



**GÖLCÜK İLÇESİ KENT GEÇİŞİNDE BULUNAN
KAVŞAKLARIN MİKROSİMÜLASYON VE
TAGUCHİ METODUYLA İYİLEŞTİRİLMESİ**

Oğuzhan AKPINAR

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Osman Ünsal BAYRAK

Yüksek Lisans Tezi

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı

2020

(Her hakkı saklıdır.)

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ULAŞTIRMA BİLİM DALI

**GÖLCÜK İLÇESİ KENT GEÇİŞİNDE BULUNAN KAVŞAKLARIN
MİKROSİMÜLASYON VE TAGUCHİ METODUYLA İYİLEŞTİRİLMESİ**

(Improvement with The Microsimulation and Tagucgi Method of Junctions in City Crossing
of Gölcük District)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Oğuzhan AKPINAR

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Osman Ünsal BAYRAK

Erzurum
Ağustos, 2020

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Oğuzhan AKPINAR tarafından hazırlanan “Gölcük İlçesi Kent Geçişinde Bulunan Kavşakların Mikrosimülasyon ve Taguchi Metoduyla İyileştirilmesi” başlıklı çalışması 28 / 07 / 2020 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Ulaştırma Bilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:	Prof. Dr. Ahmet TORTUM <i>Atatürk Üniversitesi</i>	
Danışman:	Dr. Öğr. Üyesi Osman Ünsal BAYRAK <i>Atatürk Üniversitesi</i>	
Jüri Üyesi:	Prof. Dr. Ahmet TORTUM <i>Atatürk Üniversitesi</i>	
Jüri Üyesi:	Doç. Dr. Muhammed Yasin ÇODUR <i>Erzurum Teknik Üniversitesi</i>	
Jüri Üyesi:	Dr. Öğr. Üyesi Osman Ünsal Bayrak <i>Atatürk Üniversitesi</i>	

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

Prof. Dr. Mehmet KARAKAN
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildiriş, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU

Yüksek Lisans Tezi olarak Dr. Öğr. Üyesi Osman Ünsal BAYRAK danışmanlığında sunulan “Gölcük İlçesi Kent Geçişinde Bulunan Kavşakların Mikrosimülasyon ve Taguchi Metoduyla İyileştirilmesi” başlıklı çalışmanın tarafımızdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını, yararlanılan eserlerin kaynakçada gösterildiğini, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından belirlenmiş olan Turnitin Programı benzerlik oranlarının aşılmadığını ve aşağıdaki oranlarda olduğunu beyan ederiz.

Tez Bölümleri	Tezin Benzerlik Oranı (%)	Maksimum Oran (%)
Giriş	22	30
Kuramsal Temeller	4	30
Materyal ve Yöntem	18	35
Bulgular	3	20
Tartışma	0	20
Tezin Geneli	11	25

Not: Yedi kelimeye kadar benzerlikler ile Başlık, Kaynakça, İçindekiler, Teşekkür, Dizin ve Ekler kısımları tarama dışı bırakılabilir. Yukarıdaki azami benzerlik oranları yanında tek bir kaynaktan olan benzerlik oranlarının %5'den büyük olmaması gerekir.

Beyan edilen bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ve beyan ederiz.

Tez Yazarı (Öğrenci)	Tez Danışmanı
Oğuzhan AKPINAR	Dr. Öğr. Üyesi Osman Ünsal BAYRAK
İmza:	İmza:

* Tez ile ilgili YÖKTEZ’de yayınlamasına ilişkin bir engelleme var ise aşağıdaki alanı doldurunuz.

☐ Tezle ilgili patent başvurusu yapılması / patent alma sürecinin devam etmesi sebebiyle Enstitü Yönetim Kurulunun/....../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 2 (iki) yıl süreyle engellenmiştir.

☐ Enstitü Yönetim Kurulunun/....../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 6 (altı) ay süreyle engellenmiştir.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın danışmanlığını yapan, tez konusunun belirlenmesinden sonuçlandırılmasına kadar çalışma boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren kıymetli hocam Dr. Öğr. Üyesi Osman Ünsal BAYRAK 'a, istatistiksel çalışmalarımda bana yol gösteren hocam Dr. Öğr. Üyesi Halim Ferit BAYATA 'ya, çalışmam esnasında bilgi, birikim ve deneyimlerini benden esirgemeyen Deniz Ulaşım Şube Müdürü Mehmet YILDIRIM nezdinde tüm Kocaeli Büyükşehir Belediyesi çalışanlarına, öğrencilere vermiş oldukları destekler ve PTV VISSIM programının akademik sürümünü sağladıkları için tüm PTV-GROUP ailesine, öğrenim hayatım boyunca maddi ve manevi hiçbir desteği esirgemeyen her daim yanımda olan aileme sonsuz teşekkür ederim.

Gölcük İlçesi Kent Geçişinde Bulunan Kavşakların Mikrosimülasyon ve Taguchi Metoduyla İyileştirilmesi

Oğuzhan AKPINAR

ÖZET
YÜKSEK LİSANS TEZİ
GÖLCÜK İLÇESİ KENT GEÇİŞİNDE BULUNAN KAVŞAKLARIN
MİKROSİMÜLASYON VE TAGUCHİ METODUYLA
İYİLEŞTİRİLMESİ

Oğuzhan AKPINAR

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Osman Ünsal BAYRAK

Amaç: Bu çalışmanın amacı Gölcük İlçesi kent geçişinde bulunan dört adet kavşağın seyahat süresi, ortalama gecikme süresi, yakıt tüketimi, NO ve CO emisyon salınımı değerlerini iyileştirmeye yönelik öneriler sunmaktır.

Yöntem: Çalışma üç temel aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada en uygun kavşak tiplerinin belirlenmesi için Taguchi L_9 ortogonal dizisi kullanılmıştır. İkinci aşamada Webster Sinyalizasyon Yöntemi kullanılarak sinyal süreleri düzenlenmiştir. Üçüncü aşamada ise tüm kombinasyonlar VISSIM mikrosimülasyon programında simüle edilmiştir.

Bulgular: Geçiş koridorunda bulunan kavşakların platform özelliklerinin ve sinyalizasyon sürelerinin seyahat ve gecikme süreleri, yakıt tüketimi, NO ve CO emisyon salınım değerleri üzerinde önemli derecede etkiye sahip oldukları tespit edilmiştir.

Sonuç: Seyahat süresi, gecikme süresi, yakıt tüketimi, CO salınımı ve NO salınımını minimum yapan kavşak platform durumları mevcut durum ile karşılaştırılmıştır ve mevcut duruma göre tüm değerlerde büyük miktarda azalma elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: kavşak, koridor analizi, VISSIM, mikrosimülasyon, Taguchi Metodu.

Ağustos 2020, 98 sayfa

ABSTRACT
MASTER THESIS
THE IMPROVEMENT WITH THE MICROSIMULATION AND TAGUCHI
METHOD OF JUNCTIONS IN CITY CROSSING OF GÖLCÜK DISTRICT

Oğuzhan AKPINAR

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Osman Ünsal BAYRAK

Purpose: The aim of this study is to provide suggestions for improving the travel time, average delay time, fuel consumption, NO and CO emission oscillation values of four intersections at the Gölcük District city crossing.

Method: The study consists of three basic stages. In the first stage, Taguchi L_9 orthogonal array was used to determine the most suitable intersection types. In the second stage, the signal times were arranged using the Webster Signaling Method. In the third stage, all combinations are simulated in the VISSIM microsimulation program.

Findings: It has been determined that the platform features and signaling times of intersections in the passage corridor have a significant impact on travel and delay times, fuel consumption, NO and CO emission oscillation values.

Results: Junction platform conditions that minimize travel time, delay time, fuel consumption, CO oscillation and NO oscillation are compared with the current situation, and a substantial reduction in all values has been achieved compared to the current situation.

Keywords: intersection, corridor analysis, VISSIM, microsimulation, Taguchi Method.

August 2020, 98 page

İÇİNDEKİLER

ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLolar DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
KISALTMALAR ve SİMGELER DİZİNİ	xiii
GİRİŞ.....	1
Kavşaklar	1
Kavşakların ilkeleri.....	1
Kavşak düzenlemelerinin amacı	2
Kavşak tasarım ilkeleri	2
Kullanıcı özellikleri	4
Kavşak türleri.....	5
Kavşaklarda Sinyalizasyon Sistemi	12
Sinyalizasyon sistemi kavramları	13
Sinyalizasyon sisteminin avantaj ve dezavantajları	14
KURAMSAL TEMELLER.....	16
MATERYAL ve YÖNTEM	24
Trafik Mikrosimülasyonu	24
Taguchi Metodu	25
Webster Sinyalizasyon Yöntemi.....	27
Çalışma Alanı	29
ARAŞTIRMA BULGULARI	33
Veri Toplanması	33
Simülasyon Modelinin Oluşturulması ve Kalibrasyonu	35
Mevcut Durum Simülasyon Sonuçları.....	52
CO salınımı simülasyon sonuçları	52
NO salınımı simülasyon sonuçları	52
Yakıt tüketimi simülasyon sonuçları	52
Seyahat süresi simülasyon sonuçları.....	53
Gecikme süresi simülasyon sonuçları.....	54
Kuyruk uzunluğu simülasyon sonuçları	56
Senaryoların Simülasyon Sonuçları	56

Webster sinyalizasyon yöntemi uygulamaları	56
CO salınımı simülasyon sonuçları	59
NO salınımı simülasyon sonuçları	59
Yakıt tüketimi simülasyon sonuçları	59
Seyahat süresi simülasyon sonuçları.....	60
Gecikme süresi simülasyon sonuçları.....	62
Kuyruk uzunluğu simülasyon sonuçları	63
TARTIŞMA ve SONUÇ	65
CO Emisyonu Sonuçlarının Değerlendirilmesi	65
NO Emisyonu Sonuçlarının Değerlendirilmesi	66
Yakıt Tüketimi Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	68
Kuyruk Uzunluğu Sonuçlarının Değerlendirilmesi	69
Kuzey yönündeki kuyruk uzunluklarının değerlendirilmesi	70
Doğu yönündeki kuyruk uzunluklarının değerlendirilmesi	71
Batı yönündeki kuyruk uzunluklarının değerlendirilmesi	72
Seyahat Süresi Sonuçlarının Değerlendirilmesi	73
Batı-Doğu yönü seyahat sürelerinin değerlendirilmesi	74
Doğu-Batı yönü seyahat sürelerinin değerlendirilmesi	75
Gecikme Süresi Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	76
Batı-Doğu yönü gecikme sürelerinin değerlendirilmesi	76
Doğu-Batı yönü gecikme sürelerinin değerlendirilmesi	78
KAYNAKLAR.....	80
ÖZGEÇMİŞ.....	82

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Kavşak tasarımını etkileyen taşıt özellikleri (Abret 2016)	5
Tablo 2. Otomobil eşdeğer faktörü	29
Tablo 3. Şerit kullanım faktörü	29
Tablo 4. Donanma kavşağı pik saat sayımları	34
Tablo 5. Mobil kavşağı pik saat sayımları	34
Tablo 6. Belediye önü kavşağı pik saat sayımları	34
Tablo 7. İskele yolu kavşağı pik saat sayımları	35
Tablo 8. L9 ortogonal dizisine göre oluşturulan senaryolar	35
Tablo 9. Donanma Kavşağı simülasyon değerlerinin değerlendirilmesi	50
Tablo 10. Mobil Kavşağı simülasyon değerlerinin değerlendirilmesi	50
Tablo 11. Belediye Önü Kavşağı simülasyon değerlerinin değerlendirilmesi	51
Tablo 12. İskele Yolu Kavşağı simülasyon değerlerinin değerlendirilmesi	51
Tablo 13. Mevcut durum CO salınımı simülasyon sonuçları (kg)	52
Tablo 14. Mevcut durum NO salınımı simülasyon sonuçları (kg)	52
Tablo 15. Mevcut durum yakıt tüketimi simülasyon sonuçları (lt)	52
Tablo 16. Mevcut durum donanma kavşağı seyahat süresi simülasyon sonuçları (sn)	53
Tablo 17. Mevcut durum mobil kavşağı seyahat süresi simülasyon sonuçları (sn)	53
Tablo 18. Mevcut durum belediye önü kavşağı rotaları seyahat süreleri (sn)	54
Tablo 19. Mevcut durum iskele yolu kavşağı rotaları seyahat süreleri (sn)	54
Tablo 20. Mevcut durum koridor boyunca hareket eden araçların seyahat süreleri simülasyon sonuçları (sn)	54
Tablo 21. Mevcut durum donanma kavşağı rotaları gecikme süresi simülasyon sonuçları (sn)	55
Tablo 22. Mevcut durum mobil kavşağı rotaları gecikme süreleri simülasyon sonuçları (sn)	55
Tablo 23. Mevcut durum belediye önü kavşağı rotaları gecikme süreleri simülasyon sonuçları (sn)	55
Tablo 24. Mevcut durum iskele yolu kavşağı rotaları gecikme süreleri simülasyon sonuçları (sn)	56
Tablo 25. Mevcut durum koridor boyunca hareket eden araçların gecikme süreleri simülasyon sonuçları (sn)	56
Tablo 26. Mevcut durum kuyruk uzunlukları simülasyon sonuçları (m)	56
Tablo 27. Senaryolara göre kavşaklarda CO salınımı simülasyon sonuçları (kg)	59
Tablo 28. Senaryolara göre kavşaklarda NO salınımı simülasyon sonuçları (kg)	59
Tablo 29. Senaryolara göre kavşaklardaki yakıt tüketimi simülasyon sonuçları (lt)	59
Tablo 30. Donanma kavşağı rotaları seyahat süresi simülasyon sonuçları (sn)	60

Tablo 31. Mobil kavşağı rotaları seyahat süreleri simülasyon sonuçları (sn).....	60
Tablo 32. Belediye önü kavşağı rotaları seyahat süreleri simülasyon sonuçları (sn)	61
Tablo 33. İskele yolu kavşağı rotaları seyahat süreleri simülasyon sonuçları.....	61
Tablo 34. Koridor boyunca hareket eden araçların seyahat süreleri simülasyon sonuçları (sn)	61
Tablo 35. Donanma kavşağı rotaları gecikme süreleri simülasyon sonuçları (sn)	62
Tablo 36. Mobil kavşağı rotaları gecikme süreleri simülasyon sonuçları (sn)	62
Tablo 37. Belediye önü kavşağı rotaları gecikme süreleri simülasyon sonuçları (sn).....	63
Tablo 38. İskele yolu kavşağı rotaları gecikme süreleri simülasyon sonuçları (sn)	63
Tablo 39. Koridor boyunca hareket eden araçların gecikme süreleri simülasyon sonuçları (sn)	63
Tablo 40. Donanma kavşağı kuyruk uzunlukları simülasyon sonuçları (m)	64
Tablo 41. Mobil kavşağı kuyruk uzunlukları simülasyon sonuçları.....	64
Tablo 42. Belediye önü kavşağı kuyruk uzunlukları simülasyon sonuçları	64
Tablo 43. İskele yolu kavşağı kuyruk uzunlukları simülasyon sonuçları.....	64
Tablo 44. CO salınımı değerleri performans istatistiği.....	65
Tablo 45. CO salınımı ortalama S/N etkileri	65
Tablo 46. CO salınımı performans tahminleri	66
Tablo 47. NO salınımı değerleri performans istatistiği	67
Tablo 48. NO salınımı ortalama S/N etkileri.....	67
Tablo 49. NO salınımı performans tahminleri.....	67
Tablo 50. Yakıt tüketim değerleri performans istatistiği	68
Tablo 51. Yakıt tüketimi ortalama S/N etkileri	68
Tablo 52. Yakıt tüketimi performans tahminleri	69
Tablo 53. Kuzey yönü kuyruk uzunluğu performans istatistiği.....	70
Tablo 54. Kuzey yönü kuyruk uzunluğu ortalama S/N etkileri	70
Tablo 55. Kuzey yönü kuyruk uzunluğu performans tahmini	70
Tablo 56. Doğu yönü kuyruk uzunluğu performans istatistiği	71
Tablo 57. Doğu yönü kuyruk uzunluğu ortalama S/N etkileri.....	71
Tablo 58. Doğu yönü kuyruk uzunluğu performans tahmini.....	72
Tablo 59. Batı yönü kuyruk uzunluğu performans istatistiği	72
Tablo 60. Batı yönü kuyruk uzunluğu ortalama S/N etkileri.....	72
Tablo 61. Batı yönü kuyruk uzunluğu performans tahmini.....	73
Tablo 62. Batı-Doğu yönü seyahat süresi performans istatistiği	74
Tablo 63. Batı-Doğu yönü seyahat süresi ortalama S/N etkileri	74
Tablo 64. Batı-Doğu yönü seyahat süresi performans tahmini.....	74
Tablo 65. Doğu-Batı yönü seyahat süresi performans istatistiği	75

Tablo 66. Doğu-Batı yönü seyahat süresi ortalama S/N etkileri	75
Tablo 67. Doğu-Batı yönü seyahat süresi performans tahmini.....	76
Tablo 68. Batı-Doğu yönü gecikme süresi performans istatistiği.....	76
Tablo 69. Batı-Doğu yönü gecikme süresi ortalama S/N etkileri.....	77
Tablo 70. Batı-Doğu yönü gecikme süresi performans tahmini	77
Tablo 71. Doğu-Batı yönü gecikme süresi performans istatistiği.....	78
Tablo 72. Doğu-Batı yönü gecikme süresi ortalama S/N etkileri.....	78
Tablo 73. Doğu-Batı yönü gecikme süresi performans tahmini	79



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. T ve Y üç kollu kavşak tipleri (Karayolu Tasarımı El Kitabı 2005).....	6
Şekil 2. Dört kollu kavşak tipleri (Karayolu Tasarımı El Kitabı 2005)	7
Şekil 3. Trafik hacmine göre farklı düzeyli kavşak seçim diyagramı (Göktan 2018).....	9
Şekil 4. Farklı düzeyli kavşakların genel uygulamaları (Tunç 2013)	10
Şekil 5. Tek şeritli modern dönel kavşak örneği (Göktan 2018)	11
Şekil 6. Çift şeritli modern dönel kavşak örneği (Göktan 2018)	12
Şekil 7. Mikrosimülasyon aşamaları	24
Şekil 8. Çalışmaya konu olan proje koridoru mevcut durum.....	30
Şekil 9. Donanma Kavşağı (Google Earth).....	31
Şekil 10. Mobil Kavşağı (Google Earth).....	31
Şekil 11. Belediye Önü Kavşağı (Google Earth)	32
Şekil 12. İskele Yolu Kavşağı (Google Earth).....	32
Şekil 13. Donanma ve mobil kavşakları hareket yönleri.....	33
Şekil 14. Belediye önü ve iskele yolu kavşakları hareket yönleri.....	34
Şekil 15. Donanma kavşağı sinyal optimizasyonlu durumu	36
Şekil 16. Mobil kavşağı sinyal optimizasyonlu durumu	36
Şekil 17. Belediye Önü kavşağı sinyal optimizasyonlu durumu.....	37
Şekil 18. İskele Yolu kavşağı sinyal optimizasyonlu durumu	37
Şekil 19. Donanma kavşağı dönel kavşak durumu.....	38
Şekil 20. Mobil kavşağı dönel kavşak durumu	38
Şekil 21. Belediye Önü kavşağı dönel kavşak durumu	39
Şekil 22. İskele Yolu kavşağı dönel kavşak durumu.....	39
Şekil 23. Donanma kavşağı altgeçit durumu.....	40
Şekil 24. Mobil kavşağı altgeçit durumu.....	40
Şekil 25. Belediye Önü kavşağı altgeçit durumu	41
Şekil 26. İskele Yolu kavşağı altgeçit durumu.....	41
Şekil 27. Donanma kavşağına Bursa yönünden gelen araçların rotaları	42
Şekil 28. Donanma kavşağına Yüksek Okul yönünden gelen araçların rotaları	43
Şekil 29. Donanma kavşağına Donanma Komutanlığı yönünden gelen araçların rotaları	43
Şekil 30. Donanma kavşağına Mobil Kavşağından gelen araçların rotaları	44
Şekil 31. Mobil kavşağına Donanma Kavşağından gelen araçların rotaları	44
Şekil 32. Mobil kavşağına Yeni Mahalle yönünden gelen araçların rotaları	45
Şekil 33. Mobil kavşağına Belediye Önü Kavşağından gelen araçların rotaları.....	45
Şekil 34. Mobil kavşağına Şehir Merkezi yönünden gelen araçların rotaları	46
Şekil 35. Belediye önü kavşağına Mobil Kavşağından gelen araçların rotaları.....	46

Şekil 36. Belediye önü kavşağına İskele Yolu Kavşağından gelen araçların rotaları	47
Şekil 37. Belediye önü kavşağına Otopark yönünden gelen araçların rotaları	47
Şekil 38. İskele yolu kavşağına Belediye Önü Kavşağından gelen araçların rotaları	48
Şekil 39. İskele yolu kavşağına İzmit yönünden gelen araçların rotaları.....	48
Şekil 40. İskele yolu kavşağına Sahil yönünden gelen araçların rotaları	49
Şekil 41. Donanma ve Mobil Kavşağı sinyal programı	49
Şekil 42. Belediye Önü ve İskele Yolu Kavşağı sinyal programı	50
Şekil 43. Donanma kavşağı Webster ile oluşturulan fazlar.....	57
Şekil 44. Mobil kavşağı Webster ile oluşturulan fazlar	57
Şekil 45. Belediye önü kavşağı Webster ile oluşturulan fazlar	58
Şekil 46. İskele yolu kavşağı Webster ile oluşturulan fazlar	58
Şekil 47. CO salınım değerlerinin karşılaştırılması	66
Şekil 48. NO salınım değerlerinin karşılaştırılması	68
Şekil 49. Yakıt tüketim değerlerinin karşılaştırılması.....	69
Şekil 50. Kuzey yönü kuyruk uzunluğunun karşılaştırılması.....	71
Şekil 51. Doğu yönü kuyruk uzunluğunun karşılaştırılması	72
Şekil 52. Batı yönü kuyruk uzunluğunun karşılaştırılması	73
Şekil 53. Batı-Doğu yönü seyahat süresi karşılaştırılması	75
Şekil 54. Doğu-Batı yönü seyahat süresi karşılaştırılması	76
Şekil 55. Batı-Doğu yönü gecikme süresi karşılaştırılması	78
Şekil 56. Doğu-Batı yönü gecikme süresi karşılaştırılması	79

KISALTMALAR ve SİMGELER DİZİNİ

Kısaltmalar

VISSIM	:Verkehr in Städten-Simulation (Şehirlerde Trafik-Simülasyon)
YOGT	:Yıllık Ortalama Günlük Trafik
KGM	:Karayolları Genel Müdürlüğü
PTV	:Planung Transport Verkehr AG
KBB	:Kocaeli Büyükşehir Belediyesi

Simge Listesi

S/N_L	:Performans istatistiği
n	:Bir deney kombinasyonunda yapılan tekrar sayısı
y_i	:i. deneyin performans istatistiği
μ	:Performans değerinin genel ortalaması
X_i	:Deneydeki parametre-seviye kombinasyonun sabit etkisi
e_i	:i. deneydeki rastsal hata
F	:Tablo değeri
α	:Hata seviyesi
$DFMS_e$	:Hata kareler ortalamasının serbestlik derecesi toplamı
m	:Ortalama tahmininde kullanılan parametrelerin serbestlik dereceleri
n_i	:Yapılan doğrulama deneylerinin tekrar sayısı
km	:kilometre
sa	:saat
m	:metre
sn	:saniye
s	:mevcut durumda kavşak doyum akımı
s_0	:ideal şartlarda kavşak doyum akımı
N	:şerit sayısı
f_i	:düzeltme faktörü
K	:kavşak kapasitesi
s	:doyum akımı
g	:yeşil süre
C	:periyod süresi
Y_i	:i yönündeki boşaltım fasılası
t	:intikal – reaksiyon süresi

H	:araç hızı
a	:fren ivmesi
W	:hareket uzunluğu
l	:araç uzunluğu
g_i	:i fazı için efektif yeşil süre
G_i	:i fazında fiili yeşil süre
Y_i	:sarı + tüm kırmızı süre
t_L	:toplam kayıp süre
y	:sarı süre
r_h	:hep kırmızı süre
C_o	:optimum periyod
L	:kayıp süre
n	:faz sayısı
l	:kalkıştaki kayıp süre
r_h	:tüm kırmızı süre
x_i	:tasarım akımının i' inci fazdaki doyum akımına oranı
V	:şerit sayısına göre düzeltilmiş talep akımı
U	:şerit kullanım faktörü
lt	:litre
NO	:azot oksit
CO	:karbonmonoksit

GİRİŞ

Ulaşım, gelişen ve gelişmekte olan kentlerin yaşam kalitesini, ekonomisini ve kentin çekiciliğini etkileyen en önemli faktörlerden biri olduğu yadsınamaz bir gerçektir. Gelişen ekonomi ve artan sosyalleşme ihtiyacına paralel olarak artan trafik yoğunluğu bir dizi problemi de beraberinde getirmektedir. Trafik kazaları, psikolojik bozukluklar, zaman kaybı bu problemlerin sadece bir kaçıdır.

Artan araç sahipliği ve ulaşım talebi, yol platformuyla ilgili problemler, denetim mekanizmasındaki eksiklikler trafik yoğunluğunu artırır, dolayısıyla artan trafik yoğunluğunun meydana getirdiği olumsuzlukları ortadan kaldırmak adına yeni çözümler üretmek kaçınılmaz hale gelir.

Trafik yoğunluğunu azaltmanın en etkili çözümlerinden biri şüphesiz iyi şekilde tasarlanmış kavşaklardır. Kavşakların ihtiyaca karşılık verecek şekilde ve güvenlik kriterlerine dikkat edilerek tasarlanmasıyla trafik rahatlayacak, kaza oranları en aza indirilecektir.

Gelişen simülasyon teknolojisi sayesinde sistemin mevcut durumu simülasyon ortamına yansıtılarak, sisteme uygun kavşak şekilleri hızlı ve kapsamlı bir şekilde üretilebilir. Ayrıca simülasyon programları farklı durumlarda sistemin nasıl davrandığını görmemize olanak sağlar.

Kavşaklar

Kavşaklar, birden fazla karayolunun kesiştiği, ayrıştığı veya birleştiği ortak noktalarda yapılan yol sanat yapılarıdır.

Trafik kazalarının ve gecikmelerin bu yapılarda daha sık meydana geldiği göz önüne alındığında kavşakların, karayolunun önemli bir unsuru olduğu sonucuna varılmaktadır.

Kavşaklar sadece ana ve tali yollardaki taşıt ve yaya akımını kontrol altında tutmazlar, aynı zamanda yakınında bulunan kavşakların hizmet seviyelerini de etkilerler. Bir kavşağa girebilen ve bu kavşağı geçebilen taşıt trafiği miktarı; şerit sayısı, tipi ve genişliği gibi kavşak giriş platformunun özelliğine, sürücünün tecrübe ve hareketleri üzerinde etkisi olan çevre koşullarına, trafik akımının karakteristiklerine ve trafik kontrol tedbirlerine bağlıdır (Yalgın 1975).

Kavşakların ilkeleri

Kavşaklar karayolunun önemli bir unsurudur. Bunun nedeni, yolun performansı, güvenlik, hız, işletme maliyeti gibi özelliklerin kavşakların tasarımına bağlı olmasıdır. Kavşaklar iki veya daha çok karayolundaki doğrusal veya kesişen trafik akımlarını kapsadığı gibi, bu yollar arasındaki dönüş hareketlerini de içerir. Bu hareketler, kavşak tipine bağlı olarak, çeşitli geometrik tasarımlar ve trafik kontrolü ile sağlanır. Kesişen karayolları üç genel tip oluşturur. Bunlar; eşdüzey

kavşaklar, farklı düzeyli kavşaklar ve seviye ayrımlı geçişlerdir (Karayolu Tasarımı El Kitabı 2005).

İyi bir şekilde tasarlanmış kavşağın genel özelliklerini;

- Kavşağa giren sürücü şaşırmadan yoluna devam etmeli
- Yörüngeler birbirinden kesin olarak ayrı olmalı
- Sürekli sağlanabileceği genişliğe olanak vermeli
- Farklı yörüngelerden gelen araç kullanıcıları birbirlerini görmeli

şeklinde sıralayabiliriz.

Kavşak düzenlemelerinin amacı

Kavşaklar, ana ve tali yollardaki kesişen trafik akımlarının;

- sürekliliğinin sağlanması
- güvenliğin artırılması
- hızın kontrol altına alınması
- yavaşlama ve durmalar nedeniyle oluşan gecikmelerin azaltılması
- yeterli hizmet seviyesinin sağlanması
- taşıt işletme maliyetlerinin azaltılması

amacıyla, arazi şartları, trafik hacmi ve trafik güvenliği dikkate alınarak, eşdüzey veya farklı düzeyli olarak tasarlanırlar (Karayolu Tasarımı El Kitabı 2005).

Kavşak tasarım ilkeleri

Eşdüzey veya farklı düzeyli bir kavşak tasarımı yapımı söz konusu olduğunda;

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

tasarım sırasında ana prensipler olmak zorundadır (Yayla 2015).

Bazı durumlarda bu prensipler birbirlerini sınırlandırabilirler. Bu gibi durumlarda güvenlik prensibinden taviz vermeksizin, kapasiteyi en iyi şekilde karşılayabilecek optimum sonucu verebilen çözümün araştırılması gerekmektedir.

Yukarıda sayılan prensipler nazarında, bir kavşağın planlanması yapılırken dikkat edilmesi gereken ana kriterler şunlardır;

- a. Kavşağın yol ağı içindeki önemi
- b. Mevcut trafik özellikleri
- c. Kavşağı oluşturan yolların geometrik özellikleri
- d. Yakın kavşaklarda uygulanan ve uygulanacak denetim şekilleri
- e. Sürücü ve yaya davranışları
- f. Topoğrafik durum ve çevre koşulları (Yayla 2015).

Sayıdığımız bu ana kriterleri ayrıntılı bir şekilde aşağıda açıklanmıştır.

a) Kavşağın yol ağı içindeki önemi, kavşağa birleşen yolların sınıfı ile ilgili olup kavşağın geometrik standartları ile uygulanacak denetim şeklinin seçiminde etkili olur.

b) Planlama sırasında bilinmesi zorunlu olan trafik özellikleri ise şunlardır;

- Kavşağın yıllık ortalama günlük trafik miktarı
- Trafiğin zaman içerisindeki değişimi (gün, hafta, yıl)
- Trafikteki taşıt cinslerinin toplam trafik içerisindeki oranları (trafiğin bileşimi)
- Anayoldaki proje hızı
- Her kavşak kolundan gelen araçların hareket yönlerinin (sağa, sola, düz) zirve saatteki yüzdeleri
- Kent içindeki kavşakların çevresinde bulunan otogar, garaj, otopark gibi yapıların durumları
- Yine kent içinde bulunan kavşaklarda toplu taşıma yapan araçların sayısı ve durak yerlerinin kavşağa olan uzaklığı
- Kavşak yakınındaki yaya hareketleri
- Daha önce kavşakta meydana gelmiş kazalar hakkındaki istatistiki bilgiler

c) Planlama sırasında nazara alınacak geometrik özellikler kavşağa verilecek geometrik şekil üzerinde etkili olup bunlar,

- Kavşağa birleşen yolların sayısı
- Kavşak ayakları arasındaki açı
- Görüş uzunlukları
- Bir önceki ve sonraki kavşağa olan mesafelerdir.

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

e) Sürücü ve yaya davranışlarının, trafik kural ve işaretlerine uyum derecesi kavşak tipi ve kontrol biçiminin belirlenmesinde önemli bir faktördür.

f) Kavşak bölgesinin topoğrafik durumu; kavşaktaki görüş uzunlukları, kavşağın inşa maliyeti, kavşağa birleşen yolların eğimleri ve bunların birleşme açıları bakımından önemlidir. Çevre koşulları ise, kavşağın yakınındaki varsa tarihi ve diğer yapılar, ayrıca doğal güzellikler ile uyum sağlaması, kaza, gürültü vb. yönlerden yakın çevreye fazla zarar verilmesinin önlenmesi bakımından bilinmesi gereken hususlardır (Yayla 2015).

Yukarıda saymış olduğumuz faktörlere ek olarak maddi olanakların yeterliliği de kavşak planlamasında önemli bir yere sahiptir. Maddi kaynakların yeterli olması durumunda, gelecekte yoğun araç geçişlerine maruz kalacağı düşünülen kavşaklar farklı düzeyli olarak inşa edilebilir. Dolayısıyla önceden trafik sıkışıklığı ve kazalara karşı önlem alınmış olur.

Kent içi yol ağının kapasitesi, bu ağı oluşturan kavşakların ihtiyaca yetecek düzeyde tasarlanıp tasarlanmadığıyla çok yakından ilişkilidir. Kavşak tasarımıyla ilgili hususların yanı sıra kentin demografik, coğrafik ve psikolojik karakteristiklerinin de dikkate alınması elzemdir.

Kavşaklardaki karışıklıkların çözülmesi için araçların hızlarına, ivmelerine ve sürücü davranışlarına dikkat edilmelidir. Bunlarla birlikte trafiğin kontrolünü gerçekleştiren trafik işaretleri (dur, yol ver) ve sinyalizasyon sistemi süreleri kavşaktaki karışıklıklara çözüm

getirecek nitelikte olmalıdır. Trafik kontrol araçlarının sebep olduğu hız değişimi, frenleme gibi kaçınılmaz karışıklıklar en aza indirilmelidir.

Karışıklıkların anlaşılması, neden meydana geldikleri, sonuçlarının ne olduğu ve nasıl güvenli bir şekilde çözülebileceği hakkında analizler yapmak iyi bir kavşak tasarımı yapmanın anahtarıdır.

Kullanıcı özellikleri

İnsan faktörü, çevre faktörü, araçların fiziksel ve işletim özellikleri bir kavşağın tasarımında dikkat edilmesi gereken önemli hususlardır.

İnsan faktörü

Kavşağa girmek üzere olan taşıt sürücüsü gideceği güzergahı belirleyecek, bu güzergahta ilerleyebilmek için manevra yapacak, etrafında akan trafiğe göre hareket edecek ve tüm bu sayılan reaksiyonlara cevap verecek nitelikte hareket etmelidir. Bu durumda sürücülerin bazı beklentileri vardır. Bu beklentiler şunlardır:

1. Yanlış şeride girmek için yatay işaretlemelerin yeterli olması,
2. Yaklaşım kolunda görüş mesafesini daraltacak veya ortadan kaldıracak herhangi bir engel bulunmaması,
3. Dönüş şeritleri, adalar gibi fiziksel elemanlarının devamlılığının sağlanması,
4. Trafik levhalarında işaret ve sinyalizasyona aykırılık bulunmamalı,
5. Sürücünün davranışının yok olmasına sebep olan düzenlemelerden kaçınılmalı,
6. Şerit bitişlerinde gerekli mesafenin bırakılması,
7. Özel dönüş şeritlerinde güvenli dönüşü sağlayacak alanın sağlanması
8. Trafik kontrolü ile orantılı yeterli görüş mesafesinin sağlanması (İnançlı 2012).

Sürücü davranışları, kavşaklarda meydana gelebilecek karışıklıkları engellemek için kavşak tasarımı esnasında kesinlikle hesaba katılmalıdır. Sürücülerin kural ihlali yapabilecekleri düzenlemelerden uzak durulmalıdır.

Taşıt özellikleri

Araçların boyutları ve işletim özellikleri kavşak tasarımı esnasında dikkat edilmesi gereken önemli hususlar arasındadır. Arzu edilen ve asgari şerit genişlikleri, dönüş yol genişlikleri ve yedek şerit uzunlukları taşıt karakteristiklerine bağlı olarak değişen fonksiyonlardır. Araçların işletim özellikleri (asgari dönüş yarıçapı, yavaşlama ve hızlanma ivmeleri), tekil şeritler, yavaşlama ve hızlanma şeritleri, dönüş yolları ve adaların tasarımını etkilemektedir.

Tablo 1. Kavşak tasarımını etkileyen taşıt özellikleri (Abret 2016)

Taşıt Özellikleri	Etkilenen Kavşak Tasarım Elemanı
A. Fiziksel Özellikler	
1. Uzunluk	Yardımcı şeritlerin uzunluğu
2. Genişlik	Şeritlerin genişliği Dönen yolların genişliği
3. Yükseklik	Baş üstü sinyal ve işaretlerin yerleşimi Üst yapı yüksekliği
B. İşletim Özellikleri	
1. Dönüş manevrası	Dönüş yarıçapı Dönen şeritlerin genişliği
2. Hızlanma yeteneği	Hızlanma şeritleri ve şerit uzunlukları
3. Yavaşlama ve fren yeteneği	Yavaşlama şeritleri ve daralmanın uzunluğu Duruş görüş mesafesi

Çevre faktörü

Tasarımı yapılacak olan kavşağın çeşitli çevresel faktörlerle uyum içerisinde olması gerekmektedir. Yol ve alan türleri, çevredeki arazi kullanım şekli ve iklim türü, kabul edilebilir kavşak türünü etkilemektedir.

Anayollarda yüksek trafik hacmiyle beraber sürücülerin yüksek hızda seyretme ve yüksek hizmet düzeyi beklentileri vardır. Toplayıcı ve yerel yollarda bu beklenti anayollara göre daha azdır. Bu sebeple kavşak tasarımı yapılırken yolun sınıfı dikkat edilmesi gereken önemli bir husustur.

Tasarımı yapılacak kavşağın beklentilere cevap verebilmesi, alan tipi ve kullanımına da bağlıdır. Gelişmiş bölgelerde yaya hacmi, park alanları, bisiklet yolları, toplu taşıma aktiviteleri tasarıma etki ederken kırsal alanlarda ana etken motorlu trafik araçlarının hacmi olmaktadır.

Ayrıca bölgede düzenli olarak meydana gelen yağmur ve kar yağışı güvenli seyri ve görüş uzunluklarını etkileyebilir bu da tasarımcının farkında olması gereken diğer bir etkidir.

Kavşak türleri

Farklı doğrultulara sahip trafik akımlarının kesiştikleri ve ortak kullanmak zorunda oldukları yol alanına kavşak denir. Kesişen trafik akımlarının bu alanı farklı düzeylerde kullanmaları sağlanmışsa katlı kavşak (köprülü kavşak), aynı düzeyde kullanmaları sağlanmışsa eşdüzey kavşak olarak adlandırılır.

Kavşaklar genellikle üç veya dört kollu olup, dörtten fazla kollu olması arzu edilmez (Karayolu Tasarım El Kitabı 2015).

Yolun performansı, güvenlik, hız, işletme maliyeti ve kapasite gibi özellikler kavşakların tasarımına bağlıdır. Kavşaklar iki veya daha çok karayolundaki doğrusal veya kesişen trafik akışlarını kapsadığı gibi, bu yollar arasındaki dönüş hareketlerini de içerir. Bu hareketler, kavşak tipine bağlı olarak, çeşitli geometrik tasarımlar ve trafik kontrolü ile sağlanır (Akmaz 2012).

Eşdüzey kavşaklar

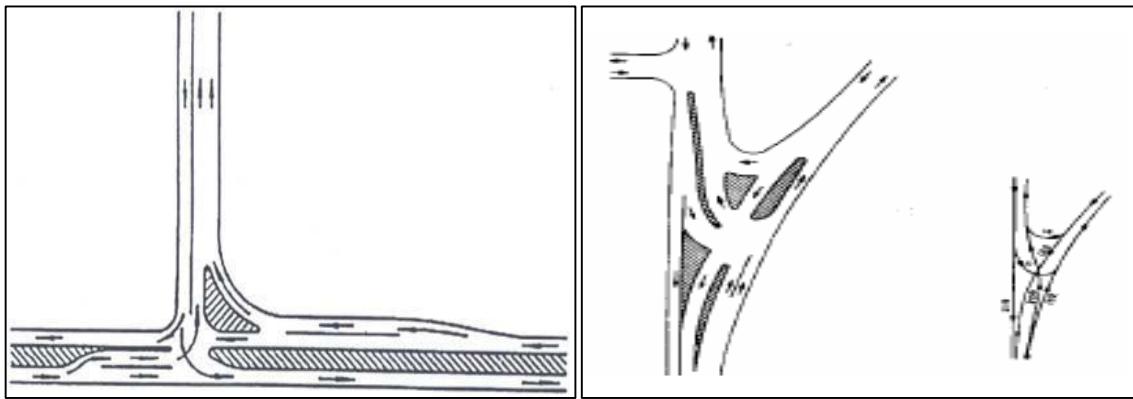
Farklı yönlerdeki trafik akımlarının ortaklaşa kullandıkları yol alanına eşdüzey kavşak adı verilir. İstatistiklere göre, hemen her ülkede, kent içi ve kırsal yollarda, oluşan bu eşdüzey kavşaklarda meydana gelmektedir. Diğer yandan, özellikle kent içi ulaşımında, gecikmelerin %70'den fazlasının yine bu tip kavşaklardaki duraklamalardan ileri geldiği gözlemlerle ortaya çıkmıştır. Bu iki husus yol ve trafik mühendisliğinde eşdüzey kavşaklara özel önem verilmesinin başlıca sebepleridir (Yayla 2015).

Kol sayısına göre eşdüzey kavşakları;

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

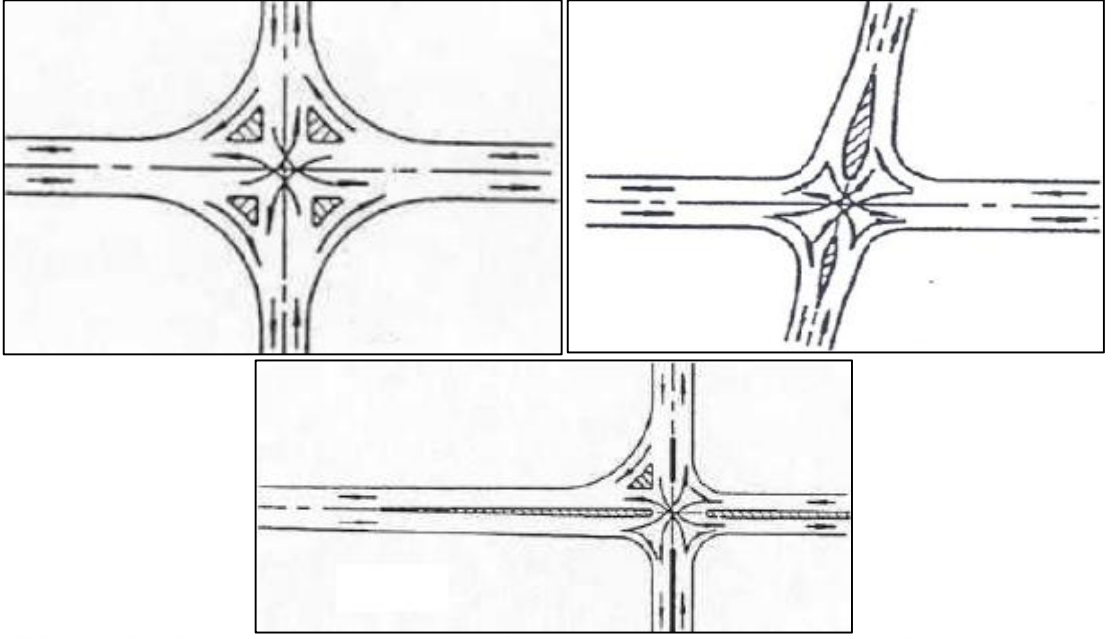
olmak üzere üç tipe inceleyebiliriz.

T tipi üç kollu kavşaklar, ana yol ve tali yol kesişme açısının 60° ile 120° arasında olduğu kavşaklardır diyebiliriz. 2×1 şeritli kırsal yollarda uygulanabildiği gibi 2×2 şehir içi yollarda da uygulanabilir. Y tipi kavşaklar ise anayol ve tali yol arasındaki açının dar açı olduğu kavşak tipidir.



Şekil 1. T ve Y üç kollu kavşak tipleri (Karayolu Tasarımı El Kitabı 2005)

Dört kollu kavşaklar, anayol ve tali yol arasında kesişme açısı 60° ile 120° olan ve trafik akımının sürekliliğini sağlayan hızlanma ve yavaşlama şeritlerine sahip kavşaklardır denilebilir.



Şekil 2. Dört kollu kavşak tipleri (Karayolu Tasarımı El Kitabı 2005)

Eşdüzey kavşaklarda, normalde dörtten fazla kol olmasından kaçınılır. Ancak tasarlanmak durumunda kalınırsa, trafiğin az olduğu ve DUR kontrolünün uygulandığı yerler olması tercih edilmelidir. Beş veya daha fazla kollu kavşakların, bir veya daha fazla kol eksenlerinin tekrar düzenlenerek oluşturulacak ikinci bir kavşakla kesişmeler azaltılabilir. Bazı durumlarda ise bir veya daha fazla kolu tek yönlü çalıştırmak uygun çözüm olabilir (Alçelik 2010).

Eşdüzey kavşakları ayrıca sinyalizasyon sisteminin var olup olmadığına göre;

- Sinyalize kavşaklar
- Sinyalize olmayan kavşaklar

olarak iki sınıf halinde inceleyebiliriz.

Sinyalize kavşaklar, trafik akımının bir yetkili ve/veya ışıklı işaret sistemi tarafından yönlendirildiği kavşaklardır. Genel olarak sinyalizasyon sistemi olarak anılan ışıklı işaret sistemlerinin sayesinde kavşak içerisinde akış kontrolü ve devamlılığı sağlanarak kaza ihtimali düşürülür ve planlanan kapasitede kavşağın çalışması sağlanmış olur.

Sinyalize olmayan kavşaklar, trafik akımının ışısız trafik işaretleri tarafından düzenlendiği kavşaklardır. Kavşağa bağlanan yollardan biri hacmi, sınıfı veya geometrik standartlarına bakılarak diğerlerinden daha önemli olduğu kabul edilir ve “anayol” olarak kabul edilir. Diğer yollar ise “yan yol” adını alır. Anayola kavşağa yaklaşıldığına dair işaretler, yan yola ise “dur” ve/veya “yol ver” işaretleri konularak trafik akımı kontrollü bir şekilde sağlanmış olur.

Ayrıca kapasiteyi artırmak amacıyla, işaretleme veya adalar ile yapılan yönlendirmeye göre;

- Kanalize edilmiş kavşaklar
- Kanalize edilmemiş kavşaklar

olarak sınıflandırılabilir.

Farklı düzeyli kavşaklar

Farklı düzeyli kavşaklar, trafik akımlarının iki ya da daha fazla düzeyde birleşme, ayrılma ve kesişmesiyle oluşan sistemlerdir.

Kaza ve gecikmelere karşı en köklü çözüm kavşağın farklı düzeyli tipten yapılmasıdır. Ancak, bu tip kavşakların büyük yatırım gerektirmesi, ayrıca kent içi yollarda ve özellikle merkez bölgelerinde kavşak için kullanılabilecek alanın sınırlı olması sebebiyle bu tiplerin uygulanması kolay olmamaktadır (Yayla 2015).

Yollardaki trafik miktarına göre ne zaman farklı düzeyli tipe geçilmesi gerektiği hakkında kesin nümerik bir değer vermek zor olmakla beraber;

- Otoyollar gibi giriş kontrollü hız yollarında,
- Alınan çeşitli önlemlere rağmen kazaların ya da trafik sıkışıklığının azaltılamadığı eşdüzey kavşaklarda,
- Taşıt ve yolcu gecikmeleri ile kazaların sebep olduğu ekonomik kayıpların büyük olduğu yerlerde,
- Topoğrafik koşullar itibariyle eşdüzey kavşağın daha zor ve pahalı olacağı yerlerde

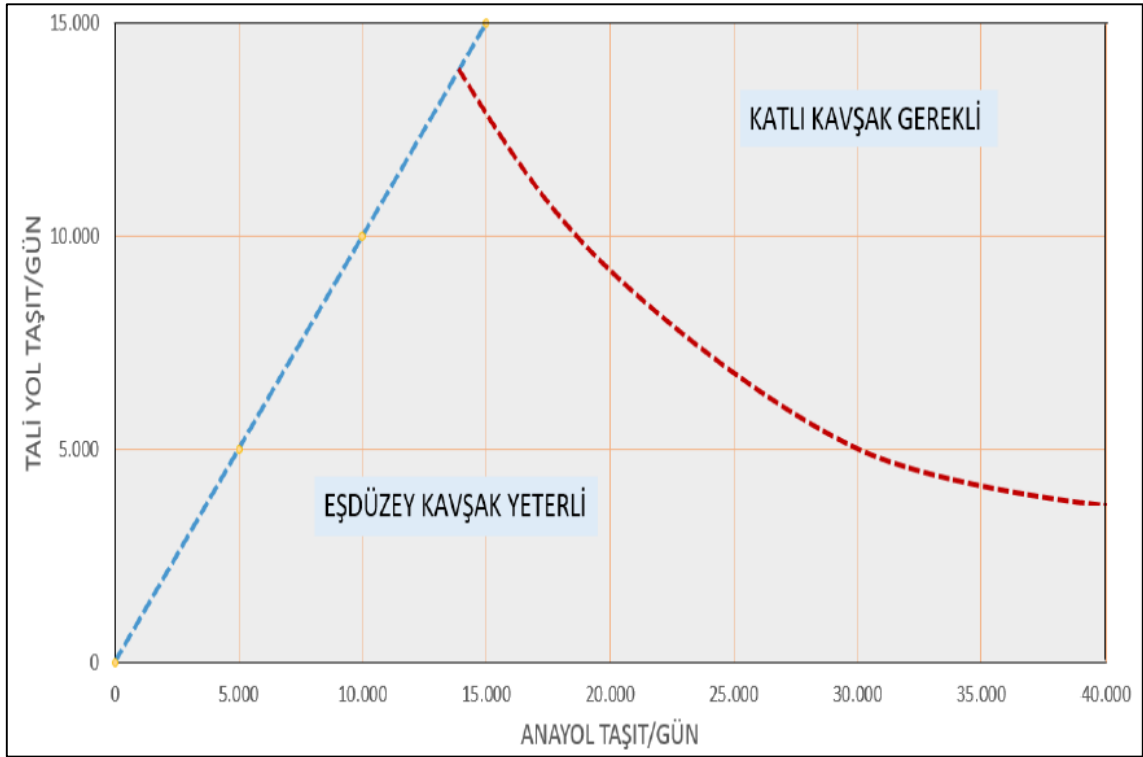
farklı düzey kavşak tesisi zorunlu ve uygun olmaktadır (Yayla 2015).

Mevcut eşdüzey kavşağın kapasitesinin yetmediği ve farklı düzeyli kavşak tasarımının mecbur olduğu durum, kavşağı oluşturan kollardaki trafik hacmine bağlı olarak Şekil 3'e göre belirlenmektedir.

Farklı düzeyli kavşakların olumlu ve olumsuz birçok farklı yönleri vardır. Olumlu yönleri olarak;

- Yüksek kapasitelere hizmet verebilmeleri,
- Yüksek trafik güvenliği,
- Konfor,
- Farklı çözümlere olanak sağlaması,
- Kademeli olarak inşa edilebilmeleri

sayılabilir.



Şekil 3. Trafik hacmine göre farklı düzeyli kavşak seçim diyagramı (Göktan 2018)

Olumsuz yönlerini ise;

- İnşa maliyetinin yüksek olması,
- Kamulaştırılması gereken alanının fazla olması,
- Karmaşık çözümlerle karşılaşma,
- Beş veya daha fazla kavşak kolu için uygun sonuçlar alamama

şeklinde sıralayabiliriz.

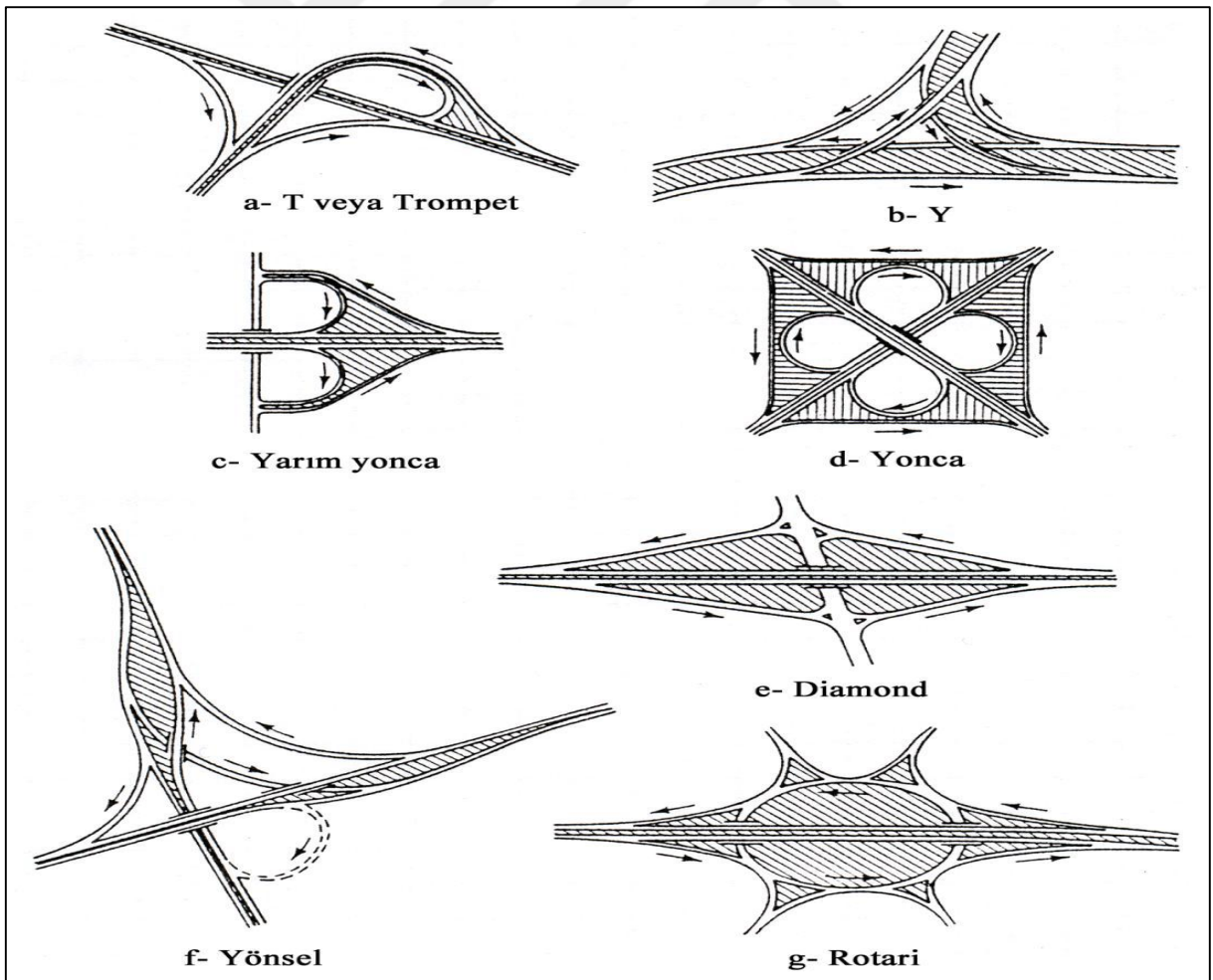
Farklı düzeyli kavşaklarda ana amaç kavşak alanında taşıt ve yaya hareketlerinin kesişmelerini azaltmak ve olabildiğince birbirinden ayırmaktır. Dolayısıyla farklı düzeyli kavşak tasarımı yapılırken araç trafiğinin yanı sıra yaya trafiği de göz önüne alınmalı, alternatif tasarımlar üzerine çalışmalı ve en uygun kavşak tipi seçilmelidir. Her kavşak tipinde olduğu gibi farklı düzeyli kavşak tipini belirlerken; arazi kullanım şekli, nüfus, kamulaştırma ve işletme maliyetleri, kavşak kollarındaki trafik hacmi gibi hususlar önemlidir.

Farklı düzeyli kavşakların tasarımında dikkat edilecek hususları,

1. Kavşak bölgesinde anayol olarak değerlendirilen yolun tasarım hızı değiştirilmemelidir. Fakat bazı durumlarda yüksek trafik hacimli katılma, ayrılma ve örülme bölgelerinde güvenlik sağlanması ayrıca kavşak kapasitesinin düşmemesi amacıyla hız sınırlaması gerekebilir. Kavşak kollarının tasarım kriterleri seçiminde ana yoldaki hızlara göre daha düşük tasarım hızları esas alınmalıdır,
2. Kavşaklara giriş ve çıkışlar sağdan yapılmalıdır,

3. Kavşak alanı anlaşılabilir, kavşak kollarında görüş üçgen mesafeleri ve duruş görüş mesafeleri uygun olmalıdır,
4. Kavşak bölgesine giriş ve çıkış noktalarında kavşak alanını ifade edici trafik işaretlemeleri yapılmalıdır,
5. Kavşağı kullanan sürücüler tarafından kavşak alanının kolay algılanabilir olması, sürücüyü kararsız bırakacak ve sürücüye tehlikeli hareketler yaptıracak tasarımlar yapılmamalı,
6. Kavşaklar sürücülerin gidiş yönlerini kolay, doğru ve zamanında seçebileceği şekilde tasarlanmalı,
7. Farklı seviyeli kavşaklar arasındaki mesafe, meskun mahaller ve şehir içlerinde 1.5 km'den, şehir dışlarında ise 3 km'den daha kısa mesafede olmamasına dikkat edilmelidir. Fakat şehir içlerinde ve gereken bölgelerde kavşak mesafesinin 1.5 km'nin altında olabilmekle birlikte bu durumlarda kavşak ayrılma ve katılma bölgelerinde gerekli mesafelerin bırakılması mümkün değil ise kamulaştırma durumuna bağlı olarak kavşak kollarını içeren toplayıcı yol tasarlanmalı,
8. Kavşaklar ile ticari tesislerin arasındaki mesafenin yönetmelik hükümlerine uygun olarak tasarlanmalı,
9. Kavşak bölgesinde tüm trafik hareketleri güvenli bir şekilde sağlanmalıdır,

şeklinde sıralayabiliriz (Gökten 2018).

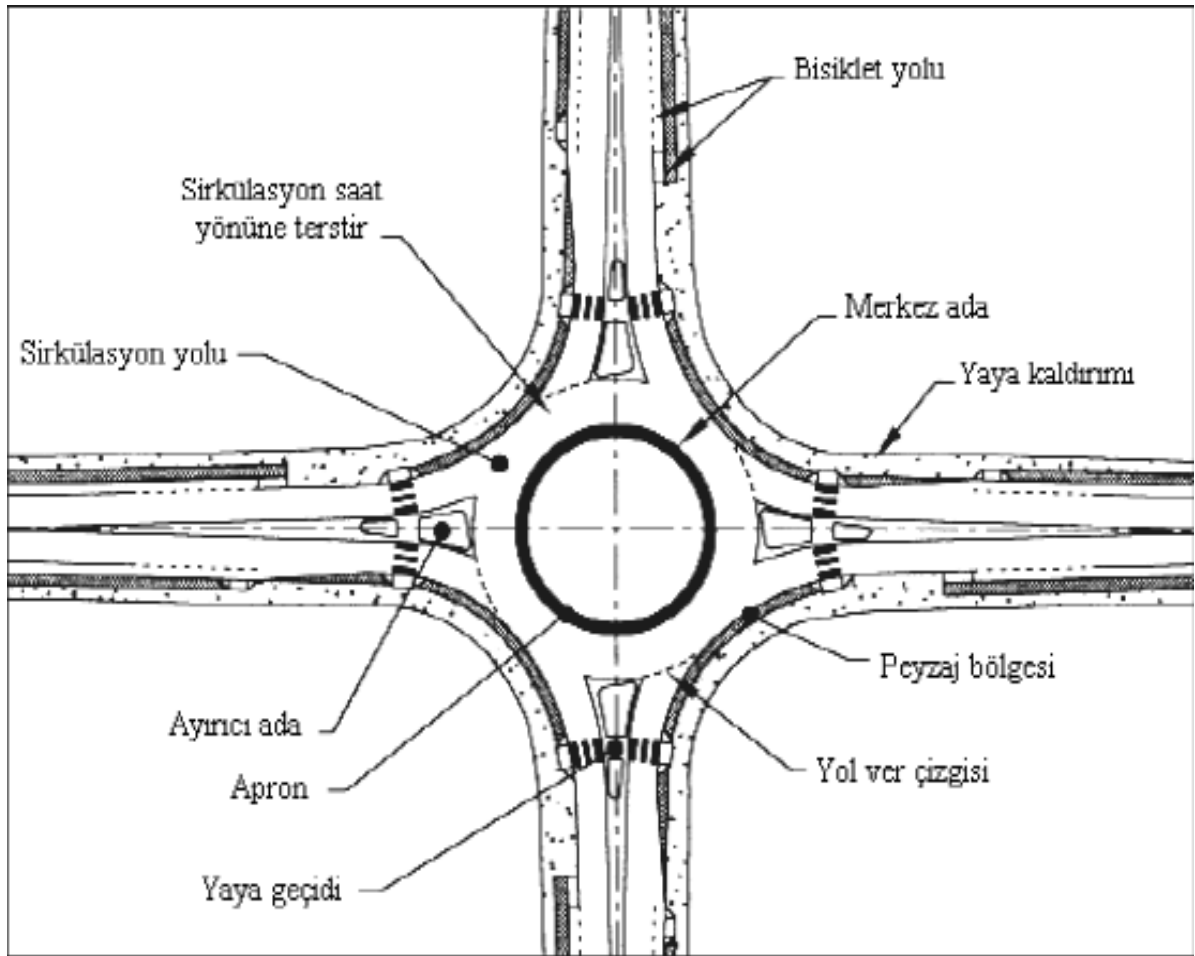


Şekil 4. Farklı düzeyli kavşakların genel uygulamaları (Tunç 2013)

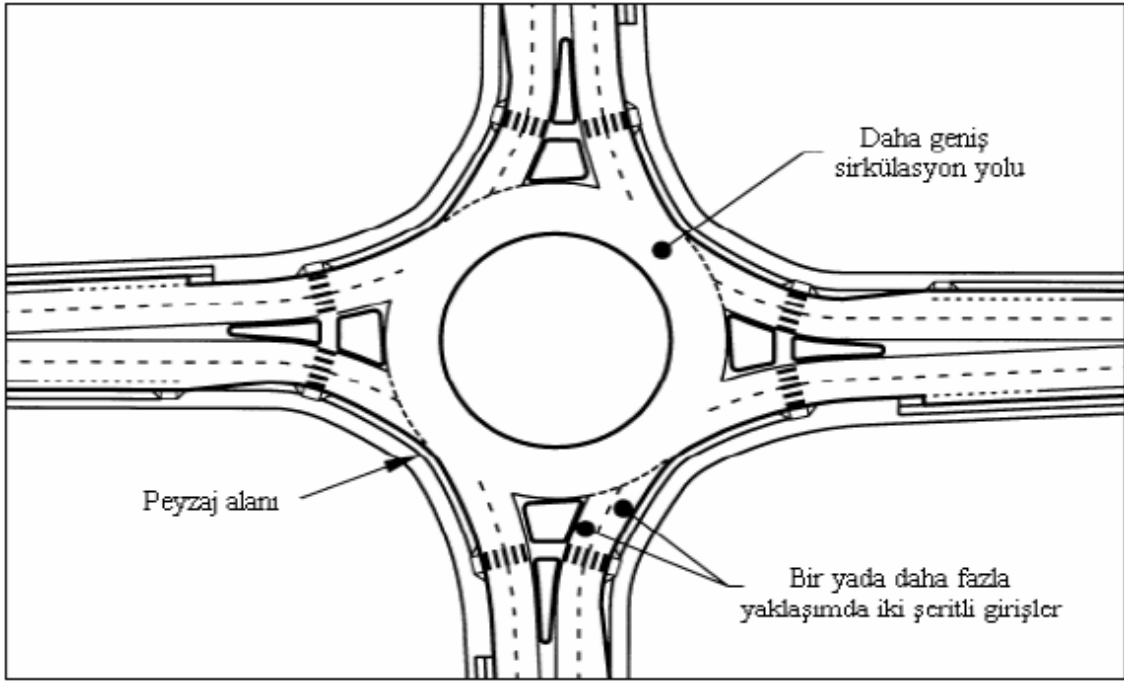
Modern dönel kavşaklar

Modern dönel kavşak, kavşak alanındaki yolların yuvarlak bir ada etrafında kesiştiği ve saat yönünün tersine tek yön olarak akımın sağlandığı kavşak tipidir. Kavşak alanında, dönel ada içerisindeki araçların geçiş üstünlüğüne sahip olması prensibine göre çalışmaktadır. Modern dönel kavşakların giriş-çıkışlarında ve ada çevresinde hız sınırlamasına gidildiğinden trafik akımının daha güvenli bir şekilde akışı sağlanmış olur.

İşletme hızının yüksek olduğu yollarda modern dönel kavşaklar hızı düşürdüğü için verimli olmayabilir fakat işletme hızı düşük olan yollarda kavşağa giriş-çıkışlarda rakordman uzunluğunun az olması ve düşük hızlarda sürekli hareketin sağlanması açısından trafik güvenliği ve işletme koşulları düşünüldüğünde uygun bir çözüm olabilir.



Şekil 5. Tek şeritli modern dönel kavşak örneği (Göktan 2018)



Şekil 6. Çift şeritli modern dönel kavşak örneği (Göktan 2018)

Modern dönel kavşakların tasarımı iki ana maddeye dayanır;

1. Dönel kavşağa girecek olan bütün taşıtların kavşak içerisinde hareket eden araçlara geçiş önceliği tanınması şarttır. Bu uygulamada kapasiteyi artırmak ve sürekli akımı sağlamak için dönel kavşağa girişte “Yol-ver” trafik işareti kullanılır.
2. Dönel kavşaktan sağa ya da sola dönmeyip devam edecek araçların doğrusal bir hat takip etmesine izin verilmez, kavşağa girişte uygulanan yönlendirme adaları ve merkez ada ile araçların dairesel bir yörünge takip etmeleri sağlanır.

Diğer dönel kavşaklarla (trafik çemberi) karşılaştırıldıklarında genelde modern dönel kavşakların en önemli özelliği girişte yol verme prensibinin olmasıdır. Modern dönel kavşaklarda her yaklaşım kolundan kavşağa giren araçların kavşak içinde dönüş yapan araçlara yol vermesi gerekir ayrıca aracın dönel kavşağı geçebileceği hız sağ giriş kurbunun güzergahına göre merkez adanın konumu ile kontrol edilir (Yüksel 2007).

Modern dönel kavşakların diğer bazı önemli özellikleri şu şekildedir;

- Dönüş platformu üzerinde durmaya ya da park etmeye izin verilmez,
- Merkez ada üzerinde yaya hareketlerine izin verilmez,
- Trafik adalarına gerek vardır (Yüksel 2007).

Kavşaklarda Sinyalizasyon Sistemi

Sinyalizasyon sistemlerinin aracılığıyla, yaya ve taşıt trafik akımlarının kavşak içerisinde hangi sırayla hareket edecekleri ışıklı donanımlar kullanılarak belirtilir. Trafik

yoğunluğunun fazla olduğu yollarda sinyalizasyon sistemiyle kavşağın kapasitesi ve trafik güvenliği artırılır. Sinyalizasyon, trafik akımlarının hareketlerinden kaynaklanan çakışmaları azaltır fakat gereklilik kriterlerine göre uygun olmayan yerlerde kullanıldığında; uzun kuyrukların oluşmasına, seyahat süresinin artmasına ve kaza olasılıklarına sebep olabilir.

Sinyalizasyon sisteminin kurulma amaçlarını ana hatlarıyla;

- Kavşak geometrisinden dolayı oluşabilecek karışıklıkları engellemek,
- Trafik akımlarının yoğunluğuna göre zaman dağılımını dengelemek,
- Trafik akımlarının kesiştikleri alanda güvenliği sağlamak

şeklinde sıralamak mümkündür.

Bir sinyalizasyon kavşağının başarılı olabilmesi için şu 3 koşula uyulmalıdır;

1. Kavşağın adalarla düzenlenmesi, trafik akımlarına uygun olarak yapılmış olmalıdır.
2. Doğru sinyal düzeni (faz diyagramları) hazırlanmalıdır.
3. Doğru devre süresi (akım hacimlerine uygun) hesaplanmalıdır (Akmaz 2012).

Yukarıda sayılan koşullara ek olarak sinyalizasyon sisteminden daha verimli sonuçlar elde etmek için trafik akımındaki artma ve azalmalara uyumlu olarak devre süresi değişen sistemler kullanılabilir. Burada dikkat gerektiren en önemli nokta araçların gecikme süresini minimize edecek devre süresini uygulamaktır.

Sinyalizasyon sistemi kavramları

Periyod: Sinyal ışıklarının bir tam tur yapması için geçen sürenin saniye cinsinden değeridir (C).

Faz: Kavşaktaki en az bir akımın geçiş hakkını kullandığı süreye denir.

Yeşil süre: Faz içerisindeki yeşil ışığın yandığı süredir.

Kırmızı süre: Faz içerisindeki kırmızı ışığın yandığı süredir.

Sarı süre: Faz içerisindeki sarı ışığın yandığı süredir.

Doygun Akım: Sinyalize olarak tasarlanmış bir kavşakta kesintisiz araç kuyruğunun bulunması ve sürekli geçiş hakkı verildiğinde sabit hızla boşalan akım.

Doygun Akım Hacmi: Doygun akım durumunda bir saatlik yeşil ışık süresinde platformdan geçebilecek toplam taşıt sayısıdır.

Sinyalizasyon sisteminin avantaj ve dezavantajları

Kavşaklarda bulunan sinyalizasyon sistemlerinin görevi sadece kazaları önlemek ve güvenli araç veya yaya geçişini sağlamak değildir ayrıca kavşağın planlanan hizmet düzeyinde kullanılmasını sağlamak gibi önemli bir görevi de vardır. Trafik sinyalizasyon sistemleri gelişmekte olan teknoloji ve ulaşım olanaklarıyla beraber gelişmekte ve yeni alternatifler sunmaktadır. Beklentiye karşılık vermeyen kavşakların platformlarında yapılan geometrik yenilemelerden sonra en çok tercih edilen seçenektir. Sinyalizasyon sistemleri güvenli trafik akışının sağlanması ve yolun planlanan hizmet düzeyinde kullanılması için gereklidir. Her sistemin olduğu gibi bu sistemde avantaj ve dezavantajları vardır.

Trafik sinyalizasyon sistemlerinin avantajları;

1. Farklı trafik akımlarının kesiştiği noktalarda güvenli bir akış sağlar
2. Periyot süreleri trafik akışına göre ayarlanmışsa şayet sinyalizasyon sistemi kavşağın kapasitesini artırır
3. Kavşakta meydana gelebilecek kaza ihtimalini düşürür
4. Yoğun trafik akımına sahip ana yol ile seyrek trafik akımına sahip ara yolun kesiştiği noktalarda güvenliği sağlar
5. Farklı düzeyli kavşak uygulamalarına göre daha ekonomiktir.

Kavşaktaki trafik hacimlerine uyumlu olmayan ve yanlış planlanan sinyalizasyon sistemleri aşağıda sayılan problemlere sebebiyet verebilir.

1. Yoğunluğun fazla olmadığı saatlerde kırmızı faz süresinin uzun olması yakıt tüketimi ve zararlı emisyonların salınımını artırır
2. Bekleme süresinin gereksiz yere uzun olması sürücülerin ihlallerine sebep olur buna bağlı olarak kazalar artabilir
3. Gecikme süreleri artar ve kuyruk uzunlukları oluşur.

Trafik sinyalizasyon sistemlerinde, sadece sinyal sürelerinin değiştirilmesi gibi maliyeti çok düşük düzenlemeler ile trafik gecikmeleri, yakıt tüketimi ve zararlı emisyonların salınımı gibi faktörlerde büyük oranda azalma sağlanabilir.

Bu çalışma kapsamında Kocaeli Büyükşehir Belediyesi sınırları içerisindeki D130 devlet yolu Gölcük şehir geçişinde yoğun şehirlerarası transit ve şehir içi yerel trafiğin yaratmış olduğu trafik sıkışıklığının giderilmesi ve trafik güvenliğinin artırılması amacıyla Batı-Doğu aksındaki 4 kavşak için çalışmalar yapılmıştır. Gölcük şehrinin Bursa-Kocaeli illeri arasında geçiş güzergahı üzerinde bulunması ve gelişen sanayinin beraberinde getirdiği nüfus artışı bu bölgede trafik hacminin artmasına ve trafik sıkışıklığına sebep olmuştur. VISSIM programı

yardımla arazi verileri, trafik hacimleri, mevcut kavşak özellikleri kullanılarak alternatif çözümler üretilmeye çalışılmıştır.

Alternatif çözümler seyahat süresi, gecikme, kuyruk uzunluğu, CO ve NO salınımları ve yakıt tüketimi göz önüne alınarak karşılaştırılmıştır ve bu parametreler dikkate alınarak Taguchi Metodu ile optimizasyon yapılmıştır. Kavşaklardaki gecikmelerin bağlı olduğu iki ana parametre olan sinyalizasyon ve kavşak tipi seçimine odaklanılmıştır.



KURAMSAL TEMELLER

Bayrak *et al.* (2019) çalışmada SIFCON' un rijit kaplama olarak kullanımını araştırmıştır. Deneyler, L_{16} ortogonal dizi tekniği kullanılarak her biri dört seviyeli dört faktör ile tasarlanmıştır. Faktörler ve seviyeleri 40, 55, 65, 80 lif görünüm oranı, %3, %6, %9, %12 lif hacmi, 0,30, 0,35, 0,40, 0,45 su/çimento oranı ve %0, %5, %10, %15 silis dumanı oranı olacak şekilde belirlenmiştir. Taguchi yöntemi ve varyans analizi (ANOVA) tekniği ile deney sonuçları irdelenmiştir. ANOVA' ya göre, beton kaplamaların eğilme ve basınç dayanımlarında lif görünüm oranının (L/d) en önemli role sahip olduğu söylenmiştir. Bunun yanında basınç mukavemeti için optimum koşulların 55 (L/d), %3 lif oranı, 0,45 su/bağlayıcı oranı ve %5 SD oranı olduğu, eğilme mukavemeti için optimum koşulların 80 (L/d), %12 lif oranı, 0,45 su/bağlayıcı oranı ve %5 SD oranı olduğu söylenmiştir. Optimum koşullarda 145,72 MPa ve 31,58 MPa' lık maksimum eğilme ve basınç dayanımı elde edildiği söylenmiştir.

Nyame-Baafi *et al.* (2018) Gana'da düşünülen en uygun kavşak türü sinyalize kavşaklardır. Bununla birlikte, sola dönüşlü şeritlerin kurulumu gibi diğer eylemlerin kısa vadede sinyalizasyona gerek kalmadan bir kavşağın etkinliğini ve güvenliğini arttırdığı kanıtlanmıştır. Bu çalışmada VISSIM mikrosimülasyon programını kullanarak sinyalize edilmemiş T-kesişim noktalarında sol şerit kurulumunu mecbur kılan gecikme eşiğine dayanan hacim değerleri kullanılarak oluşturulmuştur. VISSIM modeli, sabah trafik yoğunluğunun en yoğun olduğu iki saatlik bir video kaydından elde edilen trafik akışı, gecikme, ortalama ve maksimum kuyruk uzunluğu verileri kullanılarak kalibre edilmiştir. Kalibrasyondan sonra, çok çeşitli çalışma koşullarını kapsayan farklı senaryolar simüle edilmiştir. Küçük yol sola dönüş trafiğine maksimum kabul edilebilir gecikme değeri 25 sn/araç, hizmet seviyesi (LOS) C alınarak, küçük yol sola dönüş hacmi eşiğini öngören denklem $y = -0,57x + 1091$ geliştirilmiştir. (y) üzerinde bir değerde sola dönüş şeridi düşünülebilecek ve bunun altında birçok ana yol hacmi için sola dönüş şeridi gerekmebilir (x). Büyük yol sola dönüş trafiği için kritik gecikme olarak 16 sn/araç bulunmuştur. Bu eşik gecikme değerine bağlı olarak an yol sola dönüş şeridi hacim izinleri de belirlenmiştir. Bu çalışmada kullanılan yaklaşım, metropol ve belediye yol mühendisleri tarafından sola dönüşlü şerit ihtiyacını değerlendirmek için kullanılabilecek bir rehber görevi görebileceği söylenmiştir.

Bayata and Bayrak (2018) çalışmalarında Erzurum'da artan trafik yoğunluğundan dolayı Karayolları 12. Bölge Müdürlüğü tarafından yapılması düşünülen kavşağın çevreye ve bölge trafiğine etkileri incelenmiştir. Yapılması düşünülen kavşak ile mevcut durum VISSIM mikrosimülasyon ortamında; gecikme ve seyahat süresi, kuyruk uzunluğu, yakıt tüketimi, zararlı emisyonların doğaya salınımı gibi parametreler bazında karşılaştırılmıştır. Oluşturulan

modelin tutarlılığını kontrol etmek için GEH formülü kullanılmıştır. Araştırmanın sonucuna göre yapılması planlanan kavşağın; seyahat ve gecikme sürelerinde %35, kuyruk uzunluğunda %83, emisyon değerlerinde ise %23 oranında mevcut duruma göre azalmalar sağlayacağı saptanmıştır.

Fernandes *et al.* (2017) bir bölgeye özgü operasyonel ihtiyaçları karşılamak için genellikle yol koridorları boyunca trafik ışıkları veya kavşaklar kurulmaktadır. Sıkışık trafik ve yakın mesafeli kesişme noktalarına ilişkin etkilerin anlaşılması tam olarak ele alınmamıştır. Buna göre bu belirli kısımların koridor boyunca performansı nasıl etkilendiğine dikkat edilmelidir. Bir karma dönel kavşak / sinyalize kavşak / dur kontrollü kavşak koridoru, mikroskobik trafik modeli programı (VISSIM) ve emisyon metodolojisi (Araç Özel Gücü - VSP) ile değerlendirilmiştir. Çalışma, koridorun iki ana kavşağında, bir kavşakta ve farklı trafik talep seviyeleri altında 170 metreden daha az mesafeli bir trafik ışığına odaklanmıştır. Trafik verileri ve koridor geometrisi VISSIM programına kodlandı ve trafik ışığının yerine tek şeritli bir kavşak yerleştirildiği alternatif bir senaryo ile karşılaştırılmıştır. Bu araştırmayla ayrıca, bu kavşaklar arasındaki mesafenin trafik gecikmesi ve taşıt emisyonları (karbondioksit, karbonmonoksit, azot oksitler ve hidrokarbonlar) üzerindeki entegre etkisini inceleyerek koridor performansını ve emisyonlarını iyileştirme yöntemi test edilmiştir. Hızlı Baskın Olmayan Sıralama Genetik Algoritması (NSGA-11), kesişmeler için en uygun mesafeyi bulmak için kullanılmıştır. Analizler, dönel kavşağın trafik uzunluğundan daha düşük kuyruk uzunluğu (~%64) ve emisyonları (kirleticiye bağlı olarak %16-27) sağlayabildiğini göstermiştir. Sonuçların ayrıca, en iyi trafik kontrolünü kullanarak 200 m mesafenin mevcut işlemlere kıyasla trafik işlemlerinde ve emisyonlarda orta derecede bir avantaj sağlayacağı söylenmiştir.

Korfant and Gogola (2017) çalışmalarında Bratislava’ da kullanılan trafik planlama programları (genellikle VISSIM ve VISSUM) olan PTV yazılımlarını kullanarak, başkentte daha akıcı bir trafik oluşturmaya yardımcı olan projelerin gerçek verilerini ve sonuçlarını sunmaktadır. Bu yazılımları kullanmak, başkentten sürdürülebilir hareketliliğini yüksek seviyede tutmaya yardımcı olur ve şehri Batı Avrupa şehirlerine yaklaştırdığı söylenmiştir.

Nikitin *et al.* (2017) sinyalize kavşaklar yerine dönel kavşaklar daha sık kullanılmaya başlanmıştır. Bir kavşağın performansını değerlendirilmek için simülasyon modeli yapılmıştır. Kavşağın modellenmesi, cadde ve yol ağının bu bölgesinde büyük gecikmelerin varlığını doğrulamıştır. Kavşaklara sıkışıklığı önlemek için, araç giriş / çıkış yollarına yakın yerde bulunan yaya geçitlerinin trafik kapasitesini ciddi şekilde azalttığı söylenmiştir.

Shaaban and Kim (2015) SimTraffic ve VISSIM, sinyalize kavşakları ve arter yollarını modelleyebilen iki mikroskobik trafik simülasyon araçlarıdır. Bu çalışma iki ve üç şeritli kavşakların, trafik hacmi, kamyonların trafik akışına oranı, sola dönüş hareketinin oranı gibi farklı koşullar altında modellenmesinde SimTraffic ve VISSIM simülasyon araçlarının performansı karşılaştırmaktadır. Bu simülasyon uygulamaları birbirinden büyük herhangi bir farklılık göstermemiştir. Ancak; yüksek trafik hacimlerinde VISSIM, düşük trafik hacimleri durumunda neredeyse aynı sonuçlara kıyasla SimTraffic’ ten daha yüksek ortalama gecikmeler gösterdiği söylenmiştir.

Du *et al.* (2015) dünyanın dört bir yanındaki şehirler uzun zamandan beri trafik sıkışıklığı yaşamaktadır. Otopark yapıları, hastaneler, okullar, oteller gibi kamu binalarına erişim noktaları, sık sık trafik sıkışıklığına ve kazalara neden olan dar boğazlardır. Başlıca erişim yönetimi stratejilerinden biri, erişim noktasına bitişik trafik işlemlerinin optimizasyonudur. Ancak, erişim yönetimini değerlendirecek bilimsel bir model yoktur. Erişim noktası etrafındaki trafik optimizasyonunun etkinliği ve güvenliğini ölçmek için sistematik ve tarafsız bir değerlendirme sisteminin kurulması büyük önem taşımaktadır. Bu çalışma ile erişim noktalarındaki trafiğin optimizasyonunda mikroskobik bir simülasyon değerlendirme endeksi sistemi oluşturulmuş ve gerekli parametreleri VISSIM simülasyonları ile elde edilmiştir. Düzey ve indeks ağırlıklarını gri ilişkisel analizle (GRA) belirlemek için analitik bir hiyerarşi süreci (AHP) ile birleştirilerek kapsamlı bir değerlendirme yöntemi oluşturulmuştur. Değerlendirme yöntemi Çin’deki Tongji Üniversitesi’nin bina parkı girişine uygulanmıştır ve girişin yanındaki yolda trafik sıkışıklığı yaşandığı gözlenmiştir. Bu yöntemle hem verimlilik hem de güvenlik açısından nispeten iyi olan trafik organizasyon şeması edinilmiştir. Sonuçlar, trafik yoğunluğunu hafifletmenin trafik organizasyonunun tasarımı ve optimizasyonu için uygun olduğu anlaşılmıştır. Bu yöntem, yalnızca uzmanların tecrübesi olarak kabul edilmekle kalmayıp aynı zamanda değerlendirme sürecinde insan katılımının belirsizliklerini de uygun şekilde azaltmakta ve yöntemin uygulanabilirliğini artırdığı söylenmektedir.

Gastaldi *et al.* (2014) genel olarak, alternatif kavşak tiplerinin karşılaştırılması için verimlilik ve güvenlik kavramları üzerinde durulmuştur. Son zamanlarda, araç trafiğinden kaynaklanan hava kirliliğinin önemi artmış, kavşak tasarımı için bir kriter olarak çevresel hususların yukarıdaki hususlara eklenmesi gerektiğini ortaya koymuştur. Mevcut kavşağın trafik kontrol tipinin (örneğin, sinyalize kavşaktan dönel kavşağa) dönüşümünün uygulandığı durumlar, gerçek ağlarda sık görülmüştür ve bunun sonucunda zararlı emisyonların nasıl değişebileceğini hakkında bir değerlendirilme yapılması düşünülmüştür. Mikrosimülasyon yazılımının ve emisyon modellerinin artan mevcudiyeti, artık bu ayrıntılı analizlerin

operasyonel seviyede yapılmasını mümkün kılmıştır. Bu çalışmada açıklanan araştırma, bir dönel kavşak ve çevresel performans açısından sinyal kontrollü bir kavşak noktası üzerinde durulmuştur. Bir kavşağın sabit zamanlı trafik sinyalinin yerini aldığı gerçek bir yol kavşağı analiz edilmiştir. Anlık emisyon modelleri için girdi olarak gereken ayrıntılı araç verilerini çıkarmak için S-Paramics® yazılımı kullanılmıştır. Emisyonlar açısından güvenilir çıktılar elde etmek için mikrosimülasyon modeli parametreleri kalibre edilmiştir. NOx, PM10 ve toplam karbon emisyonları dikkate alınmıştır. Genel olarak, dönel kavşağın, araç emisyonları açısından sabit zamanlı trafik sinyalinden daha iyi performans gösterdiği, ancak iki kontrol tipi arasındaki farkın çevresel etkiler açısından operasyonel trafik performansı bakımından daha küçük olduğu söylenmiştir.

Ma *et al.* (2014)  evre ve doğal kaynaklar konusunda artan endişeler, artan ulaşım talebiyle birleştiğinde, dünya genelinde ulaşım sistemlerinde verimlilik ve performans için büyük baskı oluşturduğu tespit edilmiştir. Günümüzde yeni teknolojiler, taşımacılıkta yenilikleri mümkün kılar, ancak genellikle başarıyı belirleyen sistemler dağıtım ve işletim politikasıdır. Akıllı trafik yönetimi, özellikle kentsel alanlarda trafik sistemlerinin sürekli gelişimi için önemli rol oynamıştır. Bununla birlikte, mevcut trafik yönetimi ve planlama pratiğinde  evre ve enerji alanındaki politika hedeflerine öncelik veren çaba hala yetersizdir. Bu  alışma, çevresel etkileri ve karayolu trafiğinin yakıt verimliliğini ölçmek ve sadece trafik hareketliliği performansına değil, aynı zamanda sürdürülebilirlik için diğer önemli önlemlere göre optimal sinyal planlarını değerlendirmek için model tabanlı bir  er eve uygulaması sunmaktadır. Mikroskobik trafik simülatörü, yüksek çözünürlükte emisyonların ve yakıt tüketiminin tahmini için mikro ölçekli emisyon modeliyle entegre edilmiştir. Gecikme, dur-kalk, yakıt ekonomisi gibi farklı politika hedefleri için en uygun sinyal planlamasını kolaylaştırmak için stokastik bir optimizasyon motoru uygulanmıştır. Sabit zaman ve harekete geçirilen iki kontrol şeması optimize edilirken, çoklu performans endeksleri analiz edilmiştir ve karşılık gelen hedeflerle karşılaştırılmıştır. Farklı politikalar arasındaki uzlaşmayı temsil eden çözümlerde örnek bir entegre performans endeksini optimize ederek durum çalışmasında elde edildiği söylenmiştir.

Siddharth and Ramadurai (2013) araç trafiğinin verimli bir şekilde modellenmesi, özellikle Hint heterojen sürüş koşulları bağlamında büyük ölçüde tartışılan bir konu olmaya devam etmektedir. VISSIM, Hindistan’da gittikçe popüler olan, mikroskobik mikrosimülasyon programıdır. Bununla birlikte, varsayılan davranış parametrelerinde yapılan değişiklikler, Hint heterojen trafik koşullarını etkin biçimde simüle etmek için esastır. Bu  alışma, Chennai’deki bir kavşaktan elde edilen verileri kullanarak VISSIM modelinin duyarlılık analizi ve otomatik

kalibrasyonu ile ilgili bir yöntem ve sonuçlar sunmuştur. Bu kesişme, yoğun saatlerde yavaş akışlara sahip olduğu tespit edilmiştir. Hint heterojen koşullarında sürüş davranışını etkileyen VISSIM parametreleri, duyarlılık analizi kullanılarak bulunmuştur. Duyarlılık analizinde ANOVA ve temel etkiler yöntemi kullanılmıştır. Model, VISSIM'in Visual C++ COM arayüzü kullanılarak kalibre edil. Kalibrasyon sırasında hassas parametrelerin optimal kombinasyonunu bulmak için Genetik Algoritma kullanılmıştır.

Lin *et al.* (2013) Pekin MİA bölgesi karayolu şebekesinin değerlendirilmesini konu almaktadır. Bu projenin önemli bir alanı kapsamı sebebiyle gelecekteki trafik etkisinin analizinin gerekliliği vurgulanmıştır. VISSIM, farklı trafik etkilerinin karşılaştırılması için kullanılan mikrosimülasyon programıdır. Uygulamadan evvel en iyi alternatifi ve optimizasyon seçeneklerini sunan senaryoların saptanmasının faydalı olacağı söylenmiştir. VISSIM mikrosimülasyon ortamında oluşturulan dört farklı senaryo karşılaştırılmıştır. Avrupa ve ABD'deki sürücü davranışları Pekin'dekinden farklı olduğundan gerçeğe yakın sonuçlar elde etmek amacıyla bir takım davranışsal çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmada karşılaştırma yapmak için değerlendirme süresi olarak seyahat süresi, akım hızı, kuyruk uzunluğu ve gecikmeyi kullanılmıştır. Sonuçların, MİA bölgesi içindeki tek yönlü sokak organizasyon planının en iyisi olduğu söylenmiştir.

Priya *et al.* (2013) trafik yönetimi, tüm trafik ağı boyunca trafiği yönetmek için çeşitli teknik uygulamaları tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Çalışma alanı olan Mehdipatnam, Haydarabad'da büyük bir kenttir. APSRTC otobüs deposuna sahiptir ve şehrin tüm bölgelerine ait birçok otobüsün durak noktasıdır. Bu, yollardaki ve kavşaklardaki tıkanıklık seviyelerinin artmasına sebep olur. Bu sorunu çözmek için iki yaklaşım olabilir. Birincisi ve en verimli çözüm, daha geniş yolları, köprüleri baypasları, ve otoyolları içeren bir altyapıya ulaşmaktır. Ancak Hindistan gibi gelişmekte olan ülkeler için para ve mekan ciddi problemlerdir. İkinci yaklaşım, mevcut trafiği, teknolojiyi kullanarak ve taşıtları trafik yönetimi olan sürece dahil ederek yönetmektir. Bu problemi çözmek için farklı trafik yönetimi önlemleri uygulanmıştır. Mikrosimülasyon programı VISSIM kullanılarak bir model geliştirilmiş ve trafik ağının eksiklikleri bulunmuştur. Kalibre edilen model önerilen trafik yönetimi önlemleri ile değerlendirilmiştir ve etkinlikleri ölçülmüştür. Tavsiye edilen önlemler otobüs terminalinin yeniden düzenlenmesi, sıranın kapatılması, kavşak iyileştirilmeleri ve kavşakların işaretlenmesi gerekliliğini göstermiştir. Toplu taşıma performansına erişmek için ayrı bir değerlendirme yapılmıştır. Azalan seyahat süresi, sıra uzunlukları ve gecikmeler önerilen önlemlerin etkili olduğunu gösterdiği saptanmıştır. Ayrıca, araçların karşılaştığı durak sayısı ve buna bağlı

gecikmelerde ölçülmüştür. Çalışma alanının daha da iyileştirilmesi için yeniden yönlendirme ve sinyal koordinasyonu gibi diğer trafik yönetimi önlemleri de önerilmiştir.

Yun and Ji (2013) seyahat verimliliği ve kontrolsüz kavşakların trafik güvenliği, trafik yönetimi ve kontrolünde en önemli parametrelerdir. Dur ve yol-ver işaretleri, kontrolsüz kavşakların tüm yöndeki araç akışlarının yönünü gösteren en çok kullanılan trafik işaretleridir. Çin'in çoğu şehrinde, sinyalizasyon sistemleri, trafik hacmi gözlemlenmeden tüm kavşaklar için aynı zaman benimsenmiştir. Bu çalışmada, dur işareti kesişimi ile yol-ver işareti kesişimi arasındaki farkı gecikme analizi yönünden analiz edilmektedir. İlk olarak, VISSIM yazılımında kesişimler tasarlanmıştır ve mevcut durum VISSIM simülasyon ortamında doğrulanmıştır. Daha sonra, farklı trafik hacimlerindeki ortalama araç gecikmesi, sırasıyla dur işareti ve yol-ver işareti altında analiz edilmiştir. Sonuçların, trafik işaretlerinin düzenlenmesine rehberlik etmek için pratikte kullanılabileceği söylenmiştir.

Lu and Zhang (2012) bu çalışma trafik işareti koordinasyonunun emisyonlar üzerindeki etkisini araştırmakta ve gecikme ve durmaların operasyonel performans ölçümleri üzerindeki etkilerini karşılaştırmaktadır. Döngü uzunlukları ve ofsetleri simüle edilerek çeşitli takım oranları elde edilmiştir. Sonuçlar, döngü uzunluğunun gecikme üzerindeki etkisinin doymamış trafik koşulları için durma ve emisyonlar üzerinde olduğundan daha önemli olduğu söylenmiştir. Sabit bir döngü uzunluğu göz önüne alındığında, takım oranının artırılması gecikmeyi, durmayı ve emisyonları azaltabildiği ve emisyonlardaki düşüşün gecikme yerine durma ile ilişkilendirilmesinin mümkün olduğu söylenmiştir. Aynı çevrim uzunluğu ve takım oranıyla, bir takımın önde gelen araçların kırmızı sinyalle karşılaştığı erken varış durumu, bir takımdaki son birkaç aracın durduğu zaman, takımın son girişine bağlı olandan daha fazla emisyon üretebildiği söylenmiştir.

Vaiana *et al.* (2012) bu çalışma, bir dönel kavşağın gözlenen performansları ve simülasyon programı kullanılarak elde edilen performanslar arasındaki bir kalibrasyon prosedürü sunmaktadır. Sadece trafik akışı dağılımı için aralarından farklı olan iki senaryo analiz edilmiştir: Serbest akış koşulu boyunca ortalama hız profillerini türeten Serbest Akış Koşulu (FFC); ve bir dal boyunca ortalama durma çizgisi gecikmesini belirlemek için Doyma Akış Koşulu (SFC). Simülasyondaki yazılım parametrelerinin en iyi kombinasyonlarını değerlendirmek ve gözlemlenen ve benzetilmiş performanslar arasındaki hataları en aza indirmek için tek şeritli kavşaklar için çok sayıda senaryo oluşturulup analiz edilmiştir.

Hassan *et al.* (2011) dünya çapında birçok şehir merkezi oldukça sıkışık durumdadır. Bunun nedeninin, Alan Trafik Kapasitesinin (ATC) kısıtlanması; yani, trafik ve park talepleri (çoğunlukla motorlu), sınırlı bir yol ve otopark kapasitesi olduğu söylenmektedir. Merkezi Alan

Trafik Kapasitesi (ATC), iç karayolu ağının kapasitesi, park kapasitesi veya bölgeye çıkan yaklaşma yollarının kapasitesi olabilir. Bu üç unsurdan biri toplam trafik kapasitesini sınırlar. Bu nedenle, bu çalışmanın amacı ATC' nin belirlenmesinde bir araç olarak kullanılabilecek bir planlama süreci geliştirmek ve merkezi bir alan trafik kapasitesini artırabilecek farklı senaryolar üretmek ve değerlendirmektir. Önerilen planlama süreci, seyahat talebinden ve şehir merkezindeki trafik arzından kaynaklanan trafik ve park durumlarının birleşik bir analizine dayandığı saptanmıştır. Yolculuk talebi trafik kapasitesinden büyükse, işlem park yeri ve trafik durumlarının istenen arz veya talep üzerindeki geri bildirim etkilerini yansıtır. Bu nedenle, uygun durumlara ulaşmak için gerekli olabilecek farklı olası iyileştirme stratejilerini analiz etmek için kullanılabilir. Önerilen planlama süreci, İskenderiye şehir merkezinin alan trafiği kapasitesini tahmin etmek için ATC' yi iyileştirmek için bazı trafik stratejilerinin uygulanmasının etkilerini analiz etmek için kullanılmıştır.

Aydın *et al.* (2008) bu çalışmada pomza betonda bulunan lif için optimum koşulları belirlemek amacıyla Taguchi Metodu kullanılmıştır. Pomza betondaki lif, pomza oranı (%25, %50 ve %100), lif oranı (%0,5, %1 ve %5), çökme (3, 4, ve 5 cm), ve yaş (7, 14, 28 gün) olmak üzere farklı deneysel parametreler altında araştırılmıştır. %25 pomza oranı, %1 lif oranı, 3 cm çökme ve yaş 28 gün durumunda pomza betondaki lif için optimum koşulun sağlandığı söylenmiştir.

D'Ambrogio *et al.* (2008) trafik sistemleri tasarımcıları, simülasyon modellerini kullanarak yeni veya mevcut bir sistemin davranışını incelemelerini sağlayan yapım öncesi simülasyon yaklaşımından faydalanabilirler. Bununla birlikte, simülasyon modellerinin kullanımı genellikle model oluşturma faaliyetinin yalnızca deneyim ve öngörü kullanımıyla gerçekleştirilmesi durumunda kritik, zaman alıcı ve hataya açık bir etkinlik olması nedeniyle engellenir. Ayrıca, trafik tasarımcıları, sistem simülasyonunu etkin bir şekilde gerçekleştirmek için genellikle gerekli becerilere sahip değildir. Bu çalışmayla, bir model oluşturma yöntemi getirerek bu sorunların üstesinden gelinebileceği, böylece trafik tasarımcılarının yapım öncesi simülasyonları sorunsuz bir şekilde en iyi uygulamalarına sokmalarını sağlayacağı söylenmiştir. Yöntemin, gerçek kesişme noktalarına bir örnek uygulama ile trafik kavşaklarının simülasyon modellerinin oluşturulmasında uygulandığı söylenmektedir.

Tortum *et al.* (2005) çalışmada Marshall Testi ile asfalt betonundaki lastik kauçuk için optimum koşulları belirlemek amacıyla Taguchi Metodu kullanılmıştır. Asfalt betonu içerisindeki lastik kauçuk; karıştırma zamanı (5-30 dakika), sıkıştırma sıcaklığı (110-135 °C), binder oranı (asfaltın ağırlıkça %4-7' si), lastik kauçuk oranı (asfaltın ağırlıkça %0-10' u), agrega gradasyonu (grad.1-3), karıştırma sıcaklığı (155-175 °C), lastik kauçuk gradasyonu

(elek 10-40) gibi farklı deneysel parametreler altında incelenmiştir. Asfalt betonu bünyesindeki lastik kauçuk için optimum koşulların; lastik kauçuk gradasyonu elek 40, karıştırma sıcaklığı 155 °C, agrega gradasyonu 1, lastik kauçuk oranı %10, binder oranı %5,5, sıkıştırma sıcaklığı 135 °C, karıştırma süresi 15 dakika olduğu durumda sağlandığı söylenmiştir.

Taguchi metodu kullanılarak kavşak tipi belirlenmesiyle ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.



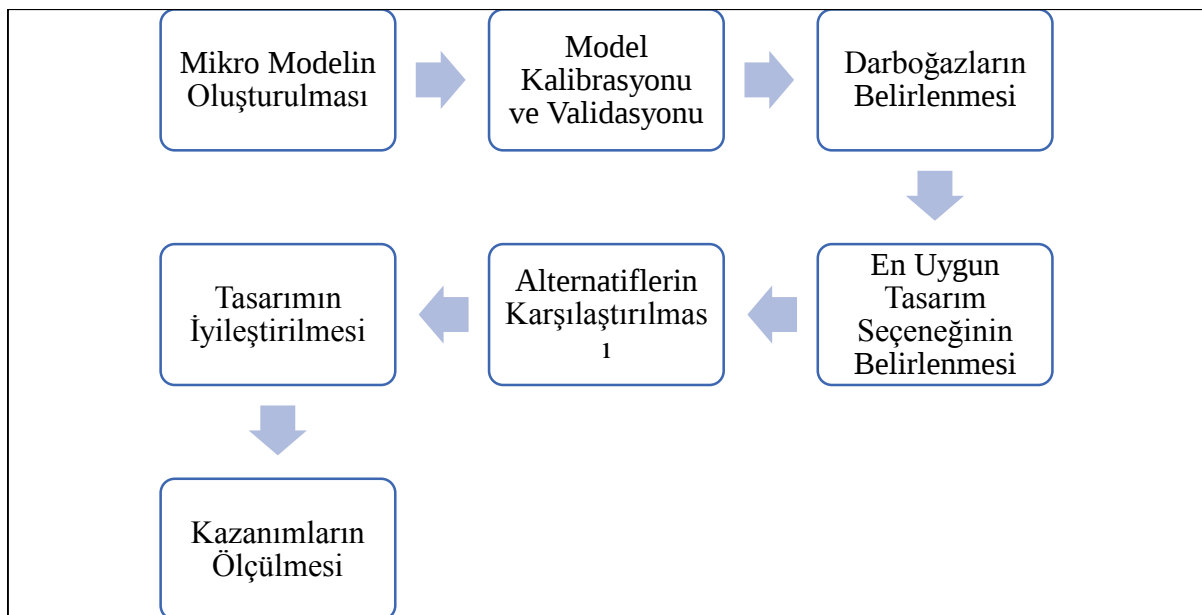
MATERYAL ve YÖNTEM

Trafik Mikrosimülasyonu

Yapılması planlanan yol ve kavşak tasarımlarını görebilmek, yapılması durumunda trafik yoğunluğu, trafik hacmi, kuyruk uzunluğu, seyahat süresi gibi faktörlerin nasıl etkilendiğini tespit edebilmek için mikrosimülasyon programları kullanılır. Mikrosimülasyon ulaşım alanında yapılan çalışmalarda pek çok fayda sağlamaktadır. Yapılması planlanan tasarımın tatbik edilmeden evvel performansı ile ilgili ön izlenim sağlar. Mikrosimülasyonun bir diğer ve en etkili faydası çok az maliyetle gerçeğe yakın sonuçlar vermesidir.

Mikrosimülasyon yapılması planlanan sistemi irdelemek ve olası karışıklığın önüne geçmek için kullanılır. Çevresel faktörlerdeki olası değişikliklerin sistemi nasıl etkilediğini görmede kolaylık sağlar. Simülasyona girdiğimiz parametrelerin hangisinin daha büyük öneme sahip olduğunu gösterir. Yapılması planlanan tasarımın pozitif ve negatif yönlerini yansıtarak optimum sonuca ulaşmamıza yardımcı olur.

Mikrosimülasyon modelinin oluşturulması aşaması çalışmanın ilk adımıdır. Bu aşamada modelle ilgili tüm girdiler (trafik sayımları, fiziksel geometriler, hız limitleri vb.) toplanarak model kodlanması yapılır. Daha sonra oluşturulan model kalibrasyona tabii tutulur, buradaki amaç modeli mevcut durumla birebir benzer yapmak ve bu benzerliği çeşitli ölçütlerle test etmektir. Oluşturulan mikrosimülasyon modellerindeki sorunlar belirlenir, proje ekibiyle paylaşarak tasarım iyileştirilir ve üretilen alternatiflerin performans karşılaştırılmaları yapılır. En uygun tasarım seçeneği seçilirken ulaşım performansına ek olarak çevresel etkiler, maliyet, uygulanabilirlik, estetik gibi diğer kriterlerde göz önünde bulundurulur.



Şekil 7. Mikrosimülasyon aşamaları

Bu tez çalışmasında mikrosimülasyon programı olarak pek çok araştırmacının kullandığı VISSIM programı kullanılmıştır.

Taguchi Metodu

Taguchi metodu, düşük maliyetle en optimum sonuca ulaşmayı hedefleyen çalışmalarda kullanılan önemli bir metottur. 1960'lı yıllarda Japonya'da, 1980'li yıllardan itibaren ABD endüstrisinde başarılı bir şekilde uygulanmaktadır. Bu metot, istenilen sonuca ulaşmak için gereklilikleri sağlamaya yarar. Hedeften uzaklaşmayla birlikte kalite kayıplarının da başladığını ve bu kayıpların önlenmesi için iyi bir tasarımın gerekliliğini belirtir. Taguchi metodunun temeli istatistiksel deney tasarımına dayanmakla birlikte pek çok teknik geliştirilmiştir.

Deneysel tasarım yöntemi İngiliz istatistikçi A. Ronald Fisher tarafından ilk defa 1920'li yıllarda tarım ürünlerinin verimliliğini artırmak için geliştirilmiştir. Fisher çalışmasında ürün verimine katkıda bulunan gübre tespitini bu yöntem ile araştırmıştır. Verimliliği aynı seviyede olan toprağı birkaç bloğa ayırmış ve ürün çeşitlerinin her birini bu bloklara rastgele yerleştirmiştir. İşte, Fisher'ın blok yöntemi ve bu bloklara rastgele yerleştirme yapması Deneysel Tasarım yönteminin temelini oluşturmaktadır (Fidan 2018).

Deneysel Tasarım gelişme sürecinde W. Edwards Deming Japonya'da, kalite ve verimliliği geliştirme felsefesi ve yöntemleri üzerine konferanslar vermiştir ve bu teknikler de Japon istatistikçiler tarafından hayata geçirilmiştir. Böylece düşük maliyette ve yüksek kalitede üretim sağlayabilmek için deneysel tasarım yöntemleri geliştirilmiştir. Daha sonra Profesör Genichi Taguchi, hedeflenen kalitenin üretimden önce tasarım aşamasında sağlanabileceğini ifade etmiştir (Fidan 2018).

Dr. Taguchi'nin geliştirmiş olduğu kalite sistemi 1950'li yıllarda savaş sonrası Japonya'nın telefon sistemi üzerine uygulanmış ve son derece başarılı olmuştur. Deneysel Tasarım tekniklerinin ABD'de kullanılmaya başlaması, 1980'lerin ilk yıllarında Taguchi'nin Amerika'da verdiği seminerlerden sonraya rastlamaktadır (Keskin 2016).

Geleneksel deney tasarımında, bir faktör değiştirilirken diğer bütün faktörler sabit tutulur. Deney tasarımındaki faktör ve seviyeler arttıkça yapılacak deney sayısı da artacaktır. Dolayısıyla böyle bir tasarımın pratikte yapılması çok mümkün olmayacaktır. Aynı zamanda, faktörler arasında iç etkileşimin olması durumunda, geleneksel deney tasarımına göre bulunan optimum şartlar, gerçek optimum şartlar olmayabilir. Deney tasarım tekniklerinden biri olan Taguchi Metodu sistematik dizaynlarda optimizasyon için başarılı bir şekilde uygulanmaktadır (Bayrak 2007).

Taguchi metodu yüksek kalite sistemlerinin tasarımı için kullanılan iyi bir araçtır. Bu metot performans ve kalite tasarımlarını optimize etmek için sistematik bir yaklaşım sağlar. Bu yöntem kullanılarak yapılacak optimizasyonlar 8 adımda gerçekleşir.

1. Değerlendirilecek parametrelerin belirlenmesi
2. Bu parametrelere ait seviyelerin ve mümkün olan iç etkileşimlerin belirlenmesi
3. Uygun ortogonal dizisinin belirlenmesi

4. Ortogonal diziye dayanarak deney sonuçlarının metoda uyarlanması
5. Performans istatistiklerinin hesaplanması
6. Performans karakteristikleri kullanılarak sonuçların varyans analizi ile değerlendirilmesi
7. Optimum seviyelerin seçilmesi
8. Sonuçların doğrulanması (Tunçel 2018)

Taguchi tasarımında optimizasyon kriteri olarak performans istatistiği (S/N) kullanılmaktadır. En büyük-en iyi, nominal-en iyi ve en küçük-en iyi olmak üzere üç çeşit performans istatistiği vardır. Deneylerden elde edilen veriler kullanılarak S/N değerleri, en küçük en iyi performans istatistiği (S/N) baz alınarak aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır.

$$\frac{S}{N_L} = -10 \log\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2\right)$$

Burada;

S/N_L : Performans istatistik değeri

n : Deneyin tekrar sayısı

y_i : i. deneyin performans istatistik değeri

S/N_L değerini en yüksek yapan kombinasyon en iyidir. Fakat en iyi sonucu veren deney yapılmamış olabilir. Dolayısıyla optimum sonucu verecek olan deneyin performans değeri aşağıdaki formül kullanılarak tahmin edilir.

$$Y_t = \mu + X_i + e_i$$

Burada;

μ : Performans değerinin genel ortalaması

X_i : Deneydeki parametre-seviye kombinasyonun sabit etkisidir

e_i : i. deneydeki rastsal hatadır.

Deney sonuçlarına göre hesaplanan Y_t değeri bir tahmindir. Bundan dolayı doğrulama deneyi çıktılarının anlamlı olup olmadıklarını tespit etmek için hata seviyesine bağlı olarak güven aralığı oluşturulması gerekir. Güven aralığı,

$$\mu + \sqrt{F_{\alpha;1,DF_{MSe}} MS_e \left(\frac{1+m}{N} + \frac{1}{n_i} \right)}$$

$$\mu - \sqrt{F_{\alpha;1,DF_{MSe}} MS_e \left(\frac{1+m}{N} + \frac{1}{n_i} \right)}$$

bağıntıları ile hesaplanır.

Burada;

F : Tablo değeri,

α : Hata düzeyi,

DF_{MSe} : Hata kareler ortalamasının serbestlik derecesi toplamını,

m : Ortalama tahmininde kullanılan parametrelerin serbestlik derecelerini

n_i : Yapılan doğrulama deneylerinin tekrar sayısını göstermektedir.

Webster Sinyalizasyon Yöntemi

Sinyalize olarak tasarlanmış kavşaklarda seyahat süresi, taşıt gecikmeleri, kuyruk uzunluğu gibi parametreleri kabul edilebilir seviyelere çekebilmek için yapılması elzem olan uygulamalardan birisi şüphesiz sinyal sürelerinin uygun biçimde düzenlenmesidir. Kavşak kollarındaki trafik hacimleri, ağır taşıt oranları ve kavşağın geometrik yapısı sinyal optimizasyonu yapılırken göz önüne alınması gereken hususlardan birkaç tanesidir. Trafik hacminin fazla olduğu kavşak kollarında gereğinden fazla kırmızı süre atanması, seyahat süresinin ve emisyon salınımının artmasına sebep olacaktır dolayısıyla kavşağın verimliliği düşecektir. Bu sebeptir ki sinyal optimizasyonu yapılırken kavşak kollarındaki trafik hacimlerinin çok iyi analiz edilmesi gerekmektedir.

Başlı başına ayrı bir çalışma konusu olan sinyal optimizasyonu üzerine birçok çalışma yapılmıştır, farklı algoritmalar ile sinyal sürelerinin optimum duruma getirilmesine çalışılmıştır. Bu çalışmalarda biri de İngiliz (Webster) yöntemidir.

İlk olarak Webster tarafından 1958 yılında İngiltere’de bu yöntem önerilmiş olup 1965 yılında Amerika Birleşik Devletleri’nde Ulaşım Araştırmalar İdaresi tarafından geliştirilmiştir. Sinyalizasyon sürelerinin hesaplamaları üzerine ilk olarak Webster tarafından geliştirilen bu yöntem daha sonraki çalışmalara ışık tutmuştur (Karagöz 2018).

Bu yöntemde kullanılan formüller sırasıyla verilmiştir.

- Kavşaktaki bir yön için daima yeşil ışığın yandığı varsayılırsa her bir şeritten geçebilecek maksimum trafik akımına doyum akımı denir. Doyum akımı aşağıda verilen formül ile hesaplanmaktadır.

$$s = s_o N f_i$$

s : mevcut durumda kavşak doyum akımı

s_o : ideal şartlarda kavşak doyum akımı

N : şerit sayısı

f_i : düzeltme faktörü

- Kavşak kapasitesi aşağıda verilen formül ile hesaplanmaktadır.

$$K = s(G/C)$$

K : kavşak kapasitesi

s : doyum akımı

g : yeşil süre

C : periyod süresi

- Değişim fasılası tayini için kullanılması gereken formül aşağıda verilmiştir.

$$Y_i = t + \frac{0,3H}{2a} + \frac{W + l}{H}$$

Y_i : i yönündeki boşaltım fasılası (saniye)

t : intikal – reaksiyon süresi (saniye)

H : araç hızı (metre/saniye)

a : fren ivmesi (4.6 m/sn² olarak alınması uygundur)

W : hareket uzunluğu (metre)

l : araç uzunluğu (metre cinsindendir ve 6 metre alınması uygundur)

- Webster yönteminde etkin kullanım süreleri dikkate alındığından efektif yeşil süre kullanılmaktadır. Efektif yeşil süre aşağıda verilmiştir.

$$g_i = G_i + Y_i - t_L = G_i + (y + r_h) - t_L$$

g_i : i fazı için efektif yeşil süre (saniye)

G_i : i fazında fiili yeşil süre (saniye)

Y_i : sarı + tüm kırmızı süre (saniye)

t_L : toplam kayıp süre (saniye)

y : sarı süre (saniye)

r_h : hep kırmızı süre (saniye)

- Minimum gecikme dikkate alınarak optimum periyot süresi aşağıda formül ile hesaplanmaktadır.

$$C_o = \frac{1.5L + 5}{l - \sum x_i} = \frac{1.5(nl + r_h) + 5}{l - \sum x_i}$$

C_o : optimum periyod (saniye)

L : kayıp süre (saniye)

n : faz sayısı

l : kalkıştaki kayıp süre (saniye)

r_h : tüm kırmızı süre (genellikle 1 veya 2 saniye)

x_i : tasarım akımının i ' inci fazdaki doyum akımına oranı

- Otomobil eşdeğer faktörü kullanılarak trafik kompozisyonu içerisindeki araçlar otomobil hacmine dönüştürülür. Otomobil eşdeğer faktörü Tablo 2' de verilmiştir.

Tablo 2. Otomobil eşdeğer faktörü

Vasıta türleri ve dönüşler	Otomobil eşdeğer faktörü
Otomobil	1
Ağır vasıta	1,5
Sola dönüş yapan vasıtalar	1,6
Sağa dönüş yapan vasıtalar	1 ile 1,4 arasında

- Tasarım saatlik hacmi, zirve saat içindeki maksimum akımı temsil etmektedir. Aşağıdaki çizelge ve formül yardımıyla hesaplanır.

Tablo 3. Şerit kullanım faktörü

Şeritteki trafik akım yönü	Şerit sayısı	Şerit kullanım yüzde sınırları	Şerit kullanım faktörü (U)
Sapmayan veya paylaşılan	1	100	1,00
	2	52,5	1,05
	≥ 3	36,7	1,10
Özel sol dönüş şeridi	1	100	1,00
	≥ 2	51,5	1,03
Özel sağ dönüş şeridi	1	100	1,00
	≥ 2	56,5	1,13

$$V = TSH \times U = \frac{\text{Zirve Saat Hacmi}}{ZSF} \times U$$

V : şerit sayısına göre düzeltilmiş talep akımı (araç/saat)

U : şerit kullanım faktörü (Tunç 2013).

Çalışma Alanı

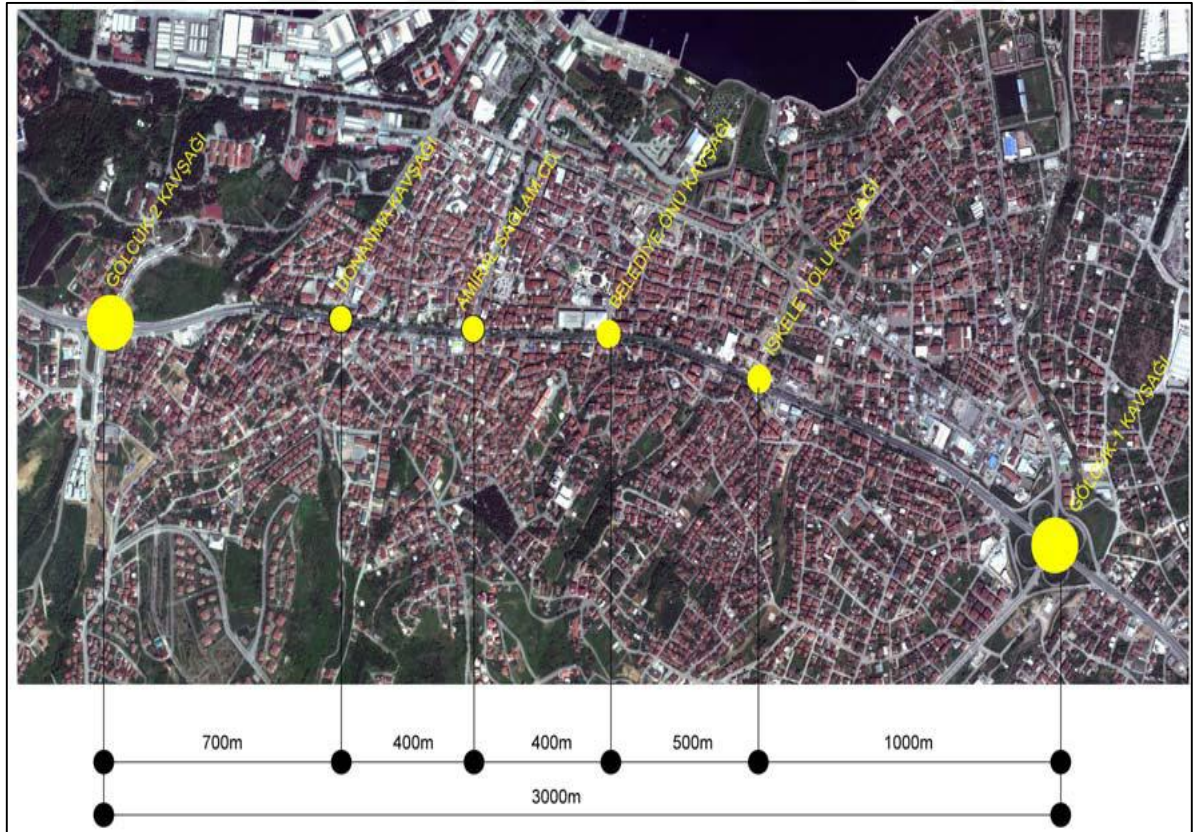
Çalışma alanı, İzmit Yalova D130 Devlet yolunun Gölcük Şehir Geçişini kapsamaktadır.

Gölcük şehri, İzmit Körfezi'nin güney kıyılarında ve körfezin doğu tarafına doğru, genişliği 2 km'ye varan bir boğum üzerine kurulmuştur. Şehir, çevresindeki bağ, bahçe ve buralardaki meskenlerle beraber Samanlı Dağlarının kuzey yamaçlarına kadar uzanmaktadır.

Şehrin idari sınırlarını, doğuda Başiskele ilçe belediyesi, batıda Karamürsel ilçe belediyesi, güneyde Bursa ili İzmit ilçesi oluşturmaktadır. Şehrin kuzeyinde ise İzmit Körfezi bulunmaktadır. Körfezin doğal liman olmasından ötürü eski çağlardan itibaren başlayan tersane kurma alışkanlığı, Bizanslılar döneminde, Osmanlılar döneminde olduğu gibi Cumhuriyet döneminde de devam etmiştir ve Gölcük'ün modern bir şehir olarak gelişmesine de 1927 yılında temeli atılan Gölcük Tersanesi neden olmuştur.

Coğrafi konumunun uygunluğu bakımından, askeri tersanenin burada kurulmasıyla beraber, Gölcük hızlı bir şehirleşme süreci içine girmiş ve 1940'lı yıllarda nüfusu, 5000 civarındayken – asrın felaketi diye nitelenen 17 Ağustos depremine rağmen – 2014 yılı itibarıyla 149.000 seviyesine ulaşan ve hızla gelişen bir şehir haline gelmiştir. İlçenin arazisi yaklaşık 228 km² olup toplam 50 mahalle bulunmaktadır.

Gölcük Şehir Geçişi İzmit yönünden geliş istikametine göre KM=19+000'da Gölcük-1 KöprülÜ Kavşağı ile başlamakta, KM=22+000'da Gölcük-2 kavşağı ile sonlanmaktadır. Toplam şehir geçişi yaklaşık 3 km'dir.



Şekil 8. Çalışmaya konu olan proje koridoru mevcut durum

Mevcut durumda koridor boyunca 4 adet sinyalize kavşak bulunmaktadır. Kavşaklar arası mesafe 400-500 m olup oldukça yakındır. Batı yönünden Doğu yönüne doğru kavşakların uydu görüntüleri aşağıda verilmiştir. Şekil 9’ da Donanma kavşağının uydudan görüntüsü verilmiştir. Donanma kavşağı dört kollu kavşak özelliğindedir.



Şekil 9. Donanma Kavşağı (Google Earth)

Şekil 10’da Mobil kavşağının uydu görüntüsü verilmiştir. Mobil kavşağı dört kollu kavşak özelliğinde olup Donanma kavşağından sonraki kavşaktır.



Şekil 10. Mobil Kavşağı (Google Earth)

Şekil 11’ de Belediye önü kavşağının uydudan görüntüsü verilmiştir. Belediye önü kavşağı üç kollu kavşak özelliğinde olup Mobil kavşağından sonraki kavşaktır.



Şekil 11. Belediye Önü Kavşağı (Google Earth)

Şekil 12’ de İskele Yolu kavşağının uydudan görüntüsü verilmiştir. İskele yolu kavşağı en doğudaki kavşak olup üç kollu kavşak özelliğindedir.



Şekil 12. İskele Yolu Kavşağı (Google Earth)

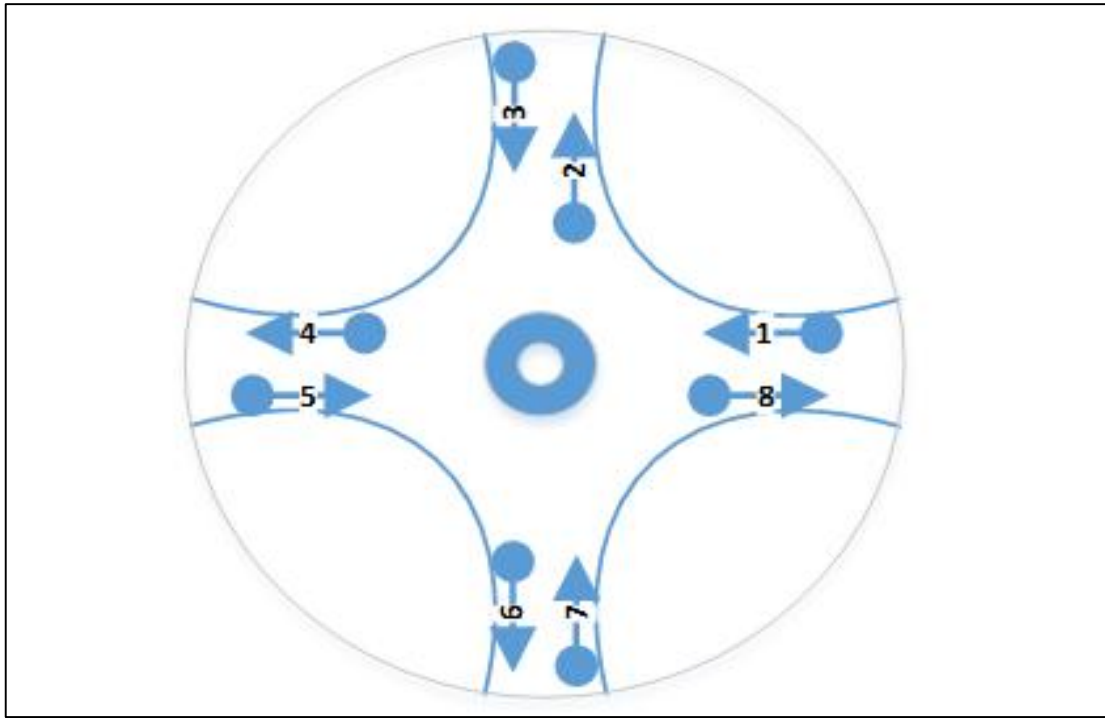
Kavşakların Bursa-İzmit arası koridor üzerinde bulunmaları ve bölgenin sanayi bölgesi olması sebebiyle pik saatlerde yüksek yoğunlukta trafiğe hizmet vermekte ayrıca sabah ve akşam saatlerinde trafikte tıkanıklıklar meydana gelmektedir. Trafik yoğunluğundaki artışla beraber seyahat güvenliği azalmakta ve trafik kazaları meydana gelmektedir.

ARAŞTIRMA BULGULARI

Projeye konu olan Gölcük Kent Geçişi koridorundaki trafiğin mikrosimülasyon programıyla modellenmesi için, veri toplanması, mikrosimülasyon yapılması ve kalibrasyonu ile yakıt tüketimi, CO ve NO salınımları, seyahat süreleri, gecikmeler, kuyruk uzunlukları sonuçlarının karşılaştırılması şeklinde üç aşamalı bir süreç izlenmiştir.

Veri Toplanması

Trafik yönetimi hususunda en önemli konulardan biri trafik verilerinin toplanması ve analiz edilmesidir. Çalışmaya konu olan koridorda trafiği İzmit-Yalova ve Yalova -İzmit yönlerinde seyahat eden araçlar oluşturmaktadır. Çalışma alanı Kocaeli Büyükşehir Belediyesi ve Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından gerçekleştirilen birçok çalışmaya konu olmuştur. Çalışma alanındaki kavşaklara ait trafik sayımları Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Etüt Proje Daire Başkanlığından temin edilmiştir. Trafik sayımları 2014 yılında planlanan bir projeye ait olup çalışmamızda bu değerler nüfus artış hızı ve araç sahipliliği oranı göz önüne alınarak %10 oranında artırılıp kullanılmıştır. Sayımlar sabah 08:00-09:00, öğlen 12:00-13:00, akşam 17:30-18:30 pik saatleri arasında yapılmıştır. Trafik akımının en yoğun olduğu saatler arasındaki araç sayıları hesaplarda kullanılmıştır. Çalışma koridoru üzerinde bulunan kavşaklara ait sayım sonuçları Tablo 4, Tablo 5, Tablo 6 ve Tablo 7 de gösterilmiştir.



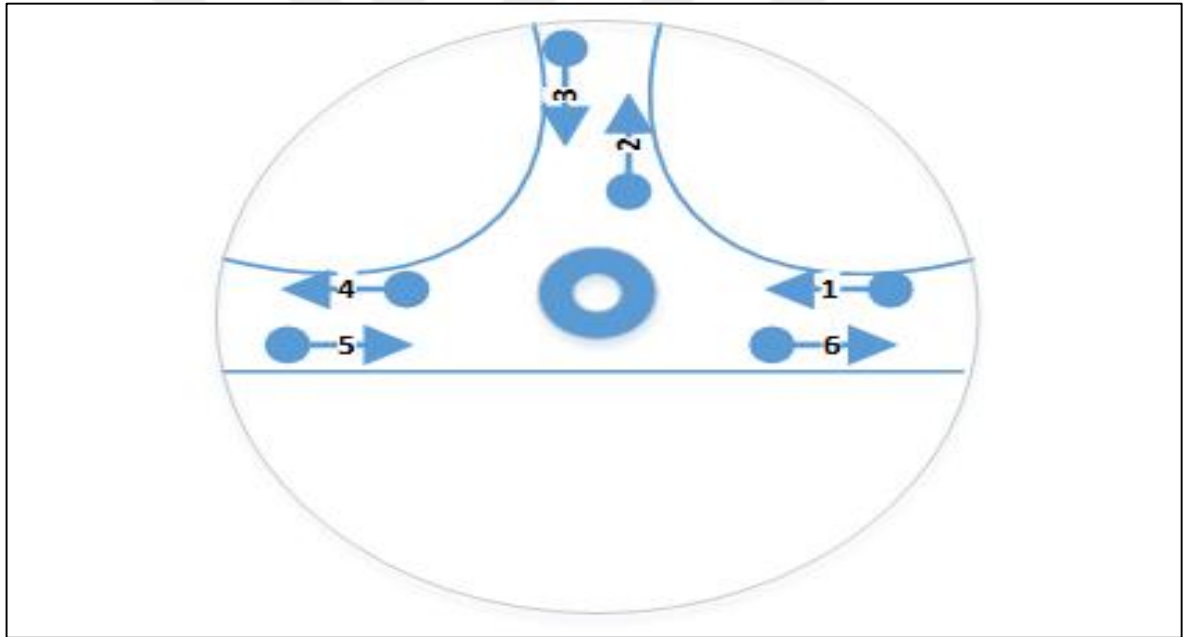
Şekil 13. Donanma ve mobil kavşakları hareket yönleri

Tablo 4. Donanma kavşağı pik saat sayımları

1. KOL			3. KOL			5. KOL			7. KOL		
Rota	Hacim	Oran	Rota	Hacim	Oran	Rota	Hacim	Oran	Rota	Hacim	Oran
2	150	0,08	4	352	0,46	4	4	0	8	192	1
4	1830	0,92	8	221	0,29	2	342	0,14			
			6	195	0,25	6	63	0,03			
						8	2019	0,83			
Toplam	1980		768			2428			192		

Tablo 5. Mobil kavşağı pik saat sayımları

1. KOL			3. KOL			5. KOL			7. KOL		
Rota	Hacim	Oran	Rota	Hacim	Oran	Rota	Hacim	Oran	Rota	Hacim	Oran
2	362	0,17	4	124	0,31	2	312	0,14	8	30	0,32
4	1746	0,83	8	275	0,69	6	91	0,04	2	44	0,47
						8	1840	0,82	4	19	0,2
Toplam	2108		399			2243			93		

**Şekil 14.** Belediye önü ve iskele yolu kavşakları hareket yönleri**Tablo 6.** Belediye önü kavşağı pik saat sayımları

1. KOL			3. KOL			5. KOL		
Rota	Hacim	Oran	Rota	Hacim	Oran	Rota	Hacim	Oran
2	113	0,06	4	69	0,47	4	21	0,01
4	1898	0,94	6	77	0,53	2	106	0,05
						6	1886	0,94
Toplam	2011		146			2013		

Tablo 7. İskele yolu kavşağı pik saat sayımları

1. KOL			3. KOL			5. KOL		
Rota	Hacim	Oran	Rota	Hacim	Oran	Rota	Hacim	Oran
2	109	0,05	4	142	0,32	4	44	0,02
4	2130	0,95	6	297	0,68	2	302	0,14
						6	1836	0,84
Toplam	2239			439			2182	

Simülasyon Modelinin Oluşturulması ve Kalibrasyonu

Çalışmaya konu olan koridor boyunca yol platformunun özellikleri, (şerit sayısı, şerit genişliği, kavşaklara katılma ve ayrılma açıları vb.) PTV firmasından bu çalışma için 6 aylık süre için alınan, 130-1821473790 seri numaralı tez lisansına sahip VISSIM programına aktarılmıştır.

Simülasyon programına kavşakların, sinyal optimizasyonlu durumları (platform özellikleri mevcut durum ile aynı), dönel kavşak durumları, altgeçit durumları Taguchi L_9 ortogonal dizisine göre işlenmiştir ve 9 adet senaryo oluşturulmuştur. Buradan dört farklı kavşak ve her kavşak için üç farklı kavşak tipi kullanılmıştır. Tam faktöriyel tasarım yapılması durumunda $3^4 = 81$ farklı durum için simülasyon yapılması gerekirken, Taguchi Metodu L_9 ortogonal dizisi kullanılarak 9 simülasyonla 81 durum tahmin edilmektedir.

Tablo 8. L_9 ortogonal dizisine göre oluşturulan senaryolar

Senaryo No.	Donanma Kavşağı	Mobil Kavşağı	Belediye Önü Kavşağı	İskele Yolu Kavşağı
1	Sinyal Opt. Durum	Sinyal Opt. Durum	Sinyal Opt. Durum	Sinyal Opt. Durum
2	Sinyal Opt. Durum	Dönel Kavşak	Dönel Kavşak	Dönel Kavşak
3	Sinyal Opt. Durum	Altgeçit	Altgeçit	Altgeçit
4	Dönel Kavşak	Sinyal Opt. Durum	Dönel Kavşak	Altgeçit
5	Dönel Kavşak	Dönel Kavşak	Altgeçit	Sinyal Opt. Durum
6	Dönel Kavşak	Altgeçit	Sinyal Opt. Durum	Dönel Kavşak
7	Altgeçit	Sinyal Opt. Durum	Altgeçit	Dönel Kavşak
8	Altgeçit	Dönel Kavşak	Sinyal Opt. Durum	Altgeçit
9	Altgeçit	Altgeçit	Dönel Kavşak	Sinyal Opt. Durum

Aşağıdaki şekillerde kavşakların sinyal optimizasyonlu durumlarının VISSIM ortamındaki 3 boyutlu görünümü verilmiştir. Sinyal optimizasyonu yapılırken yol platform özellikleri değiştirilmemiştir. Dolayısıyla şekiller aynı zamanda kavşakların mevcut durumlarını da göstermektedir.

Şekil 15’te Donanma kavşağının sinyal optimizasyonlu durumunun simülasyon ortamındaki üç boyutlu gösterimi verilmiştir. Kavşağın güney kolunda herhangi bir sinyal sistemi bulunmamaktadır. Güney yönünden gelen araçların ana yola güvenli katılımını sağlamak amacıyla burada “Yol-ver” trafik işareti bulunmaktadır.



Şekil 15. Donanma kavşağı sinyal optimizasyonlu durumu

Şekil 16’ da Mobil kavşağının üç boyutlu görünümü verilmiştir. Donanma kavşağında olduğu gibi Mobil kavşağında da Güney kolunda sinyalizasyon sistemi bulunmamaktadır. Anayola güvenli katılımı sağlamak için “Yol-ver” trafik işareti bulunmaktadır.



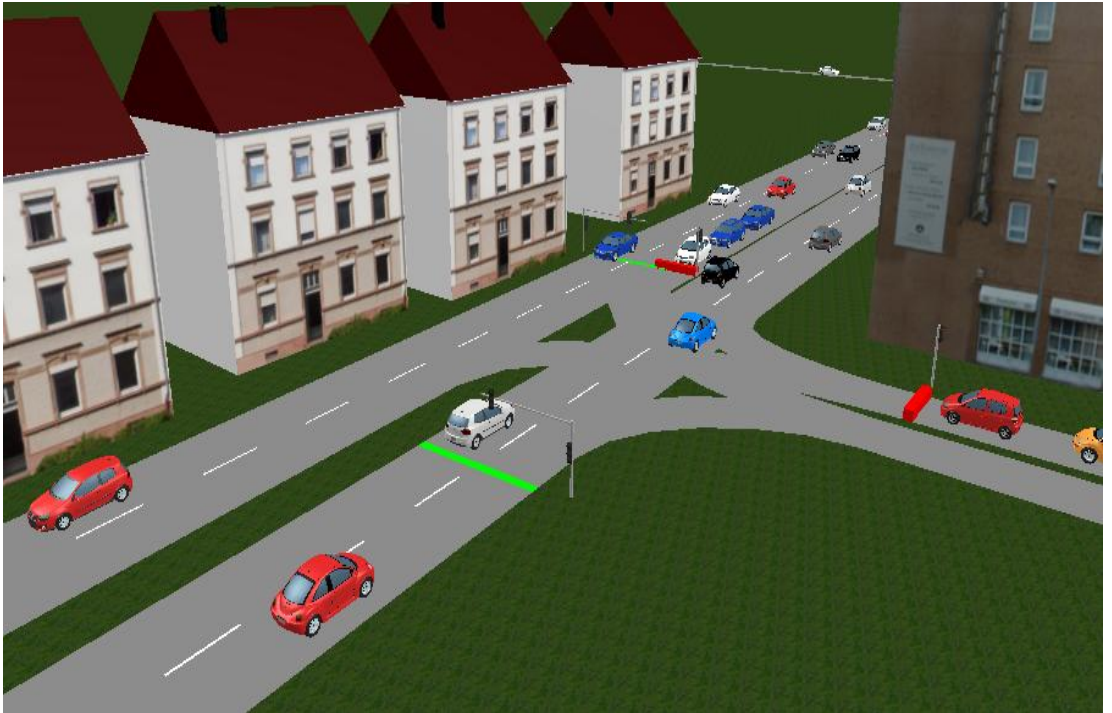
Şekil 16. Mobil kavşağı sinyal optimizasyonlu durumu

Şekil 17’ de Belediye Önü kavşağının sinyal optimizasyonlu durumunun VISSIM ortamındaki üç boyutlu görüntüsü verilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere kavşak üç kollu olup her kavşak kolunda sinyalizasyon sistemi vardır.



Şekil 17. Belediye Önü kavşağı sinyal optimizasyonlu durumu

İskele Yolu kavşağı ile belediye Önü kavşakları yaklaşık olarak benzer özelliklere sahiptir. Şekil 18’de İskele Yolu kavşağının mikrosimülasyon ortamındaki üç boyutlu görüntüsü verilmiştir.



Şekil 18. İskele Yolu kavşağı sinyal optimizasyonlu durumu

Aşağıdaki şekillerde kavşakların dönel kavşak durumlarının mikrosimülasyon ortamındaki üç boyutlu görünümü verilmiştir. Şekil 19’ da Donanma kavşağının dönel kavşak durumu gösterilmektedir.



Şekil 19. Donanma kavşağı dönel kavşak durumu

Şekil 20’de Mobil kavşağının dönel kavşak durumu gösterilmektedir. Dönel kavşaklarda araçların güvenli bir şekilde hareket etmelerini sağlamak amacıyla kavşağa girmek üzere olan araçların, kavşak içerisindeki araçlara öncelik hakkı vermesini sağlayan “Yol-ver” trafik işareti kullanılmıştır.



Şekil 20. Mobil kavşağı dönel kavşak durumu



Şekil 21. Belediye Önü kavşağı dönel kavşak durumu

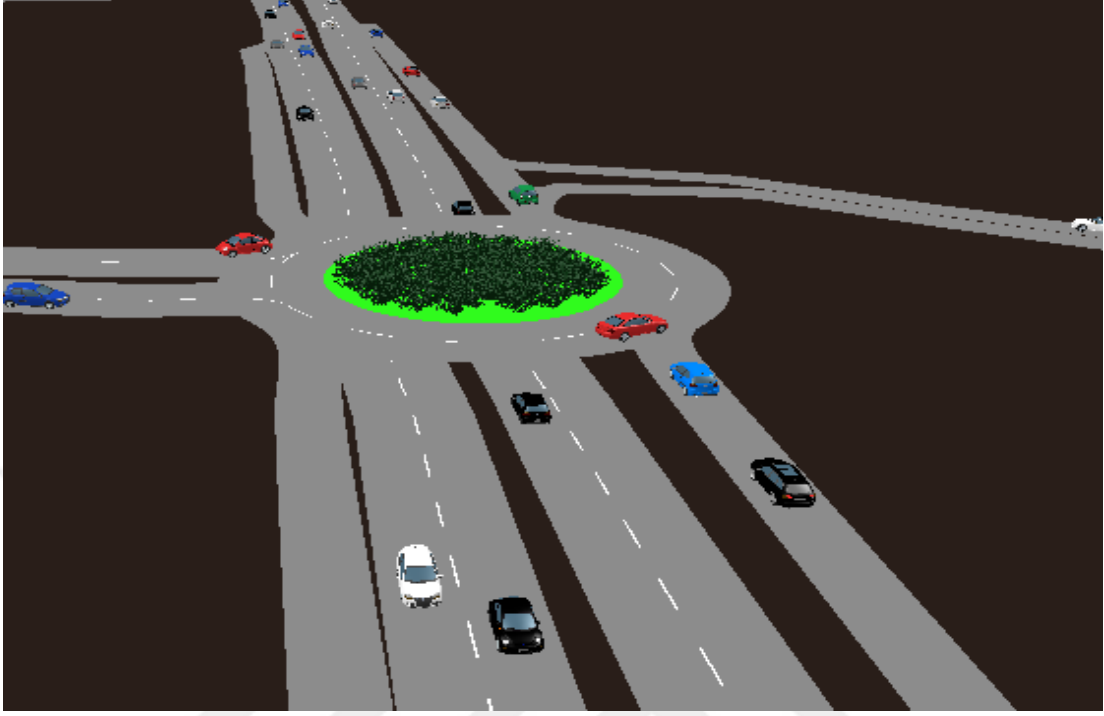
Şekil 21 ve 22’de Belediye Önü ve İskele Yolu kavşaklarının dönel kavşak durumları birbirine benzer olup simülasyon ortamındaki üç boyutlu görünüşleri verilmiştir. Dönel kavşaktan sağa veya sola dönmeyip düz devam eden araçların, trafik güvenliği açısından dairesel bir yörünge izlemeleri sağlanmıştır.



Şekil 22. İskele Yolu kavşağı dönel kavşak durumu

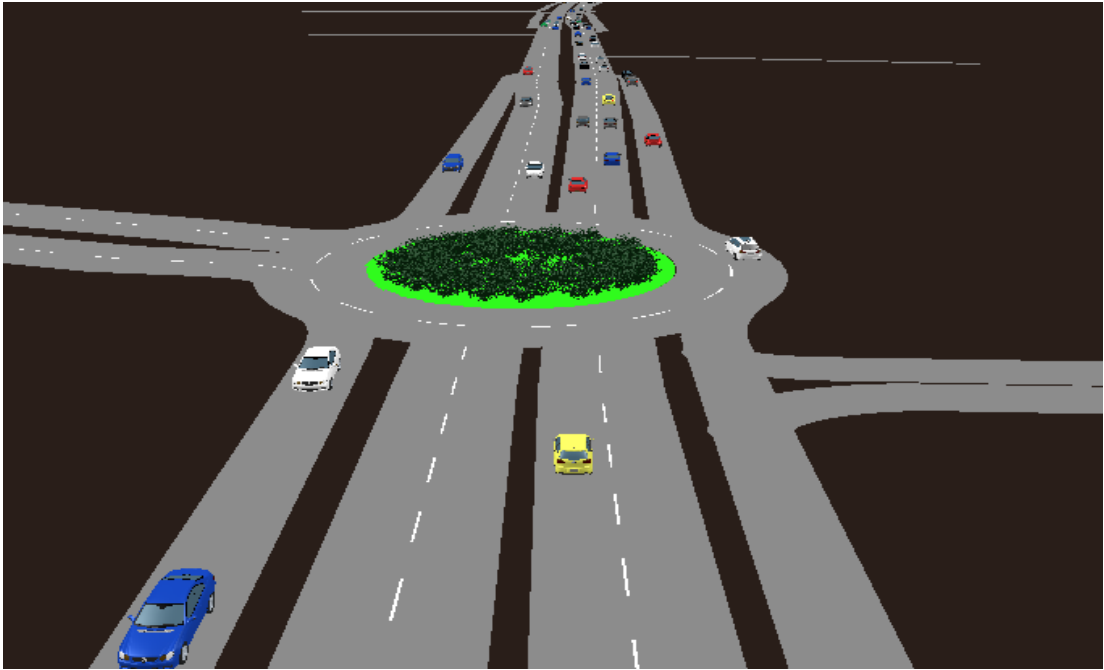
Kavşakların altgeçit durumlarının 3 boyutlu olarak VISSIM simülasyon ortamındaki görünüşleri aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.

Donanma kavşağının altgeçit durumu Şekil 23’ te gösterilmektedir. Tüm kavşaklarda, alt geçidin üzerine kuzey ya da güney yönüne hareket edecek araçların yönlendirilmesini sağlayan dönel kavşak konulmuştur.

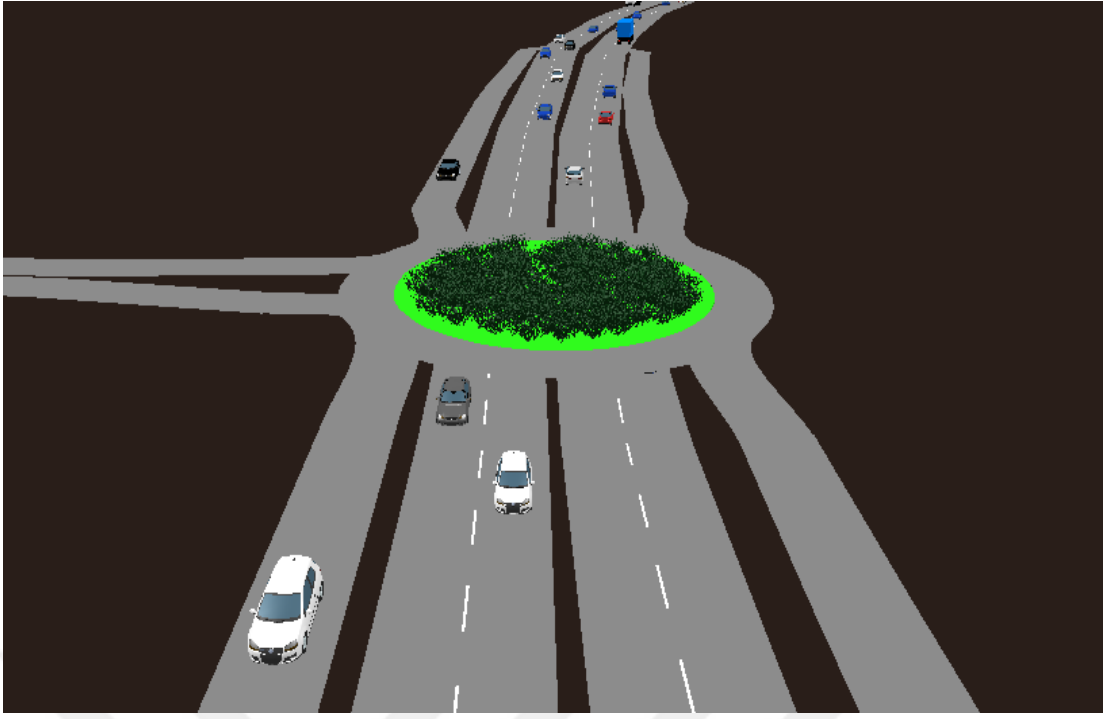


Şekil 23. Donanma kavşağı altgeçit durumu

Donanma ve Mobil kavşaklarında kuzey ve güney yönlerindeki trafik Belediye Önu ve İskele Yolu kavşaklarına nazaran daha fazla olduğu için altgeçidin üzerindeki dönel kavşak çift şeritli olacak biçimde tasarlanmıştır.

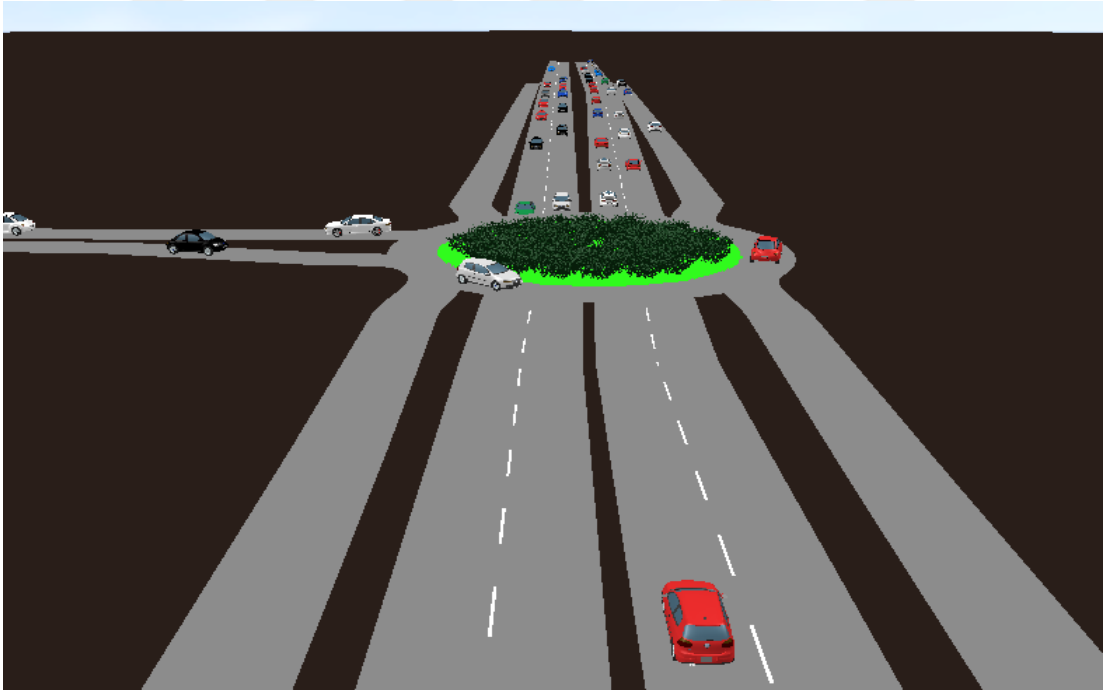


Şekil 24. Mobil kavşağı altgeçit durumu



Şekil 25. Belediye Önü kavşağı altgeçit durumu

Şekil 25 ve 26’ da Belediye Önü ve İskele Yolu kavşaklarının alt geçit durumlarının simülasyon ortamındaki üç boyutlu görünümü verilmiştir. Anayola katılma bölgelerinde anayolda hareket eden araçlara öncelik hakkı tanıyan “Yol-ver” trafik işareti konulmuştur.



Şekil 26. İskele Yolu kavşağı altgeçit durumu

Yol platform özellikleri VISSIM programına girilirken araçların simülasyon sırasında trafik kurallarına göre hareket etmelerini sağlamak amacıyla dönel kavşak içerisindeki araçlara öncelik veren ve sinyal sistemi bulunmayan kavşak kollarında anayoldan gelen araçlara öncelik hakkı veren kurallar yerleştirilmiştir. Ayrıca dönel kavşak içerisinde sağlıklı akışı sağlamak

için kavşaa ğa yaklaşan ve kavşak içerisinde hareket eden araçların hızlarını azaltmayı sağlayan hız azaltma bölgeleri yerleştirilmiştir.

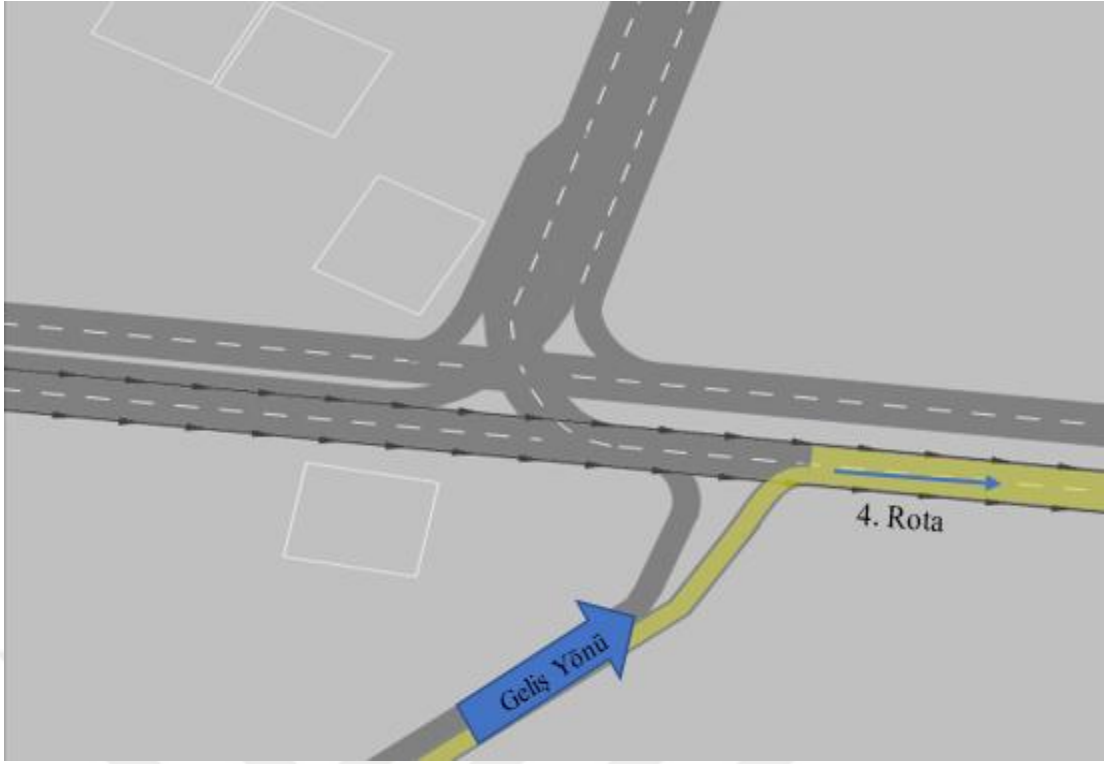
Yol platform zelliklerinin VISSIM ortamına girilmesinin ardından, sayımlar sonucunda elde edilen trafik hacimleri sisteme işlenmiştir. Akabinde, sistemdeki araçların nasıl hareket ettiklerini tanımlamak için simülasyon sistemine rotalar girilmiştir. Aşağıdaki şekillerde kavşakların mevcut durumları üzerinden rotalar gösterilmiştir. Dönel kavşak ve altgeçit durumlarında rotalar değişmemekte, araçlar yol platformunun durumuna göre hareket etmektedirler.

şekil 27’ de Donanma kavşağına Bursa yönünden gelen araçların kavşakta izleyebileceği rotalar gösterilmiştir. Donanma kavşağına farklı yönlerden giren araçların izleyebileceği toplam 9 adet rota vardır.



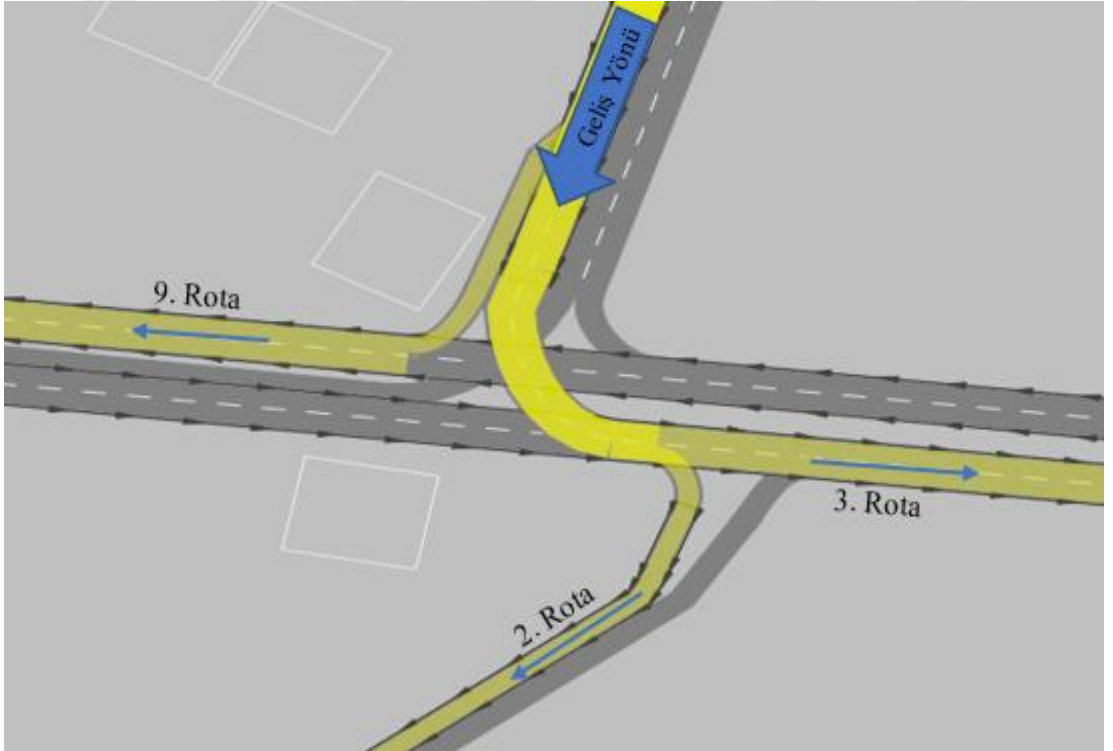
şekil 27. Donanma kavşağına Bursa yönünden gelen araçların rotaları

şekil 28’ de Donanma kavşağına Yüksek Okul yönünden giren araçların izleyebileceği rotalar gösterilmiştir.



Şekil 28. Donanma kavşağına Yüksek Okul yönünden gelen araçların rotaları

Donanma kavşağına Donanma Komutanlığı yönünden gelen araçların kavşak içerisinde izleyebilecekleri rotalar Şekil 29’ da gösterilmiştir. Akşam pik saatlerinde bu yönde uzun kuyruk uzunlukları oluşmaktadır.



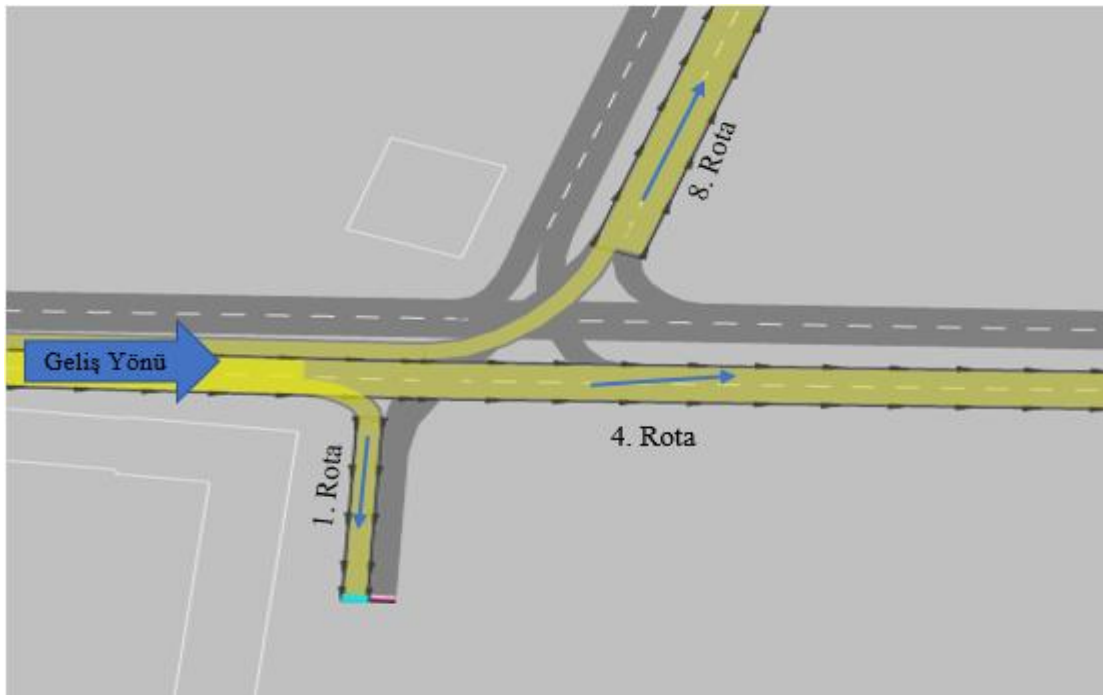
Şekil 29. Donanma kavşağına Donanma Komutanlığı yönünden gelen araçların rotaları

Mobil kavşağından gelip Donanma kavşağına giriş yapan araçların Donanma kavşağında izleyebileceği rotalar Şekil 30’ da gösterilmiştir.

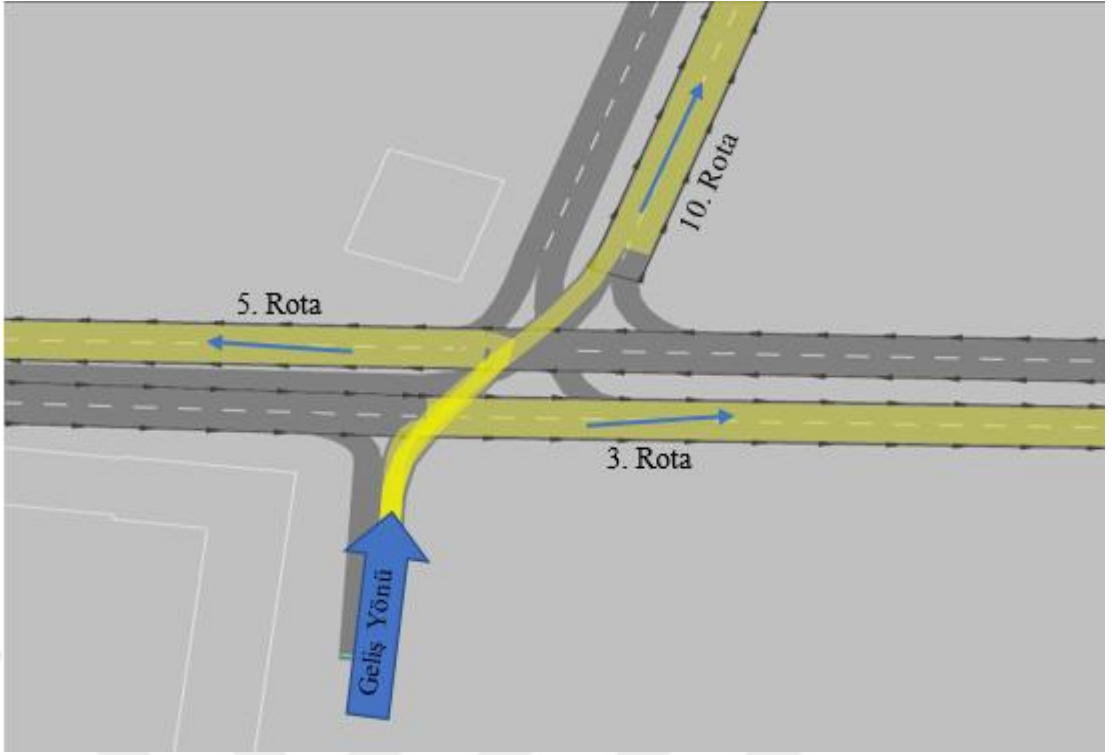


Şekil 30. Donanma kavşağına Mobil Kavşağından gelen araçların rotaları

Aşağıdaki şekillerde Mobil kavşağına ait rotalar gösterilmiştir. Mobil kavşağına farklı yönlerden giriş yapan araçların izleyebileceği toplam 10 adet rota vardır. Gölcük ilçesi şehir merkezine gitmek için genellikle Mobil kavşağı kullanılmaktadır bu nedenle yoğunluğun fazla olduğu bir kavşaktır.

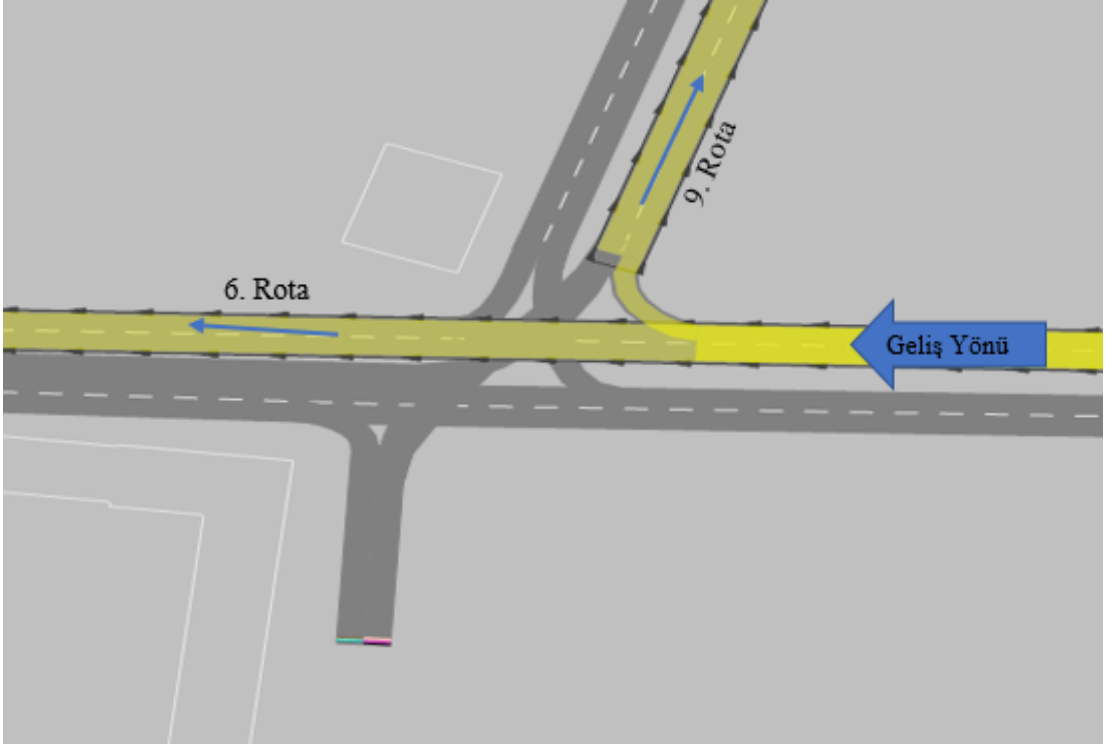


Şekil 31. Mobil kavşağına Donanma Kavşağından gelen araçların rotaları



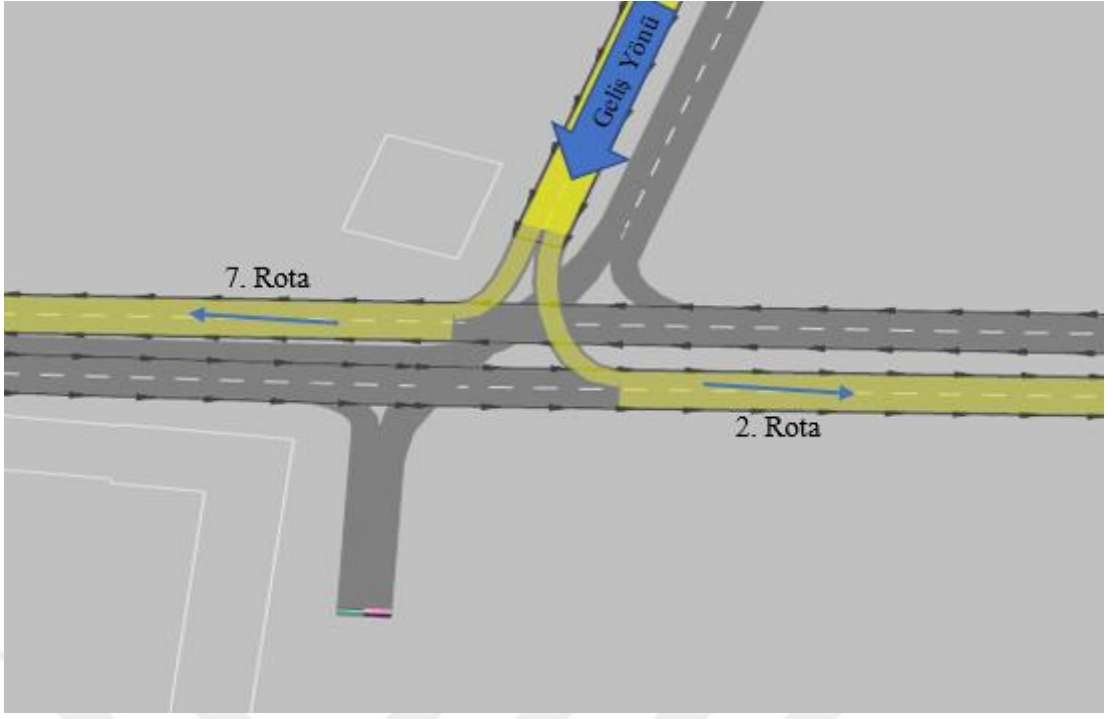
Şekil 32. Mobil kavşağına Yeni Mahalle yönünden gelen araçların rotaları

Mobil kavşağına Yeni Mahalle yönünden gelen araçların izleyebileceği rotalar Şekil 32’ de, Belediye Önü kavşağı yönünden gelen araçların izleyebileceği rotalar Şekil 33’ te gösterilmiştir.



Şekil 33. Mobil kavşağına Belediye Önü Kavşağından gelen araçların rotaları

Şekil 34’ te Mobil kavşağına Şehir Merkezi yönünden gelen araçların izleyebileceği rotalar gösterilmiştir.

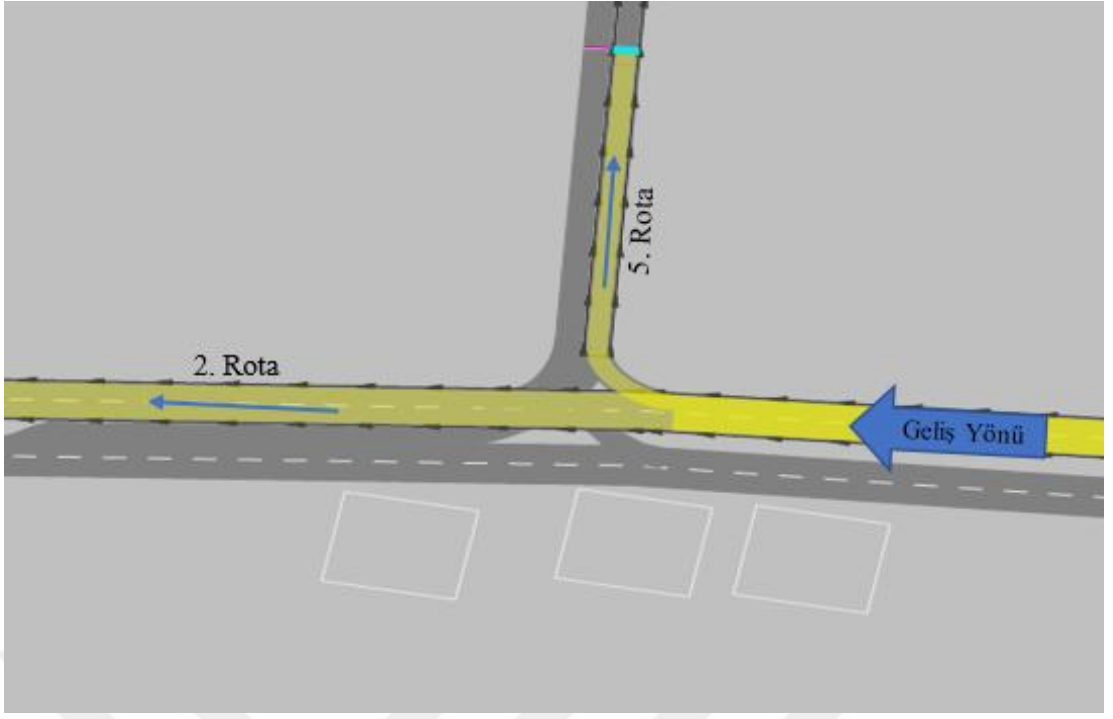


Şekil 34. Mobil kavşağına Şehir Merkezi yönünden gelen araçların rotaları

Aşağıdaki şekillerde Belediye önü kavşağına ait rotalar gösterilmiştir. Belediye önü kavşağına farklı yönlerden giriş yapan araçların izleyebileceği toplam 7 adet rota bulunmaktadır. Şekil 35’ te Belediye Önü kavşağına Mobil kavşağı yönünden gelen araçların izleyebileceği rotalar gösterilmiştir.

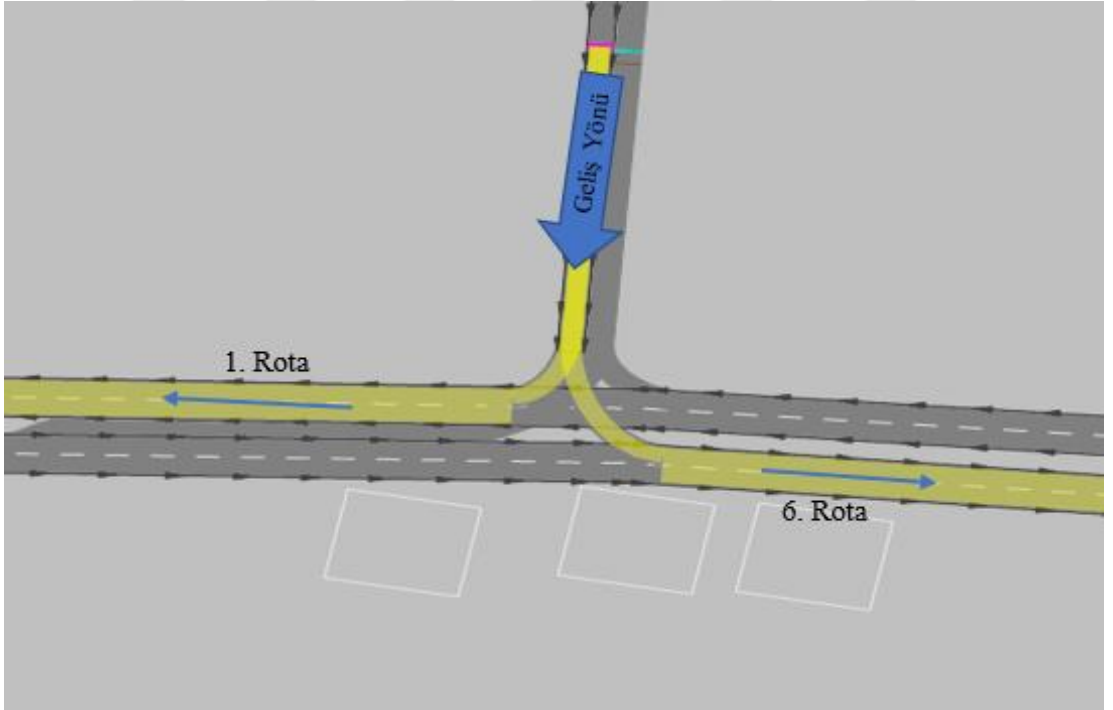


Şekil 35. Belediye önü kavşağına Mobil Kavşağından gelen araçların rotaları



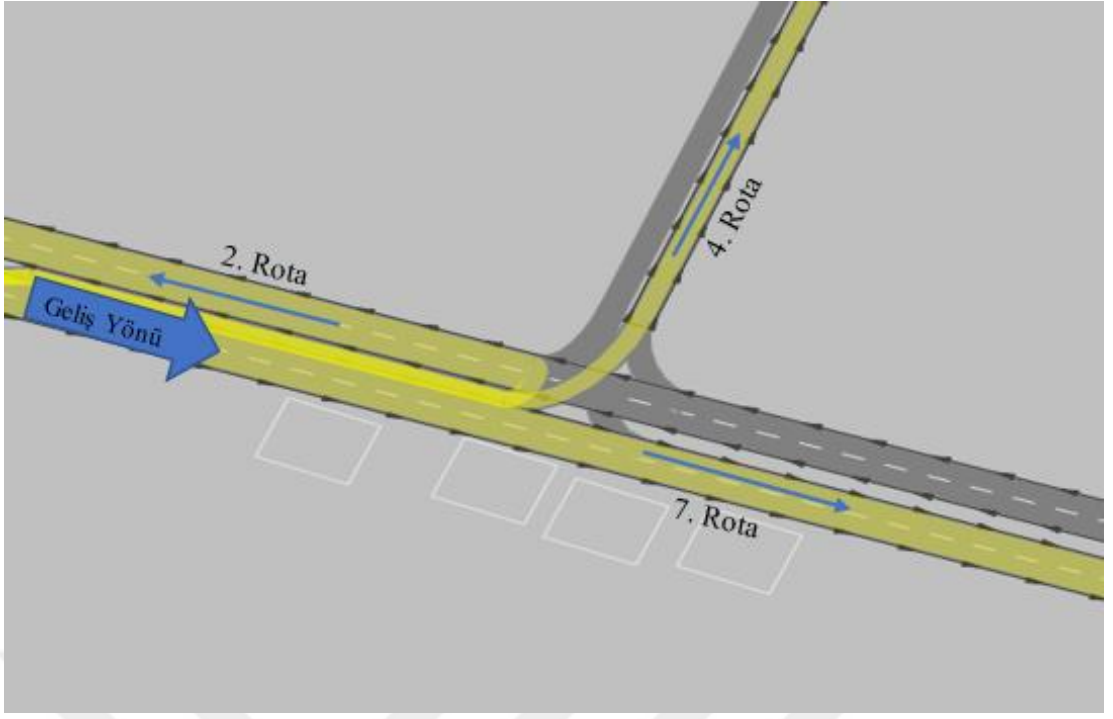
Şekil 36. Belediye önü kavşağına İskele Yolu Kavşağından gelen araçların rotaları

Belediye Önü kavşağına İskele Yolu kavşağı ve Otopark yönünden gelen araçların izleyebileceği rotalar Şekil 36 ve 37’ de gösterilmiştir. Belediye Önü kavşağı diğer kavşaklara nazaran daha az yoğunluğa sahip bir kavşaktır.



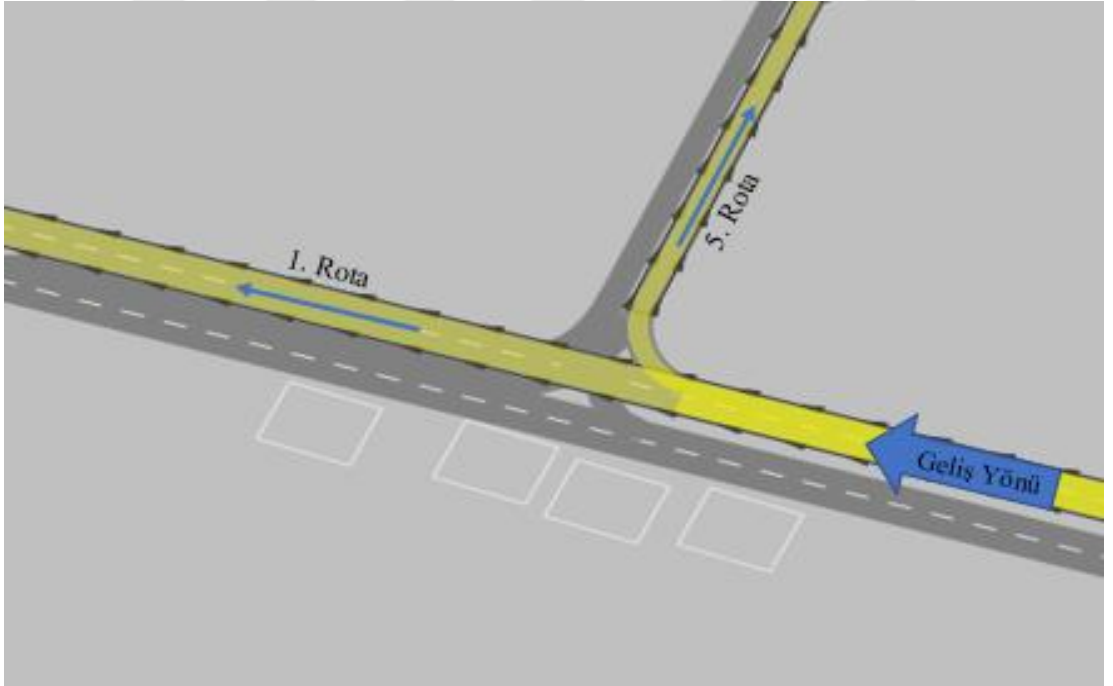
Şekil 37. Belediye önü kavşağına Otopark yönünden gelen araçların rotaları

Aşağıdaki şekillerde İskele Yolu kavşağına ait rotalar gösterilmiştir. Belediye Önü kavşağındaki gibi İskele Yolu kavşağında da farklı yönlerden gelen araçların izleyebileceği toplam 7 adet rota bulunmaktadır.



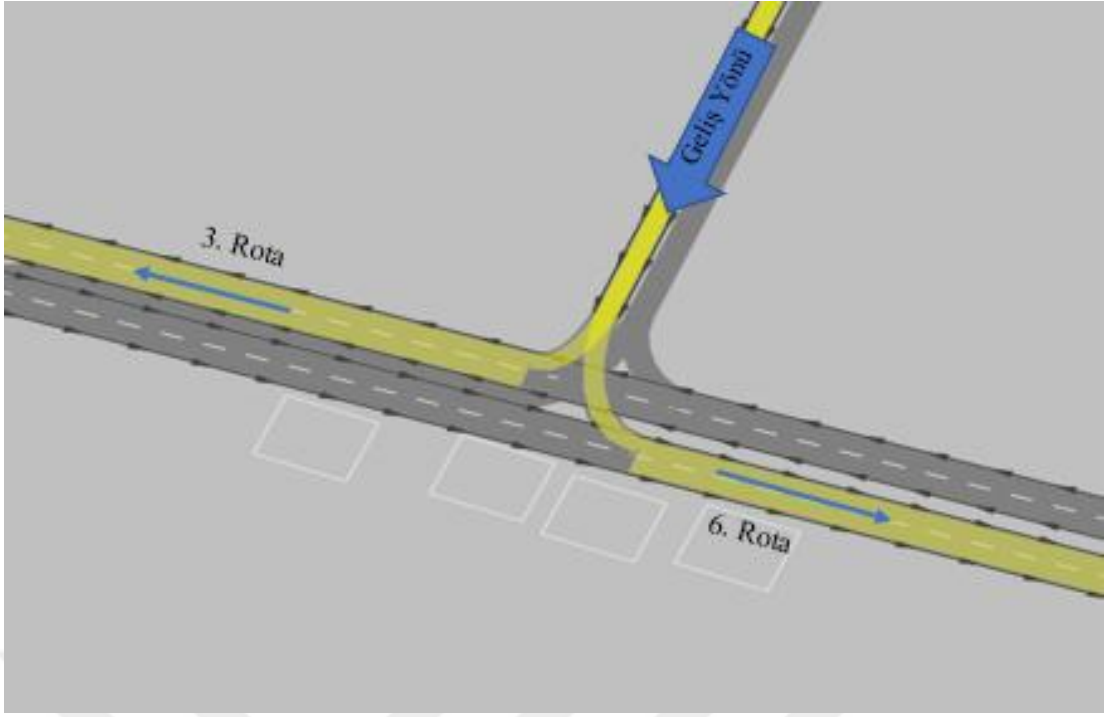
Şekil 38. İskele yolu kavşağına Belediye Önü Kavşağından gelen araçların rotaları

Şekil 38 ve 39’ da İskele Yolu kavşağına Belediye Önü kavşağından ve İzmit yönünden gelen araçların izleyebileceği rotalar gösterilmiştir. Pik saatlerde İskele Yolu kavşağına Sahil yönünden gelişte uzun kuyruk uzunluğu oluşmaktadır.



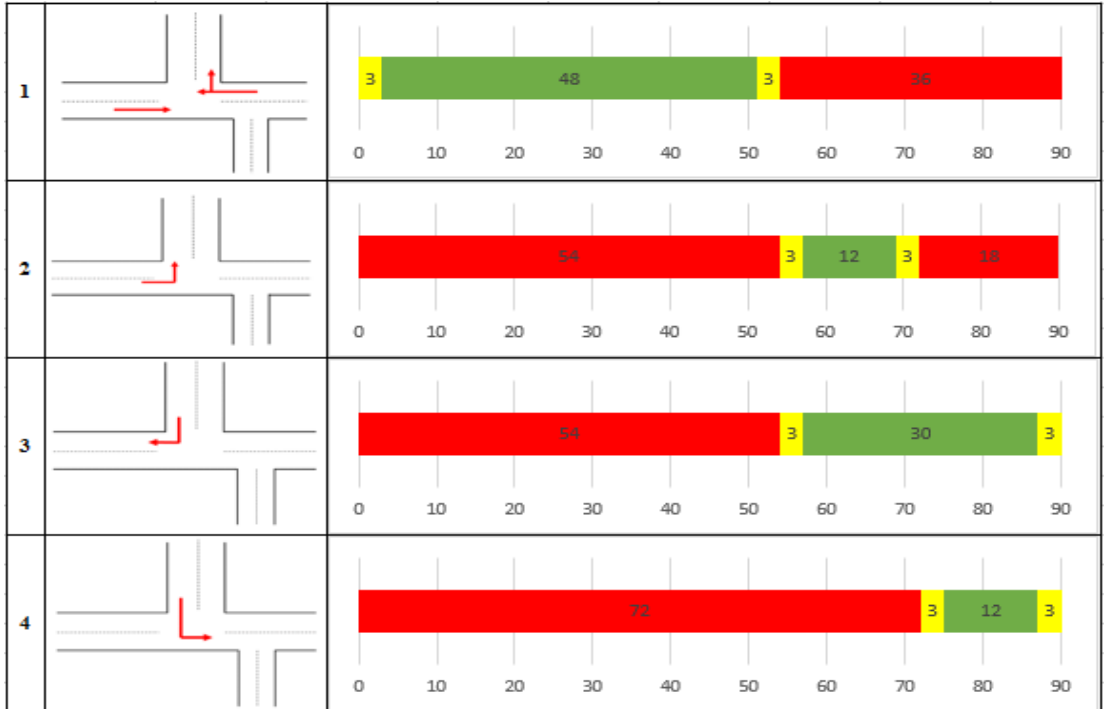
Şekil 39. İskele yolu kavşağına İzmit yönünden gelen araçların rotaları

Şekil 40’ ta Sahil yönünden İskele Yolu kavşağına giren araçların izleyebileceği rotalar gösterilmiştir.



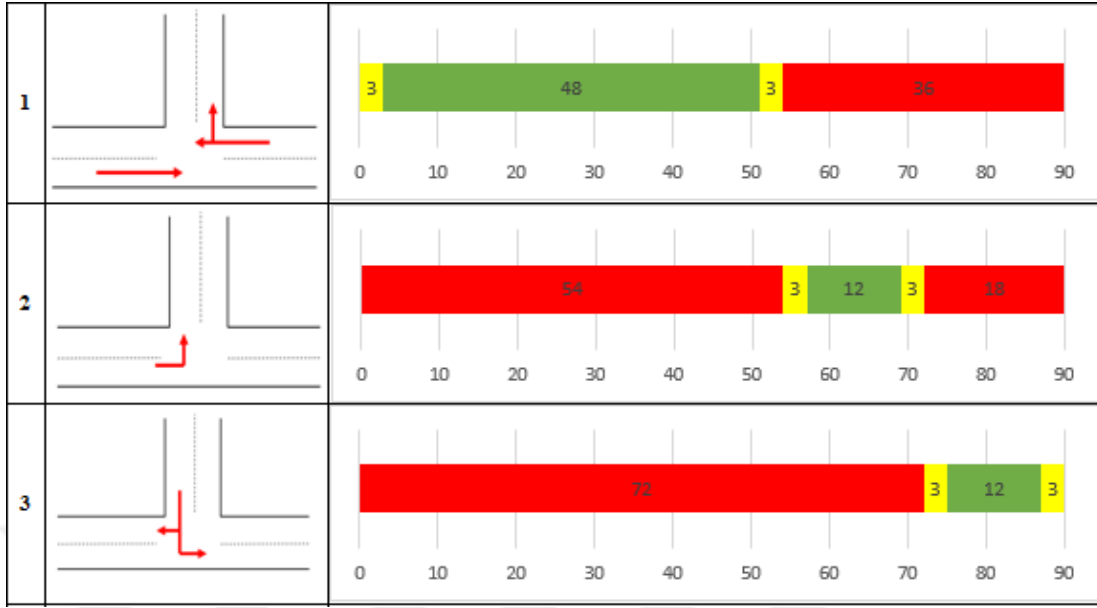
Şekil 40. İskele yolu kavşağına Sahil yönünden gelen araçların rotaları

Araç sayıları takip ettikleri rotalara göre sisteme girildikten sonra, kavşakların sinyal sürelerinin simülasyon sistemine tanıtılması gerekmektedir. Çalışmaya konu olan kavşakların sinyalizasyon sistemleri 90 saniyelik bir döngü süresine sahiptir. Donanma ve Mobil kavşaklarının sinyal süreleri birbirleriyle aynıdır, Şekil 41’ de kavşak yönlerinin döngü içerisindeki kırmızı, sarı ve yeşil ışık süreleri verilmiştir.



Şekil 41. Donanma ve Mobil Kavşağı sinyal programı

Belediye Önü ve İskele Yolu kavşaklarının sinyal süreleri birbirleriyle aynıdır, Şekil 42’ de kavşak yönleriyle beraber döngü içerisindeki kırmızı, sarı ve yeşil ışık süreleri verilmiştir.



Şekil 42. Belediye Önü ve İskele Yolu Kavşağı sinyal programı

Sahadan toplanan tüm veriler simülasyon ortamına girildikten sonra model çalıştırılır, eğer hatalar varsa düzeltilir.

Kurulan simülasyon modelinin başarılı olduğunu söyleyebilmemiz gerçeği ne kadar yansıtabildiğine bağlıdır. Dolayısıyla gerçek ölçümler ile simülasyondan alınan ölçümlerin karşılaştırılması gerekmektedir. Simülasyon modelinin kalibrasyonu için farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu çalışmada kalibrasyon için, çalışma sahasında belirli kesimlerde yapılan sayımlar parametre olarak kabul edilmiştir. Simülasyon programından trafik hacimlerini almak için “Data Collection Point” denilen sayıcılar yerleştirilmiştir.

Her bir kavşağın sayım yapılan kesimlerine ait gerçek değerler ve simülasyon değerleriyle beraber rölatif hatalar aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir.

Tablo 9. Donanma Kavşağı simülasyon değerlerinin değerlendirilmesi

DONANMA KAVŞAĞI			
Kolektör No.	Sayım Değeri	Simülasyon Değeri	Rölatif Hata (%)
1	2428	2400	1,15
2	1980	1765	10,86
3	2432	2402	1,23
4	2186	1967	10,02
5	258	247	4,26
6	192	192	0
7	768	776	1,04
8	492	449	8,74

Tablo 10. Mobil Kavşağı simülasyon değerlerinin değerlendirilmesi

MOBİL KAVŞAĞI			
Kolektör No.	Sayım Değeri	Simülasyon Değeri	Rölatif Hata (%)
1	2243	2222	0,94
2	1889	1685	10,8
3	2145	2136	0,42
4	2108	1906	9,58
5	93	93	0
6	91	86	5,49
7	674	660	2,08
8	399	428	7,27

Tablo 11. Belediye Önü Kavşağı simülasyon değerlerinin değerlendirilmesi

BELEDİYE ÖNÜ KAVŞAĞI			
Kolektör No.	Sayım Değeri	Simülasyon Değeri	Rölatif Hata (%)
1	2013	2004	0,45
2	1988	1794	9,76
3	1963	1950	0,66
4	2011	1847	8,16
5	219	204	6,85
6	146	151	3,42

Tablo 12. İskele Yolu Kavşağı simülasyon değerlerinin değerlendirilmesi

İSKELE YOLU KAVŞAĞI			
Kolektör No.	Sayım Değeri	Simülasyon Değeri	Rölatif Hata (%)
1	2182	2153	1,33
2	2316	2151	7,12
3	2133	2036	4,55
4	2239	2140	4,42
5	411	376	8,52
6	439	358	18,45

Mevcut durum için yapılmış olan simülasyon modelinin yaklaşık olarak gerçeği yansıttığı kabul edilmiştir. Bu aşamadan sonra mevcut durumda ve Taguchi L_9 optimizasyonuna göre yapılan senaryolarda kavşakların; seyahat süresi, gecikme, kuyruk uzunluğu, emisyon salınımları ve yakıt tüketimi değerleri, ayrıca Doğu-Batı ve Batı-Doğu istikametlerinde seyahat eden araçların seyahat ve gecikme süreleri alınacaktır. Mevcut durum ve Taguchi L_9 optimizasyonuna göre oluşturulmuş 9 adet senaryonun her biri için simülasyon

20 kez tekrar edilmiştir ve elde edilen değerlerin ortalamaları ilgili parametre değeri olarak alınmıştır.

Kavşakların senaryolar içerisindeki durumları, tablo ve grafiklerde topluluğu sağlamak amacıyla aşağıdaki rakamlarla ifade edilmiştir;

- 1: Sinyal Optimizasyonlu Durum
- 2: Dönel Kavşak Durumu
- 3: Altgeçit Durumu.

Elde edilen veriler Taguchi Metoduna göre değerlendirilecek ve bulunan çözümler üzerine tartışılacaktır.

Mevcut Durum Simülasyon Sonuçları

CO salınımı simülasyon sonuçları

Koridorun mevcut durumuna ait CO salınım değerleri Tablo 13’ te verilmiştir.

Tablo 13. Mevcut durum CO salınımı simülasyon sonuçları (kg)

Kavşaklar			
<i>Donanma</i>	<i>Mobil</i>	<i>Belediye Önü</i>	<i>İskele Yolu</i>
6,44	5,19	4,35	6,61

NO salınımı simülasyon sonuçları

Koridorun mevcut durumuna ait NO salınım değerleri Tablo 14’ te verilmiştir.

Tablo 14. Mevcut durum NO salınımı simülasyon sonuçları (kg)

Kavşaklar			
<i>Donanma</i>	<i>Mobil</i>	<i>Belediye Önü</i>	<i>İskele Yolu</i>
1,25	0,07	0,85	1,29

Yakıt tüketimi simülasyon sonuçları

Koridorun mevcut durumuna ait yakıt tüketimi değerleri Tablo 15’ te verilmiştir.

Tablo 15. Mevcut durum yakıt tüketimi simülasyon sonuçları (lt)

Kavşaklar			
<i>Donanma</i>	<i>Mobil</i>	<i>Belediye Önü</i>	<i>İskele Yolu</i>
348,72	281,18	235,58	357,98

Seyahat süresi simülasyon sonuçları

Donanma kavşağı rotaları seyahat süreleri

Mevcut durumda Donanma kavşağına ait rotalarda ölçülen seyahat süreleri Tablo 16’ da verilmiştir.

Tablo 16. Mevcut durum donanma kavşağı seyahat süresi simülasyon sonuçları (sn)

Rotalar	Süre
1. Rota	101,1
2. Rota	65,2
3. Rota	62
4. Rota	35,3
5. Rota	106,8
6. Rota	51
7. Rota	138,3
8. Rota	61,8
9. Rota	76,9

Mobil kavşağı rotaları seyahat süreleri

Mevcut durumda Mobil kavşağına ait rotalarda ölçülen seyahat süreleri Tablo 17’ de verilmiştir.

Tablo 17. Mevcut durum mobil kavşağı seyahat süresi simülasyon sonuçları (sn)

Rotalar	Süre
1. Rota	32,1
2. Rota	57,6
3. Rota	23,4
4. Rota	46,5
5. Rota	30,2
6. Rota	53
7. Rota	51,2
8. Rota	80,7
9. Rota	51,3
10. Rota	17,3

Belediye önü kavşağı rotaları seyahat süreleri

Mevcut durumda Belediye Önü kavşağına ait rotalarda ölçülen seyahat süreleri Tablo 18’ de verilmiştir.

Tablo 18. Mevcut durum belediye önü kavşağı rotaları seyahat süreleri (sn)

Rotalar	Süre
1. Rota	45,1
2. Rota	48,2
3. Rota	138,7
4. Rota	48,9
5. Rota	42,9
6. Rota	55
7. Rota	57,5

İskele yolu kavşağı rotaları seyahat süreleri

Mevcut durumda İskele Yolu kavşağına ait rotalarda ölçülen seyahat süreleri Tablo 19’ da verilmiştir.

Tablo 19. Mevcut durum iskele yolu kavşağı rotaları seyahat süreleri (sn)

Rotalar	Süre
1. Rota	97,3
2. Rota	82,5
3. Rota	122
4. Rota	89,2
5. Rota	101,9
6. Rota	134
7. Rota	68,9

Koridor boyunca hareket eden araçların seyahat süreleri

Koridor içerisindeki herhangi bir kavşaktan güney veya kuzey yönüne sapmayıp Batı-Doğu ve Doğu-Batı yönlerinde hareket eden araçların seyahat süreleri Tablo 20’ de verilmiştir.

Tablo 20. Mevcut durum koridor boyunca hareket eden araçların seyahat süreleri simülasyon sonuçları (sn)

Rotalar	Süre
Batı-Doğu	335,8
Doğu-Batı	282,4

Gecikme süresi simülasyon sonuçları***Donanma kavşağı rotaları gecikme süreleri***

Mevcut durumda Donanma kavşağına ait rotalarda ölçülen gecikme süreleri Tablo 21’ de verilmiştir.

Tablo 21. Mevcut durum donanma kavşağı rotaları gecikme süresi simülasyon sonuçları (sn)

Rotalar	Süre
1. Rota	66,1
2. Rota	40,2
3. Rota	33,4
4. Rota	18,6
5. Rota	70
6. Rota	24,8
7. Rota	96,9
8. Rota	23,6
9. Rota	33,1

Mobil kavşağı rotaları gecikme süreleri

Mevcut durumda Mobil kavşağına ait rotalarda ölçülen gecikme süreleri Tablo 22’ de verilmiştir.

Tablo 22. Mevcut durum mobil kavşağı rotaları gecikme süreleri simülasyon sonuçları (sn)

Rotalar	Süre
1. Rota	19,1
2. Rota	36,2
3. Rota	10,1
4. Rota	24
5. Rota	12,5
6. Rota	28,1
7. Rota	24,1
8. Rota	54,5
9. Rota	29,1
10. Rota	1,7

Belediye önü kavşağı rotaları gecikme süreleri

Mevcut durumda Belediye Önü kavşağına ait rotalarda ölçülen gecikme süreleri Tablo 23’ te verilmiştir.

Tablo 23. Mevcut durum belediye önü kavşağı rotaları gecikme süreleri simülasyon sonuçları (sn)

Rotalar	Süre
1. Rota	31,1
2. Rota	26,3
3. Rota	79,4
4. Rota	31,2
5. Rota	26,2
6. Rota	32,6
7. Rota	27,2

İskele yolu kavşağı rotaları gecikme süreleri

Mevcut durumda İskele Yolu kavşağına ait rotalarda ölçülen gecikme süreleri Tablo 24’te verilmiştir.

Tablo 24. Mevcut durum iskele yolu kavşağı rotaları gecikme süreleri simülasyon sonuçları (sn)

Rotalar	Süre
1. Rota	65
2. Rota	59,1
3. Rota	94,1
4. Rota	56,5
5. Rota	63
6. Rota	93,8
7. Rota	32,7

Koridor boyunca hareket eden araçların gecikme süreleri

Batı-Doğu ve Doğu-Batı yönlerinde hareket eden araçların gecikme süreleri Tablo 25’te verilmiştir.

Tablo 25. Mevcut durum koridor boyunca hareket eden araçların gecikme süreleri simülasyon sonuçları (sn)

Rotalar	Süre
Batı-Doğu	200,5
Doğu-Batı	146,5

Kuyruk uzunluğu simülasyon sonuçları

Çalışmaya konu olan koridor içerisindeki her bir kavşağın, kavşaklara giriş yapılan yönlerinde oluşan kuyruk uzunlukları sonuçları 20 adet simülasyonun ortalaması olarak aşağıda verilmiştir.

Tablo 26. Mevcut durum kuyruk uzunlukları simülasyon sonuçları (m)

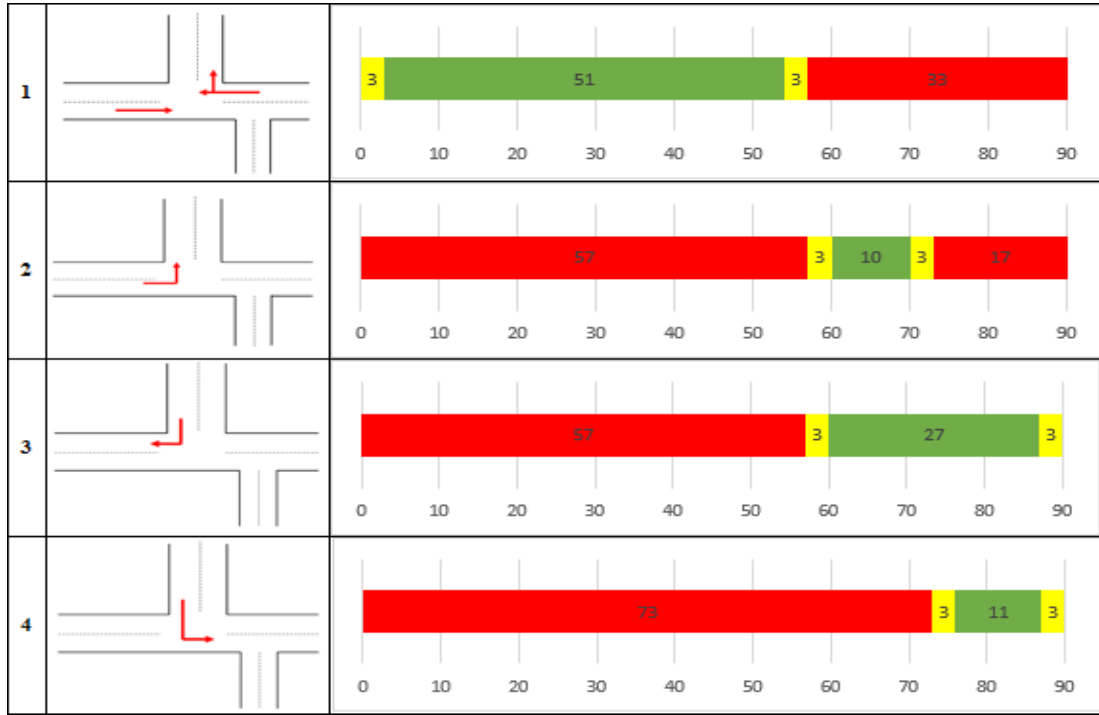
Yönler	Donanma K.	Mobil K.	Belediye Önü K.	İskele Yolu K.
Kuzey	19,3	10,6	4,1	27,6
Güney	2,3	0,3	-	-
Doğu	37	66,2	46,5	191,1
Batı	353,3	77,3	61,4	146,1

Senaryoların Simülasyon Sonuçları

Webster sinyalizasyon yöntemi uygulamaları

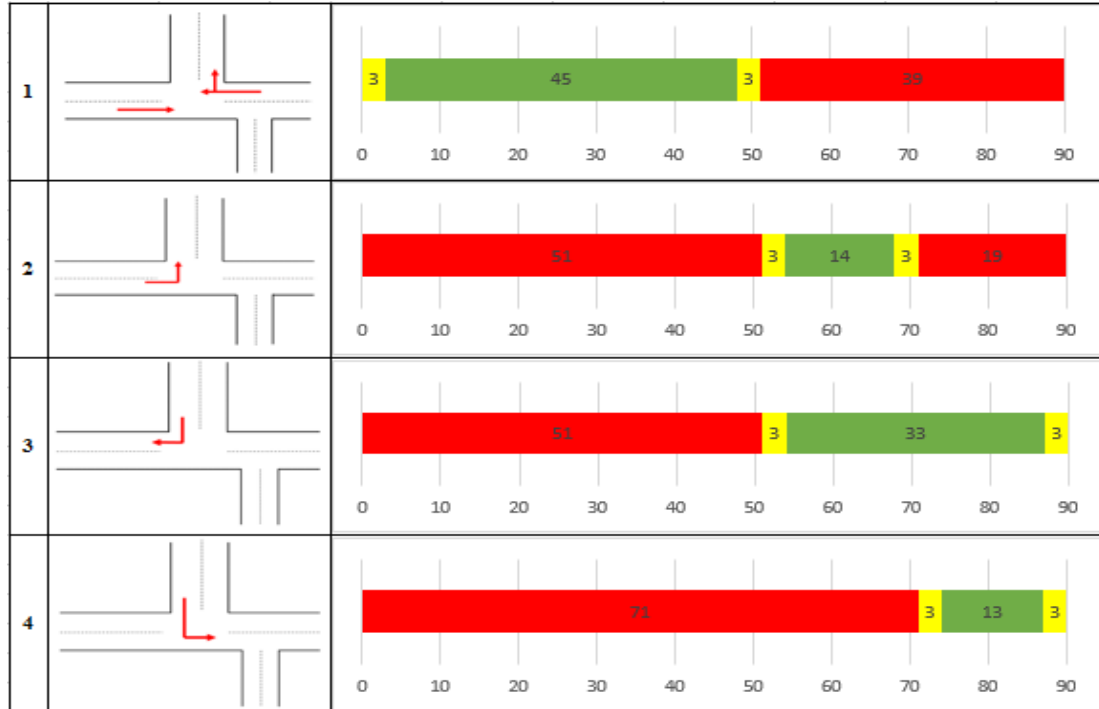
Webster yöntemi kullanılarak çalışma koridoru içerisinde bulunan her kavşağa sinyal optimizasyon işlemi yapılmıştır. Çalışma yapılırken 90 saniye olan döngü süresi ve minimum

3 saniye olması gereken sarı ışık süresi korunmuştur. Kavşakların Webster yöntemi ile yapılan yeni sinyal süreleri döngü içerisindeki yanıp sönme sıralarına göre gösterilmiştir. Yeni faz sürelerinin eskilerine göre çok fazla değişmediği gözlemlenmiştir.

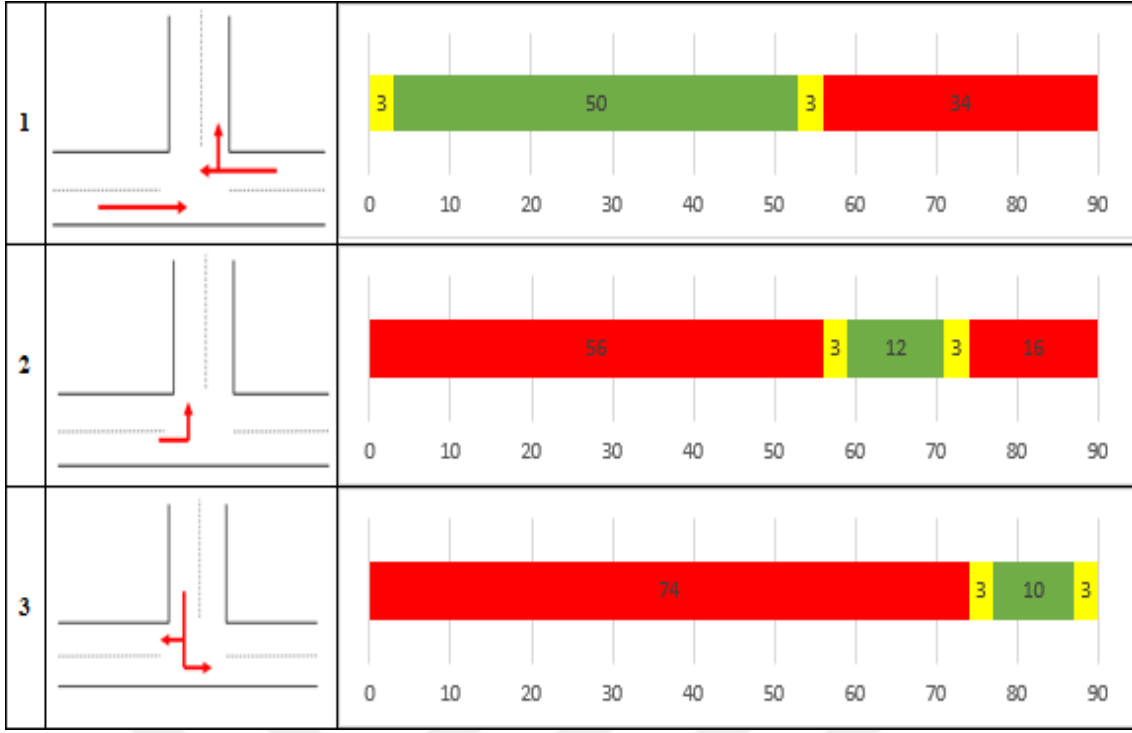


Şekil 43. Donanma kavşağı Webster ile oluşturulan fazlar

Donanma ve Mobil kavşaklarının Webster sinyalizasyon yöntemine göre oluşturulmuş faz süreleri Şekil 43 ve 44' te gösterilmiştir.

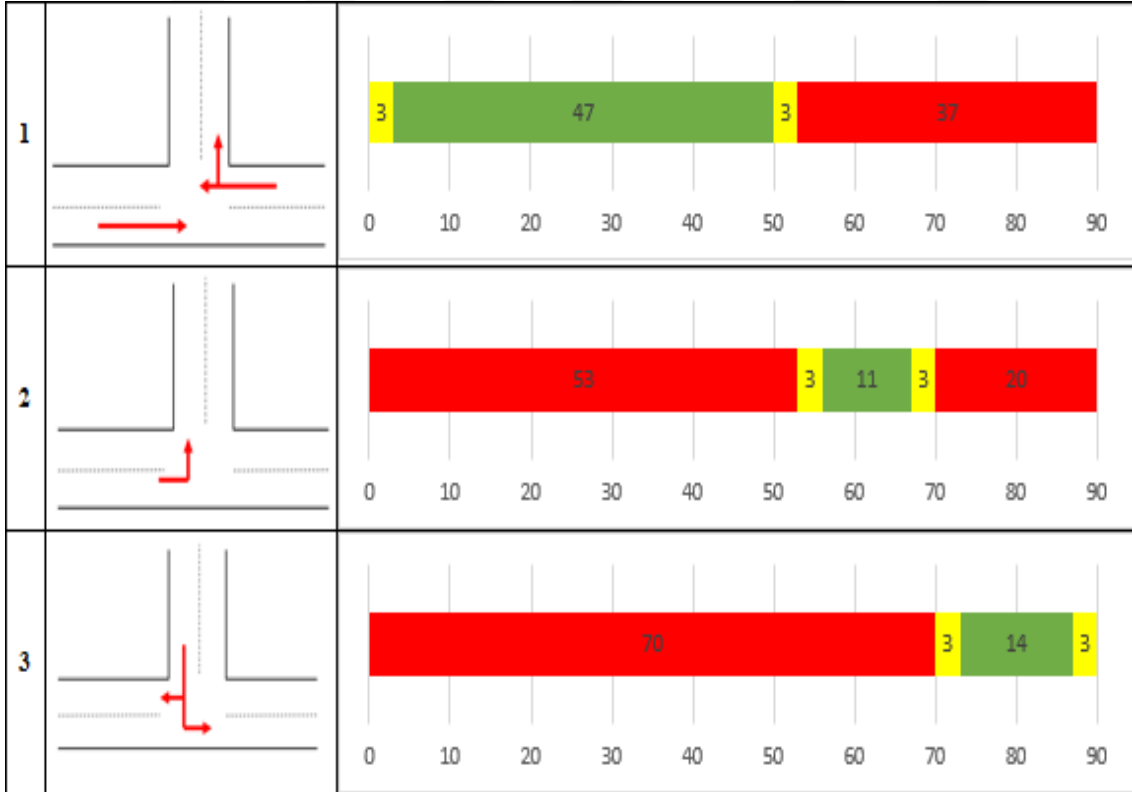


Şekil 44. Mobil kavşağı Webster ile oluşturulan fazlar



Şekil 45. Belediye önü kavşağı Webster ile oluşturulan fazlar

Şekil 45 ve 46’ da Belediye Önü ve İskele Yolu kavşaklarının Webster sinyalizasyon yöntemine göre oluşturulmuş faz süreleri verilmiştir. Böylelikle kavşakların sinyal optimizasyonlu durumlarında kullanacak faz süreleri tespit edilmiştir.



Şekil 46. İskele yolu kavşağı Webster ile oluşturulan fazlar

CO salınımı simülasyon sonuçları

Senaryolara ait CO salınım değerleri Tablo 27' de verilmiştir.

Tablo 27. Senaryolara göre kavşaklarda CO salınımı simülasyon sonuçları (kg)

<i>Senaryolar</i>	<i>Donanma K.</i>	<i>Mobil K.</i>	<i>Belediye Önü K.</i>	<i>İskele Yolu K.</i>
1-1-1-1	6,05	4,85	4,03	6,42
1-2-2-2	6,09	3,88	1,9	7,66
1-3-3-3	6,37	2,06	1,61	2,13
2-1-2-3	10,36	8,23	5,32	4,68
2-2-3-1	9,67	5,54	2,42	6,32
2-3-1-2	10,06	8,77	5,31	8,26
3-1-3-2	3,22	5,19	1,62	8,13
3-2-1-3	2,25	5,28	4,97	3,64
3-3-2-1	5,35	5,49	5,4	6,82

NO salınımı simülasyon sonuçları

Senaryolara ait NO salınım değerleri Tablo 28' de verilmiştir.

Tablo 28. Senaryolara göre kavşaklarda NO salınımı simülasyon sonuçları (kg)

<i>Senaryolar</i>	<i>Donanma K.</i>	<i>Mobil K.</i>	<i>Belediye Önü K.</i>	<i>İskele Yolu K.</i>
1-1-1-1	1,18	0,94	0,78	1,25
1-2-2-2	1,19	0,75	0,37	1,49
1-3-3-3	1,24	0,4	0,31	0,41
2-1-2-3	2,01	1,6	1,04	0,91
2-2-3-1	1,88	1,08	0,47	1,23
2-3-1-2	1,96	1,71	1,03	1,61
3-1-3-2	0,63	1,01	0,32	1,58
3-2-1-3	0,44	1,03	0,97	0,71
3-3-2-1	1,04	1,07	1,05	1,33

Yakıt tüketimi simülasyon sonuçları

Senaryolara ait yakıt tüketimi değerleri Tablo 29' da verilmiştir.

Tablo 29. Senaryolara göre kavşaklardaki yakıt tüketimi simülasyon sonuçları (lt)

<i>Senaryolar</i>	<i>Donanma K.</i>	<i>Mobil K.</i>	<i>Belediye Önü K.</i>	<i>İskele Yolu K.</i>
1-1-1-1	327,74	262,8	218,15	347,43
1-2-2-2	329,88	210,08	103,05	414,68
1-3-3-3	344,99	111,38	87,31	115,16
2-1-2-3	560,83	445,62	288,09	253,26
2-2-3-1	523,59	299,81	130,96	342,05
2-3-1-2	544,87	475,15	287,55	447,37
3-1-3-2	174,3	281,13	87,84	440,29
3-2-1-3	121,74	286,18	269,15	197,26
3-3-2-1	289,98	297,31	292,4	369,08

Çalışma koridorunda batıdan doğuya doğru sırasıyla; donanma kavşağında 9 adet, mobil kavşağında 10 adet, belediye önü kavşağında 7 adet, iskele yolu kavşağında 7 adet ve koridor boyunca gidiş-geliş olmak üzere 2 adet seyahat rotası tanımlanmıştır. Tanımlanan toplam 35 adet rotanın seyahat ve gecikme sürelerinin her bir senaryodaki değerleri komplike biçimde aşağıdaki başlıklar altında karşılaştırmalı biçimde verilmiştir.

Seyahat süresi simülasyon sonuçları

Donanma kavşağı rotaları seyahat süreleri

Donanma kavşağına ait rotaların senaryolar içerisindeki seyahat süreleri Tablo 30' da verilmiştir.

Tablo 30. Donanma kavşağı rotaları seyahat süresi simülasyon sonuçları (sn)

Rotalar	Senaryolar								
	1-1-1-1	1-2-2-2	1-3-3-3	2-1-2-3	2-2-3-1	2-3-1-2	3-1-3-2	3-2-1-3	3-3-2-1
1. Rota	100	92	99	130	124	124	42	40	62
2. Rota	65	61	65	46	43	43	33	33	33
3. Rota	61	60	61	49	43	44	44	36	48
4. Rota	34	32	33	53	42	40	26	19	30
5. Rota	106	98	104	135	125	125	59	39	108
6. Rota	50	48	50	78	78	81	31	30	31
7. Rota	140	142	137	140	133	134	55	53	73
8. Rota	61	59	62	90	90	93	39	38	38
9. Rota	76	73	75	58	55	56	49	50	50

Mobil kavşağı rotaları seyahat süreleri

Mobil kavşağına ait rotaların senaryolar içerisindeki seyahat süreleri Tablo 31' de verilmiştir.

Tablo 31. Mobil kavşağı rotaları seyahat süreleri simülasyon sonuçları (sn)

Rotalar	Senaryolar								
	1-1-1-1	1-2-2-2	1-3-3-3	2-1-2-3	2-2-3-1	2-3-1-2	3-1-3-2	3-2-1-3	3-3-2-1
1. Rota	32	17	16	23	15	14	34	17	19
2. Rota	57	37	34	115	54	80	70	36	44
3. Rota	23	41	23	33	31	22	24	54	35
4. Rota	46	31	24	36	27	23	49	30	91
5. Rota	30	51	45	108	83	333	31	70	33
6. Rota	52	51	29	123	94	141	48	67	26
7. Rota	50	41	45	134	94	348	49	44	37
8. Rota	77	38	35	128	36	36	68	40	41
9. Rota	51	47	28	67	54	39	47	63	28
10. Rota	17	45	23	34	38	23	18	59	23

Belediye önü kavşağı rotaları seyahat süreleri

Belediye Önü kavşağına ait rotaların senaryolar içerisindeki seyahat süreleri Tablo 32’ de verilmiştir.

Tablo 32. Belediye önü kavşağı rotaları seyahat süreleri simülasyon sonuçları (sn)

Rotalar	Senaryolar								
	1-1-1-1	1-2-2-2	1-3-3-3	2-1-2-3	2-2-3-1	2-3-1-2	3-1-3-2	3-2-1-3	3-3-2-1
1. Rota	45	35	20	260	45	70	21	54	27
2. Rota	48	30	22	88	37	87	23	68	29
3. Rota	136	81	74	202	123	167	77	184	185
4. Rota	49	27	25	33	26	58	27	63	71
5. Rota	42	22	20	54	21	58	20	50	22
6. Rota	52	45	30	227	41	53	30	49	113
7. Rota	55	36	32	37	46	48	32	53	149

İskele yolu kavşağı rotaları seyahat süreleri

İskele Yolu kavşağına ait rotaların senaryolar içerisindeki seyahat süreleri Tablo 33’ te verilmiştir.

Tablo 33. İskele yolu kavşağı rotaları seyahat süreleri simülasyon sonuçları

Rotalar	Senaryolar								
	1-1-1-1	1-2-2-2	1-3-3-3	2-1-2-3	2-2-3-1	2-3-1-2	3-1-3-2	3-2-1-3	3-3-2-1
1. Rota	97	79	33	78	122	92	82	62	130
2. Rota	82	37	38	218	71	55	40	42	77
3. Rota	111	319	35	181	71	369	304	36	76
4. Rota	88	43	40	43	76	50	47	43	83
5. Rota	101	85	43	56	127	89	88	49	136
6. Rota	123	333	53	91	83	378	322	91	89
7. Rota	67	44	37	37	77	49	47	39	95

Koridor boyunca hareket eden araçların seyahat süreleri

Koridor boyunca hareket eden araçların senaryolar içerisindeki seyahat süreleri Tablo 34’ te verilmiştir.

Tablo 34. Koridor boyunca hareket eden araçların seyahat süreleri simülasyon sonuçları (sn)

Rotalar	Senaryolar								
	1-1-1-1	1-2-2-2	1-3-3-3	2-1-2-3	2-2-3-1	2-3-1-2	3-1-3-2	3-2-1-3	3-3-2-1
Bati'dan Dogu'ya	297	221	203	256	269	255	214	176	415
Dogu'dan Bati'ya	281	240	167	470	406	464	222	280	240

Gecikme süresi simülasyon sonuçları

Donanma kavşağı rotaları gecikme süreleri

Donanma kavşağına ait rotaların senaryolar içerisindeki gecikme süreleri Tablo 35’ te verilmiştir.

Tablo 35. Donanma kavşağı rotaları gecikme süreleri simülasyon sonuçları (sn)

Rotalar	Senaryolar								
	1-1-1-1	1-2-2-2	1-3-3-3	2-1-2-3	2-2-3-1	2-3-1-2	3-1-3-2	3-2-1-3	3-3-2-1
1. Rota	66	58	64	90	84	85	5	3	25
2. Rota	39	36	39	12	10	10	2	2	2
3. Rota	33	32	33	14	8	8	11	3	15
4. Rota	18	16	18	36	25	23	9	2	13
5. Rota	69	61	66	93	83	83	21	2	71
6. Rota	24	22	24	49	49	52	3	1	2
7. Rota	96	99	94	90	83	85	6	4	25
8. Rota	23	22	24	50	49	53	2	1	1
9. Rota	33	29	32	11	9	10	3	3	4

Mobil kavşağı rotaları gecikme süreleri

Mobil kavşağına ait rotaların senaryolar içerisindeki gecikme süreleri Tablo 36’ da verilmiştir.

Tablo 36. Mobil kavşağı rotaları gecikme süreleri simülasyon sonuçları (sn)

Rotalar	Senaryolar								
	1-1-1-1	1-2-2-2	1-3-3-3	2-1-2-3	2-2-3-1	2-3-1-2	3-1-3-2	3-2-1-3	3-3-2-1
1. Rota	18	4	3	9	1	1	21	3	5
2. Rota	35	10	7	94	28	53	49	10	18
3. Rota	9	24	7	19	15	6	11	37	19
4. Rota	24	5	1	13	2	0	26	5	69
5. Rota	12	25	16	89	56	304	11	43	6
6. Rota	28	21	4	98	65	117	23	38	1
7. Rota	24	11	16	108	66	319	22	14	8
8. Rota	52	6	4	103	5	5	42	8	10
9. Rota	28	21	2	44	29	14	24	37	2
10. Rota	2	24	3	18	17	3	2	38	3

Belediye önü kavşağı rotaları gecikme süreleri

Belediye Önü kavşağına ait rotaların senaryolar içerisindeki gecikme süreleri Tablo 37’ de verilmiştir.

Tablo 37. Belediye önü kavşağı rotaları gecikme süreleri simülasyon sonuçları (sn)

Rotalar	Senaryolar								
	1-1-1-1	1-2-2-2	1-3-3-3	2-1-2-3	2-2-3-1	2-3-1-2	3-1-3-2	3-2-1-3	3-3-2-1
1. Rota	31	18	4	244	29	56	4	40	11
2. Rota	26	5	1	63	15	65	1	46	4
3. Rota	77	10	8	137	61	105	10	91	120
4. Rota	30	3	2	10	3	39	3	44	47
5. Rota	26	3	1	36	3	42	1	33	4
6. Rota	30	17	1	200	11	31	1	27	86
7. Rota	24	2	1	2	15	17	1	22	115

İskele yolu kavşağı rotaları gecikme süreleri

İskele Yolu kavşağına ait rotaların senaryolar içerisindeki gecikme süreleri Tablo 38’ de verilmiştir.

Tablo 38. İskele yolu kavşağı rotaları gecikme süreleri simülasyon sonuçları (sn)

Rotalar	Senaryolar								
	1-1-1-1	1-2-2-2	1-3-3-3	2-1-2-3	2-2-3-1	2-3-1-2	3-1-3-2	3-2-1-3	3-3-2-1
1. Rota	65	44	1	46	90	57	47	30	98
2. Rota	58	6	8	188	48	24	9	11	53
3. Rota	83	288	5	152	43	338	273	6	48
4. Rota	56	6	3	6	44	12	10	6	51
5. Rota	62	43	1	15	88	48	47	7	97
6. Rota	83	288	6	44	43	332	276	44	49
7. Rota	31	4	1	1	41	10	8	4	59

Koridor boyunca hareket eden araçların gecikme süreleri

Koridor boyunca hareket eden araçların gecikme süreleri Tablo 39’ da verilmiştir.

Tablo 39. Koridor boyunca hareket eden araçların gecikme süreleri simülasyon sonuçları (sn)

Rotalar	Senaryolar								
	1-1-1-1	1-2-2-2	1-3-3-3	2-1-2-3	2-2-3-1	2-3-1-2	3-1-3-2	3-2-1-3	3-3-2-1
Batı’dan Doğu’ya	161	75	67	112	125	111	74	38	277
Doğu’dan Batı’ya	145	93	30	328	262	322	83	140	101

Kuyruk uzunluğu simülasyon sonuçları

Senaryo içerisinde altgeçit durumunda olan kavşağa veya kavşaklara girişte kuyruk oluşmamıştır, dolayısıyla altgeçit durumunda olan kavşaklarda kuyruk uzunlukları 0 olarak ölçülmüştür.

Donanma kavşağı kuyruk uzunları

Donanma kavşağına ait kuyruk uzunlukları Tablo 40’ ta verilmiştir.

Tablo 40. Donanma kavşağı kuyruk uzunlukları simülasyon sonuçları (m)

Yönler	Senaryolar								
	1-1-1-1	1-2-2-2	1-3-3-3	2-1-2-3	2-2-3-1	2-3-1-2	3-1-3-2	3-2-1-3	3-3-2-1
Kuzey	24,4	21,6	24,8	3,5	2,2	2,3	0	0	0
Güney	2,4	2,5	1,1	8,8	5,4	4,8	0	0	0
Doğu	40	43,9	85,3	308,4	241,6	386	0	0	0
Batı	253	347,2	252	291,8	287,1	287,6	0	0	0

Mobil kavşağı kuyruk uzunlukları

Mobil kavşağına ait kuyruk uzunlukları Tablo 41’ de verilmiştir.

Tablo 41. Mobil kavşağı kuyruk uzunlukları simülasyon sonuçları

Yönler	Senaryolar								
	1-1-1-1	1-2-2-2	1-3-3-3	2-1-2-3	2-2-3-1	2-3-1-2	3-1-3-2	3-2-1-3	3-3-2-1
Kuzey	11,1	0,3	0	40,4	2,2	5,7	17,1	0,4	0
Güney	0,3	1,5	0	2,5	5,4	0,2	0,3	2,8	0
Doğu	63,4	71,5	0	282,7	241,6	113,9	64	210,8	0
Batı	47,8	3,4	0	13,5	287,1	0	167,6	2,6	0

Belediye önü kavşağı kuyruk uzunlukları

Belediye Önü kavşağına ait kuyruk uzunlukları Tablo 42’ de verilmiştir.

Tablo 42. Belediye önü kavşağı kuyruk uzunlukları simülasyon sonuçları

Yönler	Senaryolar								
	1-1-1-1	1-2-2-2	1-3-3-3	2-1-2-3	2-2-3-1	2-3-1-2	3-1-3-2	3-2-1-3	3-3-2-1
Kuzey	4	2,8	0	73,1	0	3,3	0	2,7	0,4
Doğu	42	2,5	0	231,7	0	194	0	210,2	1,4
Batı	31,8	0	0	0,1	0	145,6	0	48,6	311,4

İskele yolu kavşağı kuyruk uzunlukları

İskele Yolu kavşağına ait kuyruk uzunlukları Tablo 43’ te verilmiştir.

Tablo 43. İskele yolu kavşağı kuyruk uzunlukları simülasyon sonuçları

Yönler	Senaryolar								
	1-1-1-1	1-2-2-2	1-3-3-3	2-1-2-3	2-2-3-1	2-3-1-2	3-1-3-2	3-2-1-3	3-3-2-1
Kuzey	75,73	326,1	0	0	32,14	344,83	312,88	0	37,39
Doğu	193,29	150,06	0	0	225,03	132,86	162,34	0	231,19
Batı	59,28	1,56	0	0	125,02	8,5	7,27	0	369,08

TARTIŞMA ve SONUÇ

VISSIM mikrosimülasyon programı aracılığıyla L_9 ortogonal dizisine göre yapılan senaryolara ait sonuçlar Taguchi Metodu kullanılarak değerlendirilmiştir. Minimum emisyon değeri, kuyruk uzunluğu, seyahat ve gecikme süreleri veren çözümler mevcut durum sonuçları ile karşılaştırılarak iyileşme olup olmadığı irdelenmiştir.

CO Emisyonu Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Daha önce açıklandığı üzere L_9 ortogonal dizisine göre 9 adet senaryo oluşturulmuştur. Senaryolara ait CO salınım değeri olarak, senaryo içerisindeki 4 adet kavşağın toplam CO salınım değerleri alınmıştır ve performans istatistikleri (S/N) Tablo 44 'te verilmiştir.

Tablo 44. CO salınımı değerleri performans istatistiği

Senaryo	Performans İstatistiği (S/N)
1-1-1-1	-26,59
1-2-2-2	-25,81
1-3-3-3	-21,7
2-1-2-3	-29,12
2-2-3-1	-27,58
2-3-1-2	-30,21
3-1-3-2	-25,18
3-2-1-3	-24,16
3-3-2-1	-27,26
Ortalama	-26,4

Tablo 44' teki performans istatistikleri kullanılarak elde edilen ortalama S/N etkileri Tablo 45' te verilmiştir.

Tablo 45. CO salınımı ortalama S/N etkileri

Platform Durumu	Donanma K.	Mobil K.	Belediye Önü K.	İskele Yolu K.
Sinyal Opt. (1)	-24,7	-26,96	-26,99	-27,14
Dönel Kavşak (2)	-28,97	-25,85	-27,4	-27,07
Altgeçit (3)	-25,53	-26,39	-24,82	-25

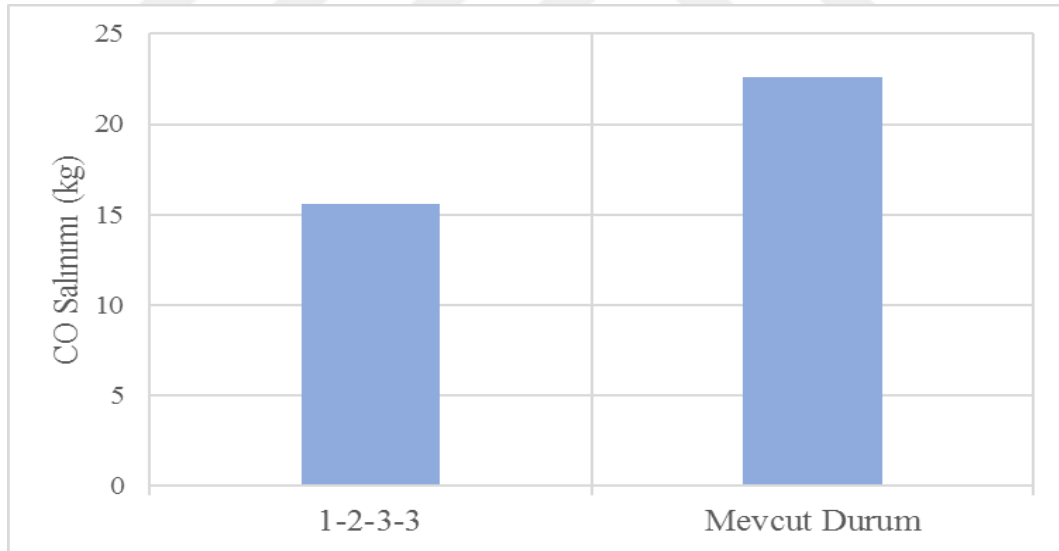
Tablo 45 incelenecek olursa CO salınımını minimum yapan optimum durumun 1-2-3-3 (Donanma kavşağı: Sinyal Opt.; Mobil kavşağı: Dönel kavşak; Belediye önü kavşağı: Altgeçit; İskele yolu kavşağı: Altgeçit) olduğu görülmektedir. Bu optimum durumdaki performans değerleri ortalama S/N etkileri kullanılarak Tablo 46' da verilmiştir.

Tablo 46. CO salınımı performans tahminleri

Kavşaklar	Platform durumu	S/N' e olan katkılar
<i>Donanma</i>	1. Seviye	1,701
<i>Mobil</i>	2. Seviye	0,55
<i>Belediye Önü</i>	3. Seviye	1,579
<i>İskele Yolu</i>	3. Seviye	1,407
Tüm Faktörlerin Katkısı (S/N)		5,237
Ortalama Performans İstatistiği (S/N)		-26,402
Optimum Şartlarda Beklenen Değer (S/N)		-21,165
Doğrulama Deneyi Sonuç Aralığı (kg)	11,01	/ 18,65

%95 güven seviyesinde belirlenen optimum durumda CO salınımı değerinin min. 11,01 maks. 18,65 değerleri arasında olması gerektiği Tablo 46' dan anlaşılmaktadır.

L_9 ortogonal diziye göre yapmış olduğumuz senaryolar içerisinde minimum CO salınımı için optimum durum olan 1-2-3-3 durumu bulunmamaktadır. Bu durumun doğruluğunu kontrol etmek amacıyla simülasyonu yapılmıştır ve CO salınımı sonucu olarak 15,62 kg bulunmuştur. Bu değer güven aralığı içerisinde bulunmakla beraber mevcut durum CO salınım değeri olan 22,59 kg değerinden küçüktür. Dolayısıyla CO salınımını minimize etmek için uygulanması gereken çözümün 1-2-3-3 olduğu görülmüştür. (Donanma kavşağı: Sinyal Opt.; Mobil kavşağı: Dönel kavşak; Belediye önü kavşağı: Altgeçit; İskele yolu kavşağı: Altgeçit)

**Şekil 47.** CO salınım değerlerinin karşılaştırılması

NO Emisyonu Sonuçlarının Değerlendirilmesi

CO emisyon sonuçlarının değerlendirilmesinde yapılan işlemler NO emisyon sonuçları için de yapılmıştır. Tablo 47' de performans istatistikleri (S/N) verilmiştir.

Tablo 47. NO salınımı değerleri performans istatistiği

Senaryo	Performans İstatistiği (S/N)
1-1-1-1	-12,37
1-2-2-2	-11,6
1-3-3-3	-7,48
2-1-2-3	-14,9
2-2-3-1	-13,36
2-3-1-2	-15,99
3-1-3-2	-10,96
3-2-1-3	-9,94
3-3-2-1	-13,04
Ortalama	-12,18

Tablo 47’ deki performans istatistikleri kullanılarak elde edilen ortalama S/N etkileri Tablo 48’ de verilmiştir.

Tablo 48. NO salınımı ortalama S/N etkileri

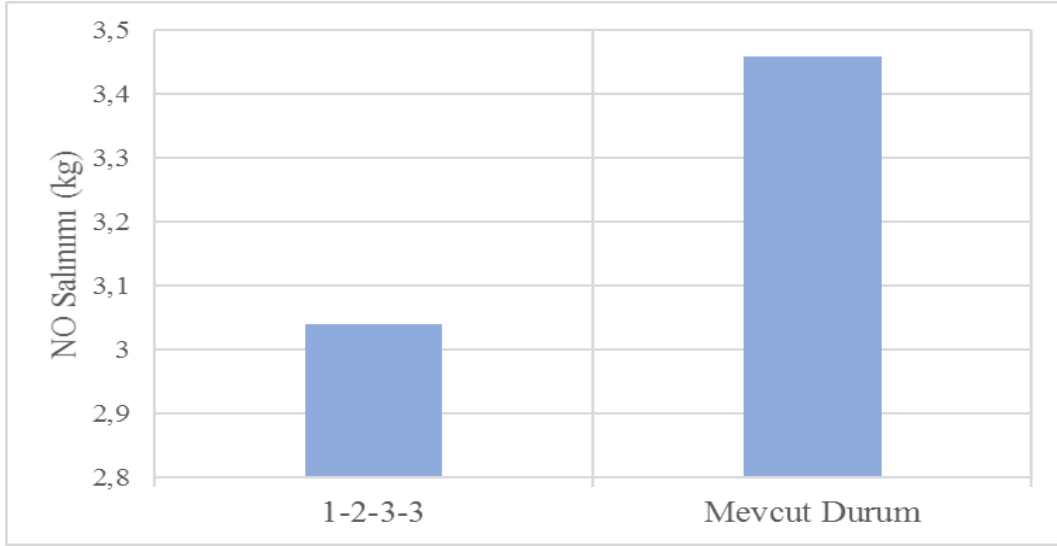
Platform Durumu	<i>Donanma K.</i>	<i>Mobil K.</i>	<i>Belediye Önü K.</i>	<i>İskele Yolu K.</i>
<i>Sinyal Opt. (1)</i>	-10,48	-12,75	-12,77	-12,92
<i>Dönel Kavşak (2)</i>	-14,75	-11,63	-13,18	-12,85
<i>Altgeçit (3)</i>	-11,32	-12,17	-10,6	-10,78

Tablo 48 incelendiğinde NO salınımını da minimum yapan optimum durumun 1-2-3-3 (Donanma kavşağı: Sinyal Opt.; Mobil kavşağı: Dönel kavşak; Belediye önü kavşağı: Altgeçit; İskele yolu kavağı: Altgeçit) olduğu görülür. Performans değerleri Tablo 49’ da verilmiştir.

Tablo 49. NO salınımı performans tahminleri

Kavşaklar	Platform durumu	S/N' e olan katkılar
<i>Donanma</i>	1. Seviye	1,701
<i>Mobil</i>	2. Seviye	0,55
<i>Belediye Önü</i>	3. Seviye	1,58
<i>İskele Yolu</i>	3. Seviye	1,408
Tüm Faktörlerin Katkısı (S/N)		5,239
Ortalama Performans İstatistiği (S/N)		-12,184
Optimum Şartlarda Beklenen Değer (S/N)		-6,945
Doğrulama Deneyi Sonuç Aralığı (kg)	2,14	3,63

Tablo 49’ dan görüldüğü üzere tahmini sonuç aralığı 2,14 ve 3,63 kg arasındadır. Yapılan simülasyon sonucunda 1-2-3-3 durumunda NO salınım değeri 3,04 kg olarak bulunmuştur ve güven aralığı içerisinde. Ayrıca mevcut durum NO salınım değeri olan 3,46 kg’ dan küçüktür. Dolayısıyla NO salınım değerini de minimize etmek için optimum durumun 1-2-3-3 (Donanma kavşağı: Sinyal Opt.; Mobil kavşağı: Dönel kavşak; Belediye önü kavşağı: Altgeçit; İskele yolu kavağı: Altgeçit) olduğu görülmüştür.



Şekil 48. NO salınım değerlerinin karşılaştırılması

Yakıt Tüketimi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Yakıt tüketimi sonuçları değerlendirilirken daha önce yaptıklarımızla aynı şekilde senaryo içerisindeki kavşaklardaki toplam yakıt tüketimi o senaryonun yakıt tüketim değeri olarak alınmıştır. Tablo 50’ de yakıt tüketim değerlerinin performans istatistikleri (S/N) verilmiştir.

Tablo 50. Yakıt tüketim değerleri performans istatistiği

Senaryo	Performans İstatistiği (S/N)
1-1-1-1	-61,26
1-2-2-2	-60,49
1-3-3-3	-56,38
2-1-2-3	-63,79
2-2-3-1	-62,26
2-3-1-2	-64,89
3-1-3-2	-59,86
3-2-1-3	-58,83
3-3-2-1	-61,93
Ortalama	-61,08

Tablo 50’ deki performans istatistikleri kullanılarak elde edilen ortalama S/N etkileri Tablo 51’ de verilmiştir.

Tablo 51. Yakıt tüketimi ortalama S/N etkileri

Platform Durumu	Donanma K.	Mobil K.	Belediye Önü K.	İskele Yolu K.
Sinyal Opt. (1)	-59,37	-61,64	-61,66	-61,82
Dönel Kavşak (2)	-63,65	-60,53	-62,07	-61,74
Altgeçit (3)	-60,21	-61,06	-59,5	-59,67

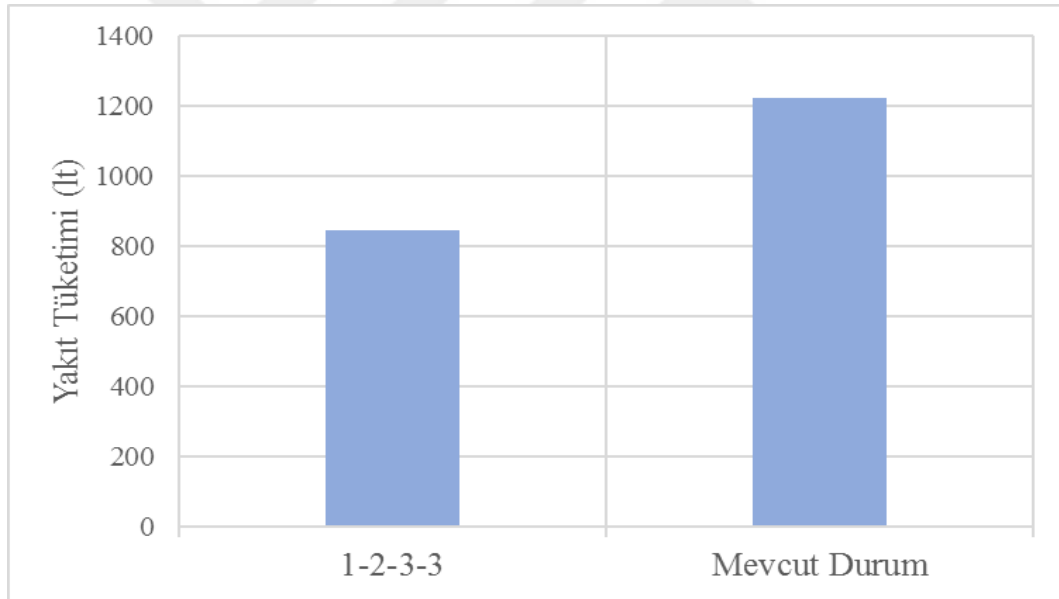
Tablo 51 incelendiğinde CO ve NO salınımını minimum yapan optimum durum ile yakıt tüketimini minimum yapan durumun aynı (Donanma kavşağı: Sinyal Opt.; Mobil kavşağı:

Dönel kavşak; Belediye önü kavşağı: Altgeçit; İskele yolu kavağı: Altgeçit) olduğu görülmektedir. Tahmini performans değerleri Tablo 52’ de verilmiştir.

Tablo 52. Yakıt tüketimi performans tahminleri

Kavşaklar	Platform durumu	S/N' e olan katkılar
<i>Donanma</i>	1. Seviye	1,701
<i>Mobil</i>	2. Seviye	0,55
<i>Belediye Önü</i>	3. Seviye	1,579
<i>İskele Yolu</i>	3. Seviye	1,407
Tüm Faktörlerin Katkısı (S/N)		5,237
Ortalama Performans İstatistiği (S/N)		-61,075
Optimum Şartlarda Beklenen Değer (S/N)		-55,838
Doğrulama Deneyi Sonuç Aralığı (kg)		596,23 / 1009,68

1-2-3-3 simülasyonu sonucunda toplam yakıt tüketimi değeri olarak 845,76 lt bulunmuştur ve %95 güven seviyesinde bulduğumuz aralıkta yer almaktadır. Yakıt tüketimini minimize etmek için en uygun senaryonun da 1-2-3-3 (Donanma kavşağı: Sinyal Opt.; Mobil kavşağı: Dönel kavşak; Belediye önü kavşağı: Altgeçit; İskele yolu kavağı: Altgeçit) olduğu görülmüştür.



Şekil 49. Yakıt tüketim değerlerinin karşılaştırılması

Kuyruk Uzunluğu Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Kuyruk uzunluklarında değerlendirilme yapılırken belediye önü ve iskele yolu kavşakları üç kollu kavşaklar olduğu ve güney yönünden kavşaklara giriş olmadığı göz önüne alınmıştır. Ayrıca donanma ve mobil kavşaklarında güney yönlerinde oluşan kuyruk uzunlukları dikkate alınmayacak kadar küçüktür. Değerlendirme yapılırken senaryo içerisindeki kavşakların aynı yönlerinde oluşan kuyruk uzunluklarının ortalaması, o senaryonun o yöndeki kuyruk uzunluğu olarak alınıp değerlendirme yapılmıştır. Altgeçit durumlarında kuyruk uzunluğu oluşmamıştır.

Kuzey yönündeki kuyruk uzunluklarının değerlendirilmesi

Tablo 53' de senaryolara ait kuzey yönlerindeki ortalama kuyruk uzunluğu S/N değerleri verilmiştir.

Tablo 53. Kuzey yönü kuyruk uzunluğu performans istatistiği

Senaryo	Performans İstatistiği (S/N)
1-1-1-1	-29,19
1-2-2-2	-38,86
1-3-3-3	-15,85
2-1-2-3	-29,32
2-2-3-1	-20
2-3-1-2	-38,85
3-1-3-2	-38,33
3-2-1-3	2,27
3-3-2-1	-19,5
Ortalama	-25,29

Tablo 53 kullanılarak ortalama S/N etkileri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

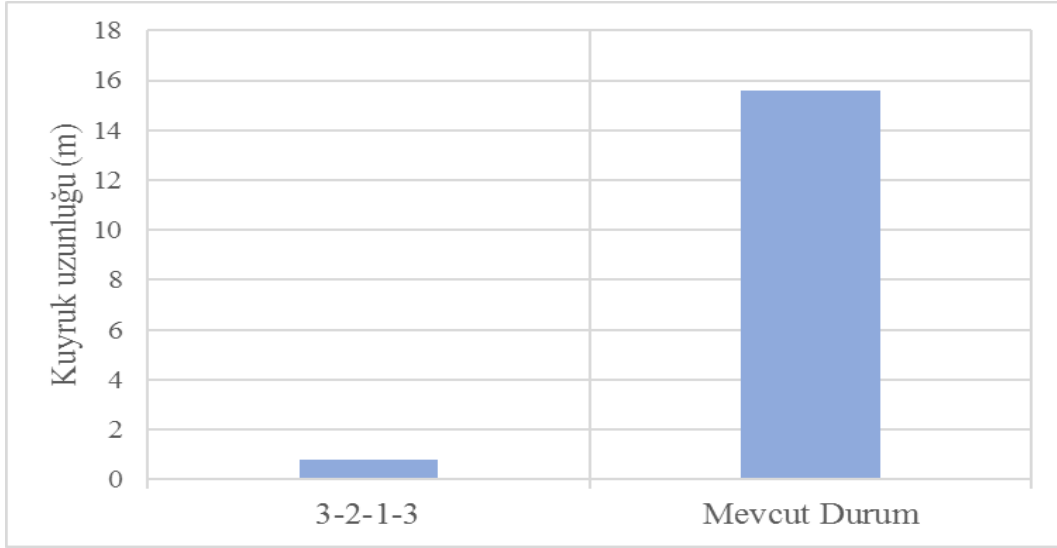
Tablo 54. Kuzey yönü kuyruk uzunluğu ortalama S/N etkileri

Platform Durumu	Donanma K.	Mobil K.	Belediye Önü K.	İskele Yolu K.
Sinyal Opt. (1)	-27,97	-32,28	-21,92	-22,9
Dönel Kavşak (2)	-29,39	-18,86	-29,23	-38,68
Altgeçit (3)	-18,52	-24,73	-24,73	-14,3

Tablo 54 incelendiğinde kuzey yönündeki ortalama kuyruk uzunluğunu minimum yapan kombinasyonun 3-2-1-3 (Donanma kavşağı: Altgeçit; Mobil kavşağı: Dönel kavşak; Belediye önü kavşağı: Sinyal Opt.; İskele yolu kavağı: Altgeçit) olduğu görülmektedir. Bu kombinasyon L_9 ortogonal dizisine göre yapılmış senaryolar içerisinde yer almaktadır ve bu senaryonun kuzey yönündeki ortalama kuyruk uzunluğu 0,77 m'dir. Aşağıdaki performans tahmini tablosu incelendiğinde bu değer tahmin aralığında olduğu ve mevcut durum değeri olan 15,39 m'den küçük olduğu görülmüştür.

Tablo 55. Kuzey yönü kuyruk uzunluğu performans tahmini

Kavşaklar	Platform durumu	S/N' e olan katkılar
Donanma	3. Seviye	6,772
Mobil	2. Seviye	6,427
Belediye Önü	1. Seviye	3,368
İskele Yolu	3. Seviye	10,993
Tüm Faktörlerin Katkısı (S/N)		27,56
Ortalama Performans İstatistiği (S/N)		-25,291
Optimum Şartlarda Beklenen Değer (S/N)		2,269
Doğrulama Deneyi Sonuç Aralığı (kg)	0,34	/ 3,82



Şekil 50. Kuzey yönü kuyruk uzunluğunun karşılaştırılması

Doğu yönündeki kuyruk uzunluklarının değerlendirilmesi

Bu yöndeki kuyruk uzunlukları değerlendirilirken kuzey yönünde yapılan işlemlerin aynılarını takip edilmiştir.

Tablo 56. Doğu yönü kuyruk uzunluğu performans istatistiği

Senaryo	Performans İstatistiği (S/N)
1-1-1-1	-38,56
1-2-2-2	-36,52
1-3-3-3	-26,58
2-1-2-3	-46,27
2-2-3-1	-43,24
2-3-1-2	-45,02
3-1-3-2	-35,05
3-2-1-3	-40,45
3-3-2-1	-35,29
Ortalama	-38,55

Tablo 57. Doğu yönü kuyruk uzunluğu ortalama S/N etkileri

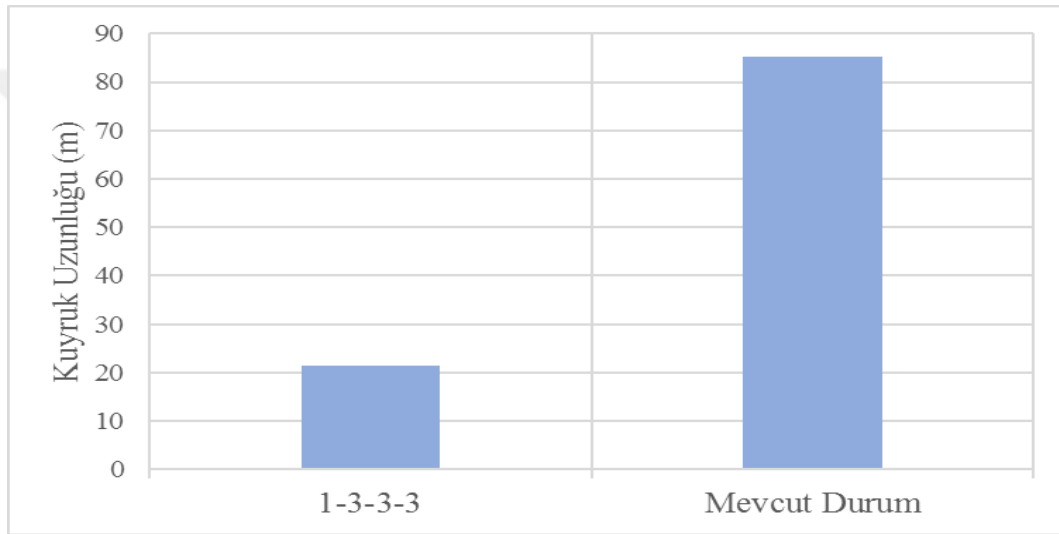
Platform Durumu	Donanma K.	Mobil K.	Belediye Önü K.	İskele Yolu K.
Sinyal Opt. (1)	-33,88	-39,96	-41,34	-39,03
Dönel Kavşak (2)	-44,84	-40,07	-39,36	-38,86
Altgeçit (3)	-36,93	-35,63	-34,96	-37,76

Ortalama S/N etkileri çizelgesi incelendiğinde doğu yönündeki ortalama kuyruk uzunluğunu minimum yapacak kombinasyonun 1-3-3-3 (Donanma kavşağı: Sinyal Opt.; Mobil kavşağı: Altgeçit; Belediye önü kavşağı: Altgeçit; İskele yolu kavşağı: Altgeçit) olduğu görülür.

Tablo 58. Doğu yönü kuyruk uzunluğu performans tahmini

Kavşaklar	Platform durumu	S/N' e olan katkılar
Donanma	1. Seviye	4,667
Mobil	3. Seviye	2,922
Belediye Önü	3. Seviye	3,596
İskele Yolu	3. Seviye	0,788
Tüm Faktörlerin Katkısı (S/N)		11,973
Ortalama Performans İstatistiği (S/N)		-38,551
Optimum Şartlarda Beklenen Değer (S/N)		-26,578
Doğrulama Deneyi Sonuç Aralığı (kg)	18,62	29,28

1-3-3-3 kombinasyonu yapmış olduğumuz senaryolar içerisinde ve doğu yönündeki ortalama kuyruk uzunluğu 21,32 m'dir. Bu değer tahmin aralığında ve mevcut durumdan daha düşük olduğu görülmüştür.

**Şekil 51.** Doğu yönü kuyruk uzunluğunun karşılaştırılması

Batı yönündeki kuyruk uzunluklarının değerlendirilmesi

Batı yönündeki kuyruk uzunlukları değerlendirilirken de diğer yönlerde yapılan işlemlerin aynısı takip edilmiştir.

Tablo 59. Batı yönü kuyruk uzunluğu performans istatistiği

Senaryo	Performans İstatistiği (S/N)
1-1-1-1	-39,82
1-2-2-2	-38,9
1-3-3-3	-35,99
2-1-2-3	-37,66
2-2-3-1	-40,26
2-3-1-2	-40,86
3-1-3-2	-32,81
3-2-1-3	-22,14
3-3-2-1	-44,62
Ortalama	-37,01

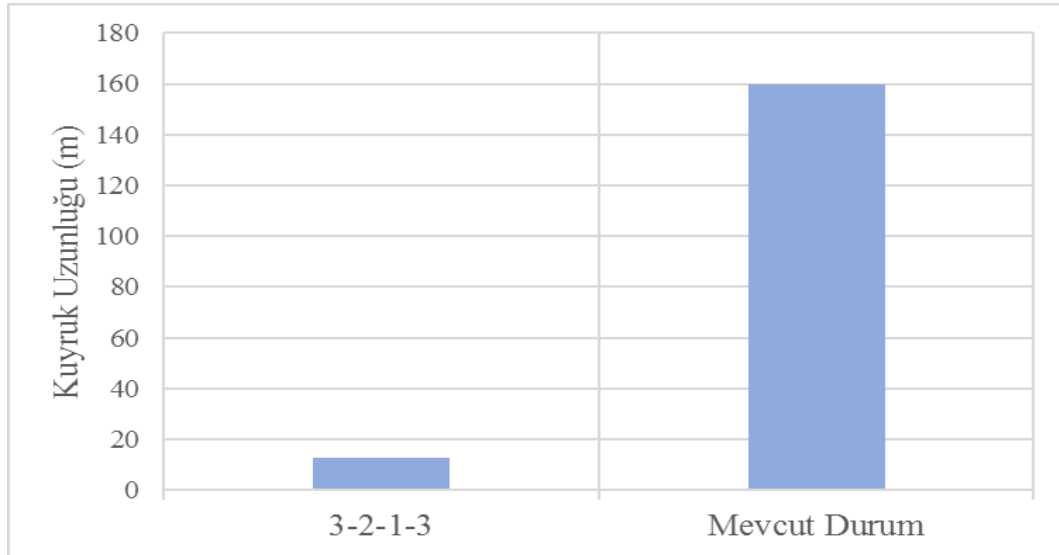
Tablo 60. Batı yönü kuyruk uzunluğu ortalama S/N etkileri

Platform Durumu	<i>Donanma K.</i>	<i>Mobil K.</i>	<i>Belediye Önü K.</i>	<i>İskele Yolu K.</i>
<i>Sinyal Opt. (1)</i>	-38,24	-36,76	-34,28	-41,57
<i>Dönel Kavşak (2)</i>	-39,59	-33,77	-40,39	-37,52
<i>Altgeçit (3)</i>	-33,19	-40,49	-36,35	-31,93

Tablo 60’ da görüldüğü gibi batı yönündeki ortalama kuyruk uzunluğunu minimum yapan kombinasyonun kuzey yönüyle aynı olan 3-2-1-3 (Donanma kavşağı: Altgeçit; Mobil kavşağı: Dönel kavşak; Belediye önü kavşağı: Sinyal Opt.; İskele yolu kavşağı: Altgeçit) durumunda mümkün olacağı görülmektedir. Bu durumda batı yönünde ortalama kuyruk uzunluğunun 12,8 m olduğu simülasyonlar sonucunda görülmüştür. Bu değer tahminin değer aralığında bulunmakla beraber mevcut durum ortalama değerinden oldukça küçüktür.

Tablo 61. Batı yönü kuyruk uzunluğu performans tahmini

Kavşaklar	Platform durumu	S/N' e olan katkılar
<i>Donanma</i>	3. Seviye	3,815
<i>Mobil</i>	2. Seviye	3,24
<i>Belediye Önü</i>	1. Seviye	2,73
<i>İskele Yolu</i>	3. Seviye	5,077
Tüm Faktörlerin Katkısı (S/N)		14,862
Ortalama Performans İstatistiği (S/N)		-37,006
Optimum Şartlarda Beklenen Değer (S/N)		-22,144
Doğrulama Deneyi Sonuç Aralığı (kg)		6,31 / 48,75

**Şekil 52.** Batı yönü kuyruk uzunluğunun karşılaştırılması

Seyahat Süresi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Seyahat süreleriyle ilgili değerlendirilme yapılırken koridor boyunca hareket eden araçların (Batı’dan Doğu’ya, Doğu’dan Batı’ya) seyahat süreleri kullanılmıştır ve optimum

durumda bulunan değerler mevcut durum ile karşılaştırılmıştır. Batı-Doğu ve Doğu-Batı olmak üzere iki seyahat için değerlendirmeler ayrı başlıklar altında verilmiştir.

Batı-Doğu yönü seyahat sürelerinin değerlendirilmesi

Tablo 62’de senaryolara ait batı-doğu seyahat süresi performans istatistikleri verilmiştir.

Tablo 62. Batı-Doğu yönü seyahat süresi performans istatistiği

Senaryo	Performans İstatistiği (S/N)
1-1-1-1	-49,46
1-2-2-2	-46,88
1-3-3-3	-46,13
2-1-2-3	-48,16
2-2-3-1	-48,59
2-3-1-2	-48,12
3-1-3-2	-46,59
3-2-1-3	-44,93
3-3-2-1	-52,36
Ortalama	-47,91

Ortalama S/N etkileri Tablo 62’den yararlanılarak Tablo 63 oluşturulmuştur.

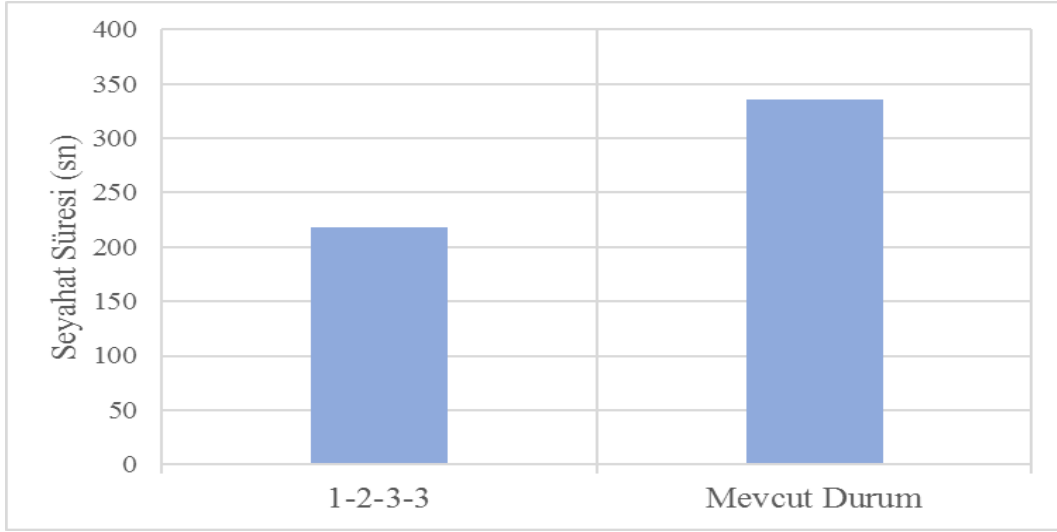
Tablo 63. Batı-Doğu yönü seyahat süresi ortalama S/N etkileri

Platform Durumu	Donanma K.	Mobil K.	Belediye Önü K.	İskele Yolu K.
Sinyal Opt. (1)	-47,49	-48,07	-47,51	-50,14
Dönel Kavşak (2)	-48,29	-46,8	-49,13	-47,2
Altgeçit (3)	-47,96	-48,87	-47,1	-46,41

Tablo 63’den anlaşılacağı üzere Batı-Doğu seyahat süresini minimum yapan optimum durumun 1-2-3-3 (Donanma kavşağı: Sinyal Opt.; Mobil kavşağı: Dönel kavşak; Belediye önü kavşağı: Altgeçit; İskele yolu kavşağı: Altgeçit) olduğu görülmektedir. 1-2-3-3 durumu için yapılan simülasyon sonucunda seyahat süresinin 218,18 sn çıktığı görülmüştür. Bu değer Tablo 64’te verilen tahmin aralığında bulunduğu ve mevcut durum seyahat süresi olan 335,82 sn değerinden oldukça küçük olduğu görülmüştür. Dolayısıyla 1-2-3-3 kombinasyonu Batı-Doğu yönü seyahat süresinde iyileşme olmuştur.

Tablo 64. Batı-Doğu yönü seyahat süresi performans tahmini

Kavşaklar	Platform durumu	S/N' e olan katkılar
Donanma	1. Seviye	0,423
Mobil	2. Seviye	1,115
Belediye Önü	3. Seviye	0,809
İskele Yolu	3. Seviye	1,506
Tüm Faktörlerin Katkısı (S/N)		3,853
Ortalama Performans İstatistiği (S/N)		-47,913
Optimum Şartlarda Beklenen Değer (S/N)		-44,06
Doğrulama Deneyi Sonuç Aralığı (kg)	152,83	/ 237,51



Şekil 53. Batı-Doğu yönü seyahat süresi karşılaştırılması

Doğu-Batı yönü seyahat sürelerinin değerlendirilmesi

Batı-Doğu yönü seyahat süresi değerlendirilmesinde yapılan işlemlerin aynıları yapılmıştır.

Tablo 65. Doğu-Batı yönü seyahat süresi performans istatistiği

Senaryo	Performans İstatistiği (S/N)
1-1-1-1	-48,98
1-2-2-2	-47,62
1-3-3-3	-44,43
2-1-2-3	-53,45
2-2-3-1	-52,17
2-3-1-2	-53,33
3-1-3-2	-46,94
3-2-1-3	-48,95
3-3-2-1	-47,61
Ortalama	-49,27

Tablo 66. Doğu-Batı yönü seyahat süresi ortalama S/N etkileri

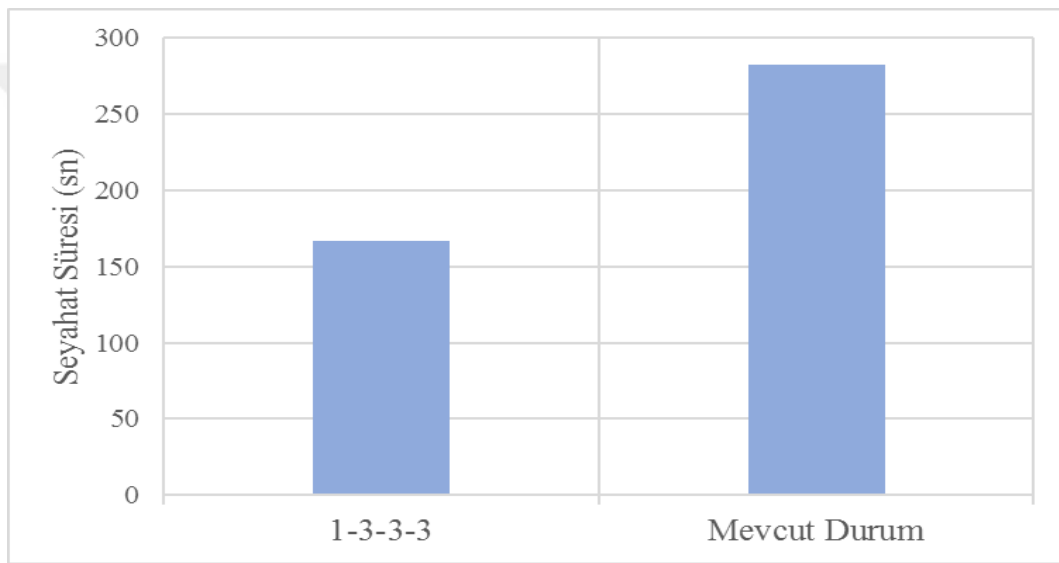
Platform Durumu	Donanma K.	Mobil K.	Belediye Önü K.	İskele Yolu K.
Sinyal Opt. (1)	-47,01	-49,79	-50,42	-49,59
Dönel Kavşak (2)	-52,98	-49,58	-49,56	-49,29
Altgeçit (3)	-47,83	-48,45	-47,84	-48,94

Tablo 66'dan anlaşıldığı üzere Doğu-Batı yönünde seyahat süresi için optimum durum 1-3-3-3 (Donanma kavşağı: Sinyal Opt.; Mobil kavşağı: Altgeçit; Belediye önü kavşağı: Altgeçit; İskele yolu kavağı: Altgeçit) kombinasyonudur. Bu kombinasyon yapmış olduğumuz senaryolar içerisinde ve seyahat süresi 166,53 sn olarak ölçülmüştür. Bu kombinasyon ile

mevcut durum seyahat süresi olan 282,44 sn' den oldukça düşük bir değer elde edilmiştir. Ayrıca bu değer performans tahmini min. ve maks. değerleri arasındadır.

Tablo 67. Doğu-Batı yönü seyahat süresi performans tahmini

Kavşaklar	Platform durumu	S/N' e olan katkılar
<i>Donanma</i>	1. Seviye	2,264
<i>Mobil</i>	3. Seviye	0,82
<i>Belediye Önü</i>	3. Seviye	1,43
<i>İskele Yolu</i>	3. Seviye	0,331
Tüm Faktörlerin Katkısı (S/N)		4,845
Ortalama Performans İstatistiği (S/N)		-49,274
Optimum Şartlarda Beklenen Değer (S/N)		-44,429
Doğrulama Deneyi Sonuç Aralığı (kg)		155,69 / 192,28



Şekil 54. Doğu-Batı yönü seyahat süresi karşılaştırılması

Gecikme Süresi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Seyahat süresilerinin değerlendirilmesinde yapılan işlemlerin aynısı gecikme sürelerinde de yapılmıştır.

Batı-Doğu yönü gecikme sürelerinin değerlendirilmesi

Batı-Doğu yönünde senaryolarda meydana gelen gecikme sürelerinin performans istatistikleri Tablo 68' de gösterilmiştir.

Tablo 68. Batı-Doğu yönü gecikme süresi performans istatistiği

Senaryo	Performans İstatistiği (S/N)
1-1-1-1	-44,16
1-2-2-2	-37,47
1-3-3-3	-36,49
2-1-2-3	-40,99
2-2-3-1	-41,97
2-3-1-2	-40,92
3-1-3-2	-37,41
3-2-1-3	-31,49
3-3-2-1	-48,84
Ortalama	-39,97

Tablo 69. Batı-Doğu yönü gecikme süresi ortalama S/N etkileri

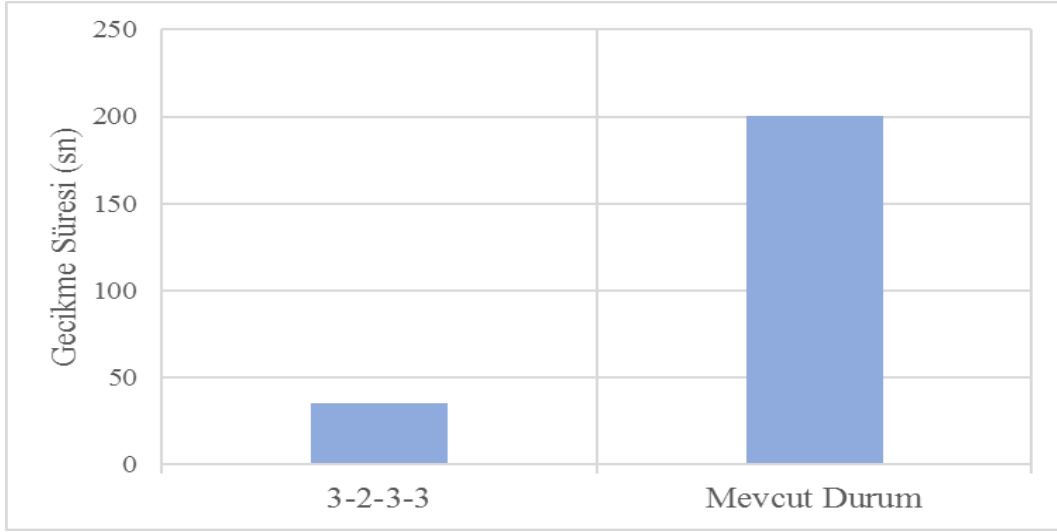
Platform Durumu	<i>Donanma K.</i>	<i>Mobil K.</i>	<i>Belediye Önü K.</i>	<i>İskele Yolu K.</i>
<i>Sinyal Opt. (1)</i>	-39,38	-40,86	-38,86	-44,99
<i>Dönel Kavşak (2)</i>	-41,29	-36,98	-42,43	-38,6
<i>Altgeçit (3)</i>	-39,25	-42,08	-38,62	-36,33

Ortalama S/N etkileri çizelgesi incelendiğinde optimum durumun 3-2-3-3 (Donanma kavşağı: Altgeçit; Mobil kavşağı: Dönel kavşak; Belediye önü kavşağı: Altgeçit; İskele yolu kavşağı: Altgeçit) durumu olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum oluşturduğumuz senaryolar içerisinde bulunmamaktadır. simülasyon ortamında 3-2-3-3 durumu simüle edilmiş ve Batı-Doğu yönü gecikme süresi 34,99 sn olarak bulunmuştur. Bulmuş olduğumuz bu değer performans tahmin aralığı içerisinde olup Tablo 70' de gösterilmiştir.

Tablo 70. Batı-Doğu yönü gecikme süresi performans tahmini

Kavşaklar	Platform durumu	S/N' e olan katkılar
<i>Donanma</i>	3. Seviye	0,726
<i>Mobil</i>	2. Seviye	2,996
<i>Belediye Önü</i>	3. Seviye	1,348
<i>İskele Yolu</i>	3. Seviye	3,646
Tüm Faktörlerin Katkısı (S/N)		8,716
Ortalama Performans İstatistiği (S/N)		-39,972
Optimum Şartlarda Beklenen Değer (S/N)		-31,256
Doğrulama Deneyi Sonuç Aralığı (kg)	27,25	57,96

Bulduğumuz bu değer mevcut durum değerinden oldukça düşüktür. Bu kombinasyonla mevcut duruma göre büyük ölçüde iyileştirme gerçekleşmiştir.



Şekil 55. Batı-Doğu yönü gecikme süresi karşılaştırılması

Doğu-Batı yönü gecikme sürelerinin değerlendirilmesi

Tablo 71' de simülasyon sonuçları performans istatistikleri verilmiştir.

Tablo 71. Doğu-Batı yönü gecikme süresi performans istatistiği

Senaryo	Performans İstatistiği (S/N)
1-1-1-1	-43,24
1-2-2-2	-39,33
1-3-3-3	-29,65
2-1-2-3	-50,32
2-2-3-1	-48,37
2-3-1-2	-50,15
3-1-3-2	-38,37
3-2-1-3	-42,92
3-3-2-1	-40,05
Ortalama	-42,49

Tablo 72. Doğu-Batı yönü gecikme süresi ortalama S/N etkileri

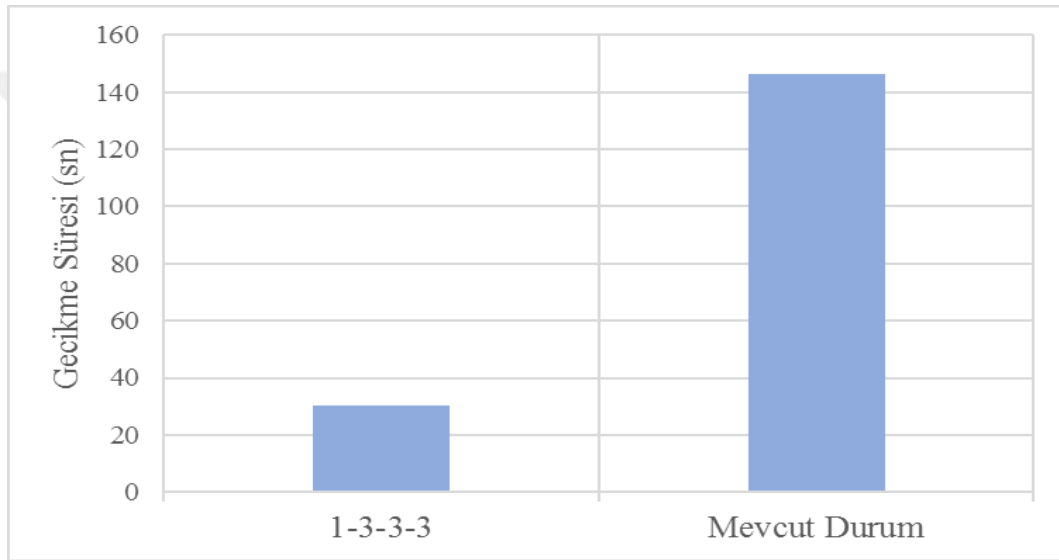
Platform Durumu	Donanma K.	Mobil K.	Belediye Önü K.	İskele Yolu K.
Sinyal Opt. (1)	-37,41	-43,98	-45,44	-43,89
Dönel Kavşak (2)	-49,61	-43,54	-43,24	-42,62
Altgeçit (3)	-40,45	-39,95	-38,8	-40,97

Tablo 72'den görüldüğü üzere Doğu-Batı yönünde minimum gecikme süresi veren kombinasyonun 1-3-3-3 (Donanma kavşağı: Sinyal Opt.; Mobil kavşağı: Altgeçit; Belediye önü kavşağı: Altgeçit; İskele yolu kavşağı: Altgeçit) olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum yapmış olduğumuz simülasyonların içerisinde olmakla beraber gecikme süresi olarak 30,38 sn ölçülmüştür. Bu değer %95 güven aralığında performans tahminlerimiz aralığındadır (Tablo

73). Ayrıca mevcut durum değeri olan 146,5 sn değerinin neredeyse beşte biridir. Bu kombinasyonla Doğu-Batı yönü gecikme süresinde büyük oranda azalma sağlanmıştır.

Tablo 73. Doğu-Batı yönü gecikme süresi performans tahmini

Kavşaklar	Platform durumu	S/N' e olan katkılar
<i>Donanma</i>	1. Seviye	5,082
<i>Mobil</i>	3. Seviye	2,539
<i>Belediye Önü</i>	3. Seviye	3,692
<i>İskele Yolu</i>	3. Seviye	1,524
Tüm Faktörlerin Katkısı (S/N)		12,837
Ortalama Performans İstatistiği (S/N)		-42,489
Optimum Şartlarda Beklenen Değer (S/N)		-29,652
Doğrulama Deneyi Sonuç Aralığı (kg)		22,37 / 58,62



Şekil 56. Doğu-Batı yönü gecikme süresi karşılaştırılması

KAYNAKLAR

- Abret N. E., 2016. Koridor Analizi ve İyileştirme Önerileri Üzerine Bir Çalışma: Atatürk Üniversitesi Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Akmaz M. M., 2012. Konya'nın Önemli Sinyalize Kavşaklarının Bilgisayar Programı ile İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Alçelik N., 2010. Kent İçi Sinyalize ve Dönel Kavşakların Kapasite Açısından Karşılaştırılması Ümraniye İlçesi Örneğinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçeşehir Üniversitesi, İstanbul.
- Aydın A. C., Düzgün O. A., Tortum A., (2008). Optimum conditions for steel fibers on the pumice concrete. Pollack Periodica, 3(1), 101-112.
- Bayata H. F., Bayrak O. Ü., 2018. Yeni yapılması planlanan bir kavşağın mikrosimülasyon ile değerlendirilmesi. Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11(3), 550-559.
- Bayrak O. Ü., 2007. Rijit Üstyapı Tasarımına Yeni Bir Yaklaşım. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Bayrak O. Ü., Bingöl M. Z., Bayata H. F., 2019. SIFCON ile üretilen beton yolların bazı mekanik özelliklerinin optimizasyonu. Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 12(1), 411-424.
- D'Ambrogio A., Iazeolla G., Pasini L., Pieroni A., 2008. Simulation model building of traffic intersections. Simulation Modelling Practice and Theory, 17, 625-640.
- Du Y., Zhao C., Zhang X., Sun L., 2015. Microscopic simulation evaluation method on access traffic operation. Simulation Modelling Practice and Theory, 53, 139-148.
- Fernandes P., Coelho M. C., Roupail N.M., 2017. Assessing the impact of closely-spaced intersections on traffic operations and pollutant emissions on a corridor level. Transportation Research Part D, 54, 304-320.
- Fidan O., Hafif Kompozit Malzemelerde İç Kürleme Etkisinin Taguchi Metodu ile İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli.
- Gastaldi M., Meneguzzo C., Rossi R., Lucia L. D., Gecchele G., 2014. Evaluation of air pollution impacts of a signal control to roundabout conversion using micrisimulation. Transportation Research Procedia, 3, 1031-1040.
- GoogleEarth, 2019. "Google Earth." <https://www.google.com/earth/>. (07.11.2019).
- Gökten B., 2018. Türkiye Karayolu Ağında Kullanılan Hemzemin Kavşaklar ile Farklı Seviyeli Kavşakların Karşılaştırılması ve Başpınar Kavşağı Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray Üniversitesi, Aksaray.
- Hassan A., Shahin M. M., Morsy M., 2011. Area traffic capacity in central areas-Alexandria city center as a case study. Alexandria Engineering Journal, 50, 367-380.
- İnançlı M., 2012. Dönel Kavşakların Güvenliği ve Konya'daki Bazı Kavşakların İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçeşehir Üniversitesi, İstanbul.
- Keskin F. Ş., 2016. Perlit ve Taban Külü Katkılı Harç Özelliklerinin Taguchi Deneyisel Tasarım Yöntemi ile İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli.
- KGM., 2005. Karayolu Tasarımı El Kitabı, 297s.
- Korfant M., Gogola M., 2017. Possibilities of using traffic planning software in Bratislava. Procedia Engineering, 192, 433-438.

- Lin D., Yang X., Gao C., 2013. VISSIM-based Simulation Analysis on Road Network of CBD in Beijing, China. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 96, 461-472.
- Lv J., Zhang Y., 2012. Effect of signal coordination on traffic emission. *Transportation Research Part D*, 17, 149-153.
- Ma X., Jin J., Lei W., 2014. Multi-criteria analysis of optimal signal plans usng microscopic traffic models. *Transportation Research Part D*, 32, 1-14.
- Nikitin N., Patskan V., Savina I., 2017. Efficiency Analysis of Roundabout with Traffic Signals. *Transportation Research Procedia*, 20, 443-449.
- Nyame-Baafi E., Adams C. A., Osei K. K., 2018. Volume warrants fot majör and minör roads left-turning traffic lanes at unsignalized T-intersection: A case study using VISSIM modelling. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 5(5), 417-428.
- Priya K. H., Shankar K. V. R. R., Prasad C. S. R. K., Reddy T. S., 2013. Evaluation of Area Traffic Management Measures using Microscopic Simulation Model. *Procedia-Social an Behavioral Sciences*, 104, 815-824.
- Shaaban K., Kim I., 2015. Comparison of SimTraffic and VISSIM Microscopik Traffic Simulation Tools in Modeling Roundabouts. *Procedia Computer Science*, 52, 43-50.
- Siddharth S. M. P., Ramadurai G., 2013. Calibration of VISSIM for Indian Heterogeneous Traffic Conditions. *Pracedia-Social and Behavioral Sciences*, 104, 380-389.
- Tortum A., Çelik C., Aydın A. C., 2005. Determination of the optimum conditions for tire rubber in asphalt concrete. *Building and Environment*, 40, 1492-1504.
- Tunç A., 2013. Trafik Mühendisliği ve Uygulamaları, 790 s, Asil Yayınevi
- Tunçel M. U. 2018. Polipropilen Lif ve Kevlar Katkılı Yol Betonlarının Taguchi Yöntemi Optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Vaiana R., Gallelli V., Iuele T., 2012. Simulation of Observed Traffic Conditions on Roundabouts by Dedicated Software. *Procedia-Social Behavioral Sciences*, 53, 742-754.
- Yalgın C. C., 1975. Yolların Kapasitesi, 523s, Bayındırlık Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü
- Yayla N., 2015. Karayolu Mühendisliği, 285s, Birsen Yayınevi
- Yun M., Ji J., 2013. Delay Analysis of Stop Sign Intersection and Yield Sign Intersection Based on VISSIM. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 96, 2024-2031.
- Yüksel E., 2007. Modern Dönel Kavşakların Kapasite ve trafik Güvenliği Yönünden İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı:	Oğuzhan AKPINAR
Doğum tarihi:	31 Ağustos 1992
Doğum Yeri:	Merkez / Erzincan
Uyruğu:	T.C.
Adres:	Gölcük / Kocaeli
E-mail:	oguzhanakpinar24@gmail.com
Eğitim	
Lise:	Gölcük Barbaros Hayrettin Lisesi
Lisans:	Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi
Yüksek lisans:	Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Yabancı Dil Bilgisi	
İngilizce:	İyi
Üye Olunan Mesleki Kuruluşlar	
TMMOB İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI – KOCAELİ ŞUBESİ, 2016	