	7,07	7,14	2,4	31,25
4	4,87	4,9	5,39	5,39	6,22	6,27	2,3	24,1
5	5,23	5,25	5,39	5,39	4,2	4,25	2,24	28,83
6	5,61	5,58	5,05	5,2	5,62	5,63	2,64	46,09
7	5,35	5,32	3,64	3,7	7,7	7,82	2,57	35,94
8	5,07	5,04	4,18	4,32	5,62	5,63	2,27	35,52
9	5,18	5,19	4,81	4,85	5,06	5,06	2,6	33,33
10	5,15	5,16	4,68	4,72	4,86	4,86	2,55	33,33
11	5,42	5,4	5,91	5,95	6,37	6,37	2,89	59,45
12	5,36	5,36	4,72	4,75	4,58	4,61	2,76	33,44
13	5,72	5,73	4,75	4,77	4,47	4,48	2,96	34,15
14	5,27	5,27	5,03	4,99	4,9	4,93	2,93	33,07
15	5,33	5,33	4,95	5	6,21	6,21	3,56	48,18
16	5,57	5,56	4,32	4,4	6,1	6,07	3,53	49,55
17	5,81	5,8	5,17	5,26	5,31	5,35	4,24	46,92
18	6,17	6,17	5,81	5,81	6,78	6,71	3,66	48,18
19	6,5	6,53	5,83	5,6	8	8,1	4,29	56,47
20	6,46	6,43	6,09	6,26	5,02	5,02	4,2	62,54
21	6,55	6,54	7,72	7,75	7,3	7,37	4,8	62,53
22	6,02	6,06	7,44	7,36	5,7	5,79	4,45	51,24
23	7,05	6,99	5,19	5,18	6,34	6,34	4,95	84,27
24	6,96	6,96	6,96	7,01	5,42	5,47	4,77	57,96
25	13,03	12,98	14,21	14,19	15,32	14,56	12,73	113,58
26	9,36	9,31	8,69	8,83	7,83	7,84	7,52	58,39
27	9,71	9,76	11,8	11,86	9,28	9,35	9,08	103,02
28	12,75	12,77	12,32	12,74	11,8	11,94	11,88	101,81
29	5,92	5,92	7,96	7,93	9,65	9,72	5,41	68,62
30	7,54	7,51	10,17	9,81	9,86	9,86	7,09	85,88
31	6,4	6,41	8,91	8,61	7,64	7,64	6,14	100,47
32	5,73	5,73	8,18	7,78	7,24	7,26	5,43	62,72
33	8,42	8,4	10,26	10,25	9,62	9,62	8,42	94,84
34	6,83	6,72	7,26	7,27	8,64	8,69	6,28	73,1
35	7,19	7,16	8,7	8,67	9,6	9,6	6,51	73,1
36	9,31	9,3	9,63	9,19	12,99	12,7	10,27	92,45
37	5,15	5,15	7,31	7,02	6,49	6,55	4,73	68,88
38	9,43	9,4	8,98	9,01	8,57	8,19	9,75	80,61
39	7,54	7,44	7,52	7,6	10,7	10,94	8,9	116,82
40	6,67	6,65	9,32	9,01	8,18	7,94	7,5	76,71

Tablo C.11. Marmul caddesine ait geometrik iyileştirilmesi yapılmış ikinci kavşağın güney akım yönü için sinyal koordinasyonundan önce 40 farklı senaryoya ait analiz sonuçları

Senaryo No	Güney-Kuzey		Güney-Batı		Güney-Doğu		Ortalama kuyruk uzunluğu (m)	Maksimum kuyruk uzunluğu (m)
	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)		
1	22,14	22,14	21,78	21,78	24,14	24,14	3,78	30,03
2	26,67	26,67	20,86	20,86	20,98	20,98	4,23	31,29
3	22,14	22,14	21,76	21,76	24,11	24,11	3,78	30,03
4	26,69	26,69	20,88	20,88	21,03	21,03	4,23	31,29
5	21,12	21,12	24,78	24,78	22,79	22,79	4,28	38,98
6	26,67	26,67	20,89	20,89	21,02	21,02	4,23	31,29
7	21,12	21,12	24,75	24,75	22,8	22,8	4,28	38,98
8	19,12	19,12	26,27	26,27	17,48	17,48	4,61	37,66
9	22,18	22,18	28,66	28,66	20,73	20,73	4,71	38,98
10	23,46	23,46	30,61	30,61	24,5	24,5	5,83	39,7
11	25,28	25,28	24,48	24,48	24,15	24,15	5,73	39,06
12	22,46	22,46	30,73	30,73	24,49	24,49	5,71	39,7
13	28,29	28,29	26,32	26,32	25,29	25,29	6,41	50,75
14	26,34	26,34	26,46	26,46	24,85	24,85	6,41	45,22
15	25,95	25,95	28,62	28,62	26,47	26,47	6,33	44,78
16	33,85	33,85	32,76	32,76	23,53	23,53	8,08	50,78
17	30,53	30,53	29,76	29,76	26,55	26,55	7,84	45,26
18	27,76	27,76	29,8	29,8	28,53	28,53	7,15	45,22
19	31,6	31,6	33,58	33,58	27,52	27,52	8,61	59,17
20	30,71	30,71	30,35	30,35	27,02	27,02	8,46	64,08
21	34,44	34,44	37,62	37,62	29,33	29,33	9,34	64
22	39,84	39,84	34,79	34,79	35,39	35,39	10,73	63,57
23	30,42	30,42	36,84	36,84	30,05	30,05	9,08	53,13
24	39,42	39,42	34,07	34,07	33,3	33,3	10,46	63,57
25	33,31	33,31	41,29	41,29	31,05	31,05	9,88	59,97
26	35,58	35,58	43,39	43,39	40,47	40,47	12,33	62,56
27	33,29	33,29	38,58	38,58	31,15	31,15	9,99	59,97
28	35,6	35,6	46,15	46,15	40,48	40,48	12,35	62,56
29	40,8	40,8	50,83	50,83	47,14	47,14	14,91	81,43
30	41,06	41,06	48	48	36,84	36,84	12,48	74,97
31	44,8	44,8	71,04	71,04	47,77	47,77	16,91	81,43
32	50,31	50,31	61,5	61,5	51,97	51,97	18,68	80,01
33	46,74	46,74	58,38	58,38	43,79	43,79	14,94	74,61
34	52,62	52,62	47,26	47,26	51,49	51,49	18,87	80,78
35	48,53	48,53	64,99	64,8	46,79	46,79	22,24	88,5
36	48,83	48,83	49,42	49,42	48,15	48,15	17,83	80,77
37	54,16	54,16	60,64	60,41	50,14	50,14	23,89	88,5
38	51,44	51,44	58,54	59,01	56,49	56,49	26,16	95,37
39	54,19	54,19	107,32	106,79	50,23	50,23	23,9	88,5
40	54,97	54,97	67,36	67,9	57,9	57,9	28,15	96,05

Tablo C.12. Marmul caddesine ait geometrik iyileştirilmesi yapılmış ikinci kavşağın güney akım yönü için sinyal koordinasyonundan sonra 40 farklı senaryo'ya ait analiz sonuçları

Senaryo No	Güney-Kuzey		Güney-Batı		Güney-Doğu		Ortalama kuyruk uzunluğu (m)	Maksimum kuyruk uzunluğu (m)
	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)		
1	24,51	24,51	25,24	25,24	23,67	23,67	4,28	37,66
2	20,34	20,34	20,91	20,91	26,66	26,66	3,83	32,7
3	24,51	24,51	25,23	25,23	23,68	23,68	4,28	37,66
4	20,32	20,32	20,88	20,88	26,65	26,65	3,83	32,7
5	27,75	27,75	28,22	28,22	27,76	27,76	5,33	38,98
6	24,65	24,65	27,75	27,75	21,4	21,4	4,61	32,7
7	26,98	26,98	32,62	32,62	25,67	25,67	5,55	37,66
8	27,56	27,56	28,26	28,26	20,06	20,06	5,74	45,23
9	26,98	26,98	32,59	32,59	25,69	25,69	5,55	37,66
10	26,8	26,8	28,31	28,31	32,6	32,6	6,21	44,46
11	33,57	33,57	33,76	33,76	30,73	30,73	8,07	51,18
12	32,77	32,77	33,35	33,35	28,45	28,45	7,22	45,23
13	33,57	33,57	33,78	33,78	30,73	30,73	8,07	51,18
14	36,74	36,74	34,31	34,31	30,79	30,79	8,94	52,94
15	41,48	41,48	40,22	40,22	29,46	29,46	9,76	52,5
16	37,82	37,82	36,96	36,96	32,65	32,65	9,48	57,56
17	34,7	34,7	36,6	36,6	37,18	37,18	9,97	64,99
18	38,44	38,44	37,72	37,72	31,07	31,07	9,75	63,41
19	36,49	36,49	42,05	42,05	33,36	33,36	10,36	53,18
20	41,3	41,3	46,61	46,61	38,59	38,59	12,62	66,87
21	45,58	45,58	48,07	48,07	37,22	37,22	12,93	64,99
22	45,46	45,46	53,33	53,33	40,54	40,54	13,42	58,37
23	48,2	48,2	42,54	42,54	44,91	44,91	14,34	73,16
24	43,46	43,46	57,24	57,24	41,68	41,68	13,76	62,45
25	49,81	49,81	51,82	51,82	40,33	40,33	15,6	71,25
26	40,29	40,29	48,63	48,63	47,01	47,01	14,67	83,2
27	48,24	48,24	44,16	44,16	44,91	44,91	14,34	73,16
28	43,8	43,8	48,97	48,97	38,96	38,96	14,93	80,01
29	36,11	36,11	50,35	50,35	45,28	45,28	13,47	69,71
30	34,08	34,08	74,58	74,58	27,27	27,27	10,34	59,98
31	38,75	38,75	81,1	81,1	38,48	38,48	13,37	71,13
32	31,47	31,47	83,71	83,71	34,28	34,28	12,48	59,95
33	32,59	32,59	57,87	57,87	37,32	37,32	12,03	65,34
34	34,18	34,18	61,62	61,62	31,22	31,22	12,19	66,88
35	39,57	39,57	72,48	72,86	31,72	31,72	15,45	70,49
36	33,34	33,34	66,59	66,59	31,22	31,22	12,08	66,88
37	67,09	67,09	108,44	108,48	65,59	65,59	29,48	106
38	60,1	60,1	93,51	93,19	57,61	57,61	30	110,82
39	157,06	157,06	197,98	197,59	170,93	170,93	74,88	173,07
40	229,78	229,78	282,08	280,57	240,26	240,26	123,92	173,27

Tablo C.13. Marmul caddesine ait geometrik iyileştirilmesi yapılmış ikinci kavşağın doğu akım yönü için sinyal koordinasyonundan önce 40 farklı senaryo'ya ait analiz sonuçları

Senaryo No	Doğu-Batı		Doğu-Kuzey		Doğu-Güney		Ortalama kuyruk uzunluğu (m)	Maksimum kuyruk uzunluğu (m)
	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)		
1	20,44	22,02	19,57	19,57	20,96	20,96	8,94	43,02
2	19,16	24,59	16,85	16,85	18,13	18,13	8,57	48,84
3	21,06	22,23	19,57	19,57	21,1	21,1	9,13	42,85
4	21,83	26,66	20,05	20,05	22,89	22,89	9,97	55,46
5	19,49	26,88	18,04	18,04	18,49	18,49	9,16	50,19
6	19,93	25,77	17,05	17,05	18,5	18,5	8,99	48,75
7	20,46	28,09	18,61	18,61	21,29	21,29	9,82	50,86
8	21,01	22,24	22,33	22,33	20,95	20,95	10,98	61,7
9	20,52	19,97	20,95	20,95	21,94	21,94	9,7	66,39
10	22,85	29,82	19,7	19,7	20,56	20,56	12,01	58,69
11	21,96	28,84	25,74	25,74	18,31	18,31	12,32	58,17
12	22,78	24,86	20,57	20,57	21,09	21,09	11,93	58,68
13	24,17	35,06	30,22	30,22	25,62	25,62	14,1	70,92
14	23,18	21,96	23,08	23,08	23,1	23,1	13,98	64,46
15	24,69	31,77	24,18	24,18	26,56	26,56	14,48	76,76
16	25,51	13,27	22,83	22,83	32,43	32,43	15,78	69,33
17	26,31	22,59	24,37	24,37	29,98	29,98	17,88	77,07
18	28,15	37,44	26,14	26,14	27,5	27,5	17,45	82,55
19	28,55	26,43	30,15	30,15	31,19	31,19	19,38	87,34
20	26,78	26,32	24,88	24,88	27,15	27,15	19,12	84,78
21	27,96	27,02	29,71	29,71	30,53	30,53	18,91	81,68
22	29,31	29,28	25,76	25,76	28,57	28,57	20,78	87,6
23	33,51	22,93	31,34	31,34	30,58	30,58	24,3	91,01
24	31,66	30,02	29,06	29,06	29,33	29,33	22,78	87,78
25	35,05	23,85	33,43	33,43	31,28	31,28	25,22	90,54
26	34,98	33,6	33,5	33,5	29,85	29,85	27,07	96,34
27	36,59	25,08	35,35	35,35	32,92	32,92	27,46	96,47
28	39,23	40,44	36,59	36,59	30,98	30,98	30,09	115,98
29	38,7	40,85	46,42	46,42	34,7	34,7	33,96	119,96
30	41,65	41,9	36,64	36,64	34,02	34,02	31,89	118,52
31	45,86	46,01	48,02	48,02	37,75	37,75	37,38	137,8
32	48,03	58,02	48,74	48,74	43,47	43,47	45,86	169,66
33	65,41	66,67	54,62	54,62	49,12	49,12	56,26	177,04
34	51,83	61,11	54,23	54,23	47,04	47,04	50,72	165,16
35	84,09	58,27	64,41	64,41	65	65	104,68	200,53
36	46,93	50,16	55,11	55,11	41,46	41,46	45,41	160,66
37	102,6	68,78	83,67	83,67	95,81	95,81	130,92	200,51
38	103,75	92,24	86,2	86,25	99,8	99,8	143,91	199,97
39	111,84	118,92	89,73	89,73	98,23	98,23	151,4	205,8
40	120,13	111,2	95,68	95,68	111,33	111,33	151,39	200,29

Tablo C.14. Marmul caddesine ait geometrik iyileştirilmesi yapılmış ikinci kavşağın doğu akım yönü için sinyal koordinasyonundan sonra 40 farklı senaryoya ait analiz sonuçları

Senaryo No	Doğu-Batı		Doğu-Kuzey		Doğu-Güney		Ortalama kuyruk uzunluğu (m)	Maksimum kuyruk uzunluğu (m)
	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)		
1	24,76	24,58	22,89	22,89	21,95	21,95	10,75	54,49
2	26,38	26,42	26,82	26,82	24,51	24,51	12,04	55,97
3	24,62	24,44	22,84	22,84	21,87	21,87	10,7	54,33
4	26,31	26,35	26,85	26,85	24,55	24,55	12,03	55,96
5	27,46	27,64	25,58	25,58	27,03	27,03	13,12	56,26
6	28,51	28,51	31,32	31,32	30,84	30,84	13,66	63,96
7	28,94	28,74	29,95	29,95	26,79	26,79	14,11	52,64
8	27,17	27,15	32,3	32,3	28,79	28,79	14,57	68,58
9	29,04	28,84	29,95	29,95	28,84	28,84	14,26	56,99
10	30,49	30,56	33,7	33,7	35,29	35,29	16,37	63,97
11	32,6	32,61	32,54	32,54	32,59	32,59	19,19	82,3
12	31,48	31,6	28,89	28,89	31,22	31,22	16,97	74,14
13	32,4	32,41	32,51	32,51	32,59	32,59	19,15	81,25
14	31,91	32,07	32,42	32,42	31,58	31,58	20,05	68,24
15	38,11	38,26	38,86	38,86	40,69	40,69	22,75	88,32
16	36,06	35,99	36,07	36,07	33,29	33,29	23,19	90,45
17	33,31	33,35	37,14	37,14	33,36	33,36	23,24	86,51
18	35,76	35,65	40,83	40,83	34,43	34,43	22,66	95,55
19	43,87	43,98	46,93	46,93	38,69	38,69	30,92	123,78
20	38,69	38,73	43,07	43,07	39,84	39,84	30,17	115,07
21	51,88	52,04	46,2	46,2	48,31	48,31	37,32	131,83
22	40,8	40,69	42,85	42,85	42,34	42,34	32,19	109,82
23	35,8	35,58	30,43	30,43	32,58	32,58	29,46	117,93
24	37,11	37,2	35,88	35,88	38,84	38,84	29,05	125,16
25	31,59	31,74	32,44	32,44	29,95	29,95	25,94	112,8
26	31,86	31,79	39,95	39,95	29,61	29,61	27,76	112,8
27	34,99	34,77	29,55	29,55	31,67	31,67	28,72	122,58
28	31,25	31,41	30,66	30,66	30,68	30,68	26,84	110,26
29	38,47	38,49	34,46	34,46	37,64	37,64	32,03	120,72
30	167,61	167,59	109,83	108,24	124,76	124,76	143,08	205,58
31	185,22	185,06	135,72	135,72	139,3	139,3	154,58	205,58
32	182,29	182,12	127,48	127,48	131,74	131,74	156,01	200,53
33	66,37	66,55	62,24	62,24	52,8	52,8	60,54	200,45
34	95,04	95,49	75,2	75,2	72,93	72,93	101,91	200,37
35	130,31	130,46	99,25	99,25	112,79	112,79	148,96	200,36
36	107,12	107,5	75,34	75,34	83,22	83,22	119,6	200,64
37	190,31	189,93	143,41	145,35	146,51	146,51	169,24	200,43
38	137,69	137,38	113,41	113,41	125,54	125,54	161,42	200,52
39	255,42	255,23	175,17	175,17	191,39	191,39	173,42	205,92
40	273,97	273,7	194,47	194,47	205,1	205,1	177,7	205,89

Tablo C.15. Marmul caddesine ait geometrik iyileştirilmesi yapılmış ikinci kavşağın kuzey akım yönü için sinyal koordinasyonundan önce 40 farklı senaryo'ya ait analiz sonuçları

Senaryo No	Kuzey-Güney		Kuzey-Batı		Kuzey-Doğu		Ortalama kuyruk uzunluğu (m)	Maksimum kuyruk uzunluğu (m)
	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)		
1	17,8	16,55	25,59	25,83	14,26	14,49	2,93	29,17
2	20,74	20,73	22,32	22,79	28,88	28,51	3,43	25,93
3	17,79	16,55	25,78	26,03	14,23	14,48	2,92	29,17
4	20,74	20,73	22,07	22,55	28,88	28,51	3,42	25,93
5	19	18,87	20,91	21,13	22,97	23,67	3,17	24,38
6	23,68	23,97	22,14	22,42	23,88	23,7	3,16	26,28
7	21,23	21,21	19,06	19,22	19,67	20,21	3,1	24,18
8	19,98	20,46	18,37	17,78	17,65	17,62	3,08	25,7
9	26,8	27,44	22,71	22,5	22,61	23,03	3,62	25,88
10	21,61	21,87	22,2	21,95	25,27	26,13	3,85	32,09
11	25,49	25,18	23,82	23,55	24,59	25,07	4,61	27,03
12	22,48	22,73	23,6	23,47	26,12	26,96	4,08	32,09
13	24,52	24,17	23,3	23,01	23	23,38	4,38	27,03
14	26,74	27,32	28,86	29,02	32,04	32,47	5,96	38,31
15	30,59	30,25	28,04	27,43	28,02	27,67	5,19	31,77
16	34,02	34,41	37,74	37,91	29,24	27,9	7,51	37,63
17	30,39	29,79	30,61	30,73	30,3	29,44	6,64	33,29
18	27,22	26,45	31,62	32,55	29,61	30,54	6,15	38,31
19	34,26	33,99	35,34	35,15	30,68	31,78	7,24	31,14
20	34,66	33,98	35,64	35,48	32,69	33,02	7,68	37,79
21	39,36	39,07	39,57	39,18	37,2	37,51	8,22	43,37
22	35,71	34,24	39,23	39,43	36,59	36,31	9,03	50,53
23	38,71	39,17	50,84	51,42	39,59	41,19	10,61	38,3
24	35,7	34,23	38,48	38,62	36,59	36,31	9,02	50,53
25	39,66	40,13	52,43	53,01	40,52	42,12	10,82	37,95
26	45,44	44,22	54,89	55,36	44,15	45,02	12,54	50,61
27	39,67	40,14	49,68	50,07	40,53	42,14	10,5	37,95
28	45,46	44,24	56,48	57,04	44,17	45,03	12,81	50,61
29	56,03	55,07	58,15	58,8	52,1	50,96	15,33	56,97
30	51,98	51,37	67,35	66,8	35,86	36,04	14,13	50,61
31	56,01	55,05	73,58	74,36	52,13	50,99	16,14	56,97
32	51,84	52,57	80,01	79,45	55,95	56,08	17,16	56,64
33	48,03	45,58	112,3	112,65	50,28	48,58	21,26	55,78
34	52,79	52,71	57,35	57,23	52,87	53,95	16,74	56,01
35	51,5	49,61	63,26	63,85	52,09	50,74	18,94	66,52
36	53,23	53,21	52,84	53,51	51,95	53,03	15,4	56,01
37	52,45	50,57	60,41	60,78	53,06	51,71	19,22	66,52
38	66,07	66,46	81,37	81,61	56,68	55,32	26,77	78,39
39	52,46	50,57	85,48	85,69	53,03	51,68	20,25	66,52
40	65,53	65,86	70,37	70,55	57,49	56,11	24,29	74,87

Tablo C.16. Marmul caddesine ait geometrik iyileştirilmesi yapılmış ikinci kavşağın kuzey akım yönü için sinyal koordinasyonundan sonra 40 farklı senaryo'ya ait analiz sonuçları

Senaryo No	Kuzey-Güney		Kuzey-Batı		Kuzey-Doğu		Ortalama kuyruk uzunluğu (m)	Maksimum kuyruk uzunluğu (m)
	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	Ortalama taşıt gecikme (sn)	Otomobil ortalama gecikmesi (sn)		
1	22,32	22,79	21,42	20,61	28,6	28,8	3,22	25,95
2	21,66	20,28	20,86	20,44	18,93	19,63	3,2	29,18
3	22,32	22,79	21,34	20,54	28,61	28,8	3,21	25,95
4	21,65	20,27	20,8	20,4	18,94	19,65	3,2	29,18
5	22,29	21,77	22,77	22,49	28,97	28,18	4,03	30,24
6	21,96	21,48	25,6	24,81	21,2	19,64	3,67	27,14
7	26,98	27,11	22,73	22,67	30,34	30,74	3,8	32,92
8	26,52	26,31	21,27	21,32	21,27	20,88	3,92	31,19
9	26,98	27,11	22,68	22,64	30,35	30,74	3,8	32,92
10	30,77	30,13	26,87	26,84	25,78	25,78	4,91	31,19
11	28,91	28,47	28,19	28,12	26,21	25,07	5,36	32,05
12	30,5	30,03	27,71	26,82	28,49	28,19	5,02	37,66
13	28,92	28,48	28,24	28,17	26,22	25,07	5,35	32,05
14	36,36	36,25	37,27	36,86	30,69	30,66	7,47	43,4
15	35,79	34,5	39,18	38,55	33,72	32,12	6,99	43,42
16	40,23	39,63	36,47	37,1	38,04	38,93	7,63	45,28
17	38,2	37,1	40,09	41,36	37,32	36,85	8,49	43,42
18	42,81	42,4	43,81	43,04	38,51	38,46	8,75	43,4
19	48,38	48,24	49,44	49,22	40,28	41,62	10,52	49,62
20	53,1	52,73	52,23	51,51	48,34	49,48	12,46	50,53
21	55,85	54,77	56,43	57,65	48,6	50,97	11,47	50,56
22	54,14	53,23	54,23	55,34	53,65	53,39	12,35	50,68
23	51,76	50,65	60,91	61	48,97	49,68	13,23	49,68
24	56,53	54,64	59,68	59,73	50,24	49,45	13,69	49,67
25	52,44	52,77	49	48,65	48,33	49,26	11,81	56,63
26	48,97	48,44	49,1	49,87	49,32	48,52	13	50,61
27	51,74	50,63	57,82	57,66	48,93	49,64	12,88	49,68
28	48,94	47,12	53,96	52,35	50,59	51,21	13,48	48,93
29	38,21	36,86	41,96	42,44	29,6	29,09	10,32	43,39
30	29,91	29,28	81,64	81,01	29,42	29,42	9,09	44,97
31	28,63	28,49	101,83	103,73	30,32	29,92	12,59	37,08
32	31,24	30,67	95	94,36	21,49	22,26	11,53	47,84
33	42,48	41,78	62,33	64,26	40,28	40,22	13,21	50,57
34	41,91	40,63	73,41	73,22	39,41	40,61	15,31	50,65
35	44,38	43,23	139,11	140,09	43,13	42,61	30,18	70,87
36	41,85	40,57	92,96	93	39,4	40,59	17,8	55,81
37	41,29	40,57	117,61	118,18	35,06	34,61	18,98	64,62
38	69,84	68,23	243,33	246,84	64,94	63,63	65,23	158,24
39	37,27	36,66	117,84	117,09	36,81	36,26	18,95	55,58
40	37,63	36,42	268,8	272,8	33,4	31,97	60,86	133,08

## ÖZGEÇMİŞ

Suhrab AHADI, 28.04.1989'da Faryab, Afganistan'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Faryab'da tamamladı. 2007 yılında Khurasan Lisesi'nden mezun oldu. 2009 yılında başladığı Jowzijan Üniversitesi Jeodizi Mühendisliği Bölümü'nü 2013 yılında bitirdi. 2013 yılında Jawzijan Üniversitesi, Jeodizi Mühendisliği Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak çalışmaya başladı. 2017 yılında Sakarya Üniversitesi inşaat Mühendisliği Bölümü, Ulaştırma bilim dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı.