

**T.C.
ADİYAMAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KARAYOLUNDA BİR KÖPRÜLÜ KAVŞAK ÇALIŞMASININ
ENERJİ TASARRUFU VE MADDİ KAYIPLARIN AZALMASI
YÖNÜNDEN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İLYAS NAR

**DANIŞMAN
PROF. DR. REFET KARADAĞ**

ADİYAMAN, 2025

ÖZET

KARAYOLUNDA BİR KÖPRÜLÜ KAVŞAK ÇALIŞMASININ ENERJİ TASARRUFU VE MADDİ KAYIPLARIN AZALMASI YÖNÜNDEN İNCELENMESİ

İlyas NAR

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Adıyaman Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 02/2025, Sayfa:99

Danışman: Prof. Dr. Refet KARADAĞ

Bu çalışmada, öncelikle istatistik veriler kullanılarak ışıklı kavşakların trafik kazaları, enerji giderleri ve çevre kirliliği açısından genel bir değerlendirmesi yapılmıştır. Ardından, kavşaklarda ışıklandırmanın en uygun tasarımının maddi kayıplar ve enerji maliyetleri açısından etkisi analiz edilmiştir. Bu bağlamda, ilk olarak günün tüm saatlerinde aynı ışıklandırma süresinin uygulandığı durum incelenmiştir. İkinci olarak, mesai durumları, trafik yoğunluğu gibi faktörlerin dikkate alındığı ve günün farklı saatlerinde farklı ışıklandırma seçeneklerinin uygulandığı durumlar değerlendirilmiştir. Her iki durumda da süre yönünden en uygun tasarım seçenekleri incelenmiş ve elde edilen sonuçlar maddi kayıplar ve enerji tasarrufu açısından karşılaştırılmıştır. Daha sonra, köprülü kavşak uygulamasının maddi kayıplar ve enerji tasarrufuna etkisi analiz edilmiştir. Bu çerçevede, bu konuda yapılan çalışmalar incelenmiş ve genel bir değerlendirme yapılmıştır. Söz konusu köprülü kavşaklar öncesinde ve sonrasındaki istatistik veriler toplanmış, bu verilerin genel bir değerlendirmesi yapılarak yorumlanmıştır. Ardından, Adıyaman ve Kahramanmaraş'ta örnek olarak ele alınan köprülü kavşaklarda günlük geçen araç sayıları ve araçların bekleme süreleri dikkate alınarak, köprülü kavşak yapımının maddi kayıplar ve enerji maliyetine etkisi araştırılmıştır.

Araştırmanın ilk aşamasında ışıklı kavşakların değerlendirmesi yapılmış ve bu kavşaklarda trafik yoğunluğu ve enerji tüketimi arasındaki ilişki analiz edilmiştir. Günün farklı saatlerinde adaptif ışıklandırma sistemlerinin kullanımıyla enerji tasarrufu sağlanabileceği ve trafik kazalarının azaltılabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Mesai saatleri dışında trafik yoğunluğunun azalmasıyla ışıklandırma sürelerinin kısaltılması enerji maliyetlerini düşürmüş ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri azaltmıştır. Araştırma, trafik yoğunluğu ve mesai durumlarını dikkate alan dinamik bir ışıklandırma sisteminin geliştirilmesini önermektedir.

Köprülü kavşakların etkilerini inceleyen ikinci aşamada, Adıyaman ve Kahramanmaraş illerindeki köprülü kavşaklar örnek alınarak, bu bölgelerdeki araç trafiği ve bekleme süreleri analiz edilmiştir. Bulgular, köprülü kavşakların trafik düzenlemesine katkı sağladığını, enerji tasarrufuna olanak tanıdığını ve maddi kayıpları azalttığını göstermiştir. Bu bulgular ışığında, köprülü kavşakların sayısının artırılması ve ihtiyaç duyulan bölgelerde çok katlı köprülü kavşakların inşa edilmesi gerektiği belirtilmiştir.

Çalışma, aynı zamanda, sürdürülebilir ve çevre dostu bir ulaşım planlamasının önemine dikkat çekmiştir. İnsan merkezli, yerel kaynakların etkin kullanımını gözetken ve toplu taşıma sistemlerini iyileştiren ulaşım politikalarının uygulanmasının gerekliliği vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Işıklı kavşaklar; Trafik tasarımı; Enerji tasarrufu; Köprülü kavşak; Maddi kayıplar.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF A HIGHWAY INTERSECTION WORK IN TERMS OF ENERGY SAVINGS AND REDUCTION OF FINANCIAL LOSSES

İlyas NAR

Department of Mechanical Engineering

Adiyaman University, Graduate Education Institute, 02/2025, Page:99

Supervisor: Prof. Dr. Refet KARADAĞ

In this study, firstly, a general evaluation of signalized intersections in terms of traffic accidents, energy costs and environmental pollution was made using statistical data. Then, the effect of the most appropriate design of lighting at intersections in terms of financial losses and energy costs was analyzed. In this context, firstly, the situation where the same lighting duration was applied at all hours of the day was examined. Secondly, the situations where factors such as working hours and traffic density were taken into account and different lighting options were applied at different hours of the day were evaluated. In both cases, the most appropriate design options in terms of duration were examined and the obtained results were compared in terms of financial losses and energy savings. Then, the effect of the bridge intersection application on financial losses and energy savings was analyzed. In this context, the studies conducted on this subject were examined and a general evaluation was made. The statistical data before and after the bridge intersections in question were collected, a general evaluation of this data was made and interpreted. Then, the effect of the bridge intersection construction on financial losses and energy costs was investigated by considering the daily number of vehicles passing and the waiting times of the vehicles at the bridge intersections taken as examples in Adiyaman and Kahramanmaraş. In the first phase of the research, the evaluation of signalized intersections was conducted and the relationship between traffic density and energy consumption at these intersections was analyzed. It was concluded that energy savings could be achieved and traffic accidents could be reduced by using adaptive lighting systems at different times of the day. Shortening lighting times by reducing traffic density outside working hours reduced energy costs and reduced negative effects on the environment. The research suggests the development of a dynamic lighting system that takes traffic density and working hours into account.

In the second phase examining the effects of bridge intersections, bridge intersections in Adiyaman and Kahramanmaraş provinces were taken as examples and vehicle traffic and waiting times in these regions were analyzed. The findings showed that bridge intersections contribute to traffic regulation, enable energy savings and reduce financial losses. In the light of these findings, it was stated that the number of bridge intersections should be increased and multi-level bridge intersections should be constructed in the regions where they are needed.

The study also drew attention to the importance of sustainable and environmentally friendly transportation planning. The necessity of implementing transportation policies that focus on people, take into account the efficient use of local resources, and improve public transportation systems has been emphasized.

Keywords: Illuminated intersections; Traffic design; Energy saving; Bridge intersection; Material losses.

TEŞEKKÜR

Son yıllarda küresel çapta yaşanan iklim krizi, kuraklık, küresel ısınma, pandemiler, salgın hastalıklar, ekonomik krizler, savaşların olumsuz etkileri, terörizm, doğal afetler vs. dünyanın birçok ülkesini olduğu gibi Türkiye’yi de etkilemiştir. Bütün bu olumsuzlukların üstüne bir de 6 Şubat 2023 tarihinde Kahramanmaraş merkezli on bir ilimizde meydana gelen deprem felaketi birey ve toplum hayatında ciddi tahribatlara yol açmıştır. Böyle bir süreçte yüksek lisans eğitimi yapmak son derece zahmetli olmuş ve yoğun bir çabayı gerektirmiştir. Bilhassa tez çalışmasının literatür taraması aşamasında Covid-19 pandemisi ve deprem felaketinden dolayı kütüphane kaynaklarına, saha çalışması sürecinde ise kurumların bilgi ve belgelerine ulaşmakta güçlük yaşanmıştır. Bu çalışmanın bu aşamaya gelmesinde emeği olan kişilerin ve kurumların desteği olmadan bu tezin bitmesi mümkün değildi. Bütün bu yaşanan zorlu sürece rağmen ilgili kurumların yetkilileri elinden gelen desteği sağlamışlardır. Bundan dolayı hepsine ayrı ayrı teşekkür ederim. Yüksek lisans eğitimim boyunca maddi ve manevi desteğini esirgemeyen başta danışman hocam Prof. Dr. Refet KARADAĞ olmak üzere Adıyaman Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümündeki bütün hocalarıma teşekkürü borç bilirim. Tez çalışması boyunca engin bilgilerinden ve tecrübelerinden faydalandığım, burada ismini tek tek zikretme imkânı olmayan bütün hocalarıma, büyüklerime, dostlarıma minnettarım. Bu zorlu süreçte daima yanımda olan aileme ve çocuklarıma sonsuz teşekkürler...

İlyas NAR

Adıyaman-2025

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Adıyaman Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

İlyas NAR

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
BAŞLIK SAYFASI.....	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
TABLolar DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI.....	17
2.1. Kavşak Tanımları Ve Çeşitleri.....	20
2.1.1. Köprülü kavşak ve köprülü kavşak çeşitleri	20
2.1.1.1. T (Trompet) kavşak tipi	21
2.1.1.2. Y tipi kavşak.....	22
2.1.1.3. Yonca yaprağı köprülü kavşak	22
2.1.1.4. Baklava (diamond) tipi köprülü kavşak.....	23
2.1.1.5. Köprülü dönel kavşak.....	24
2.2. Rölanti Halinde Araçların Yakıt Sarfiyatları.....	25
2.3 Maliyet Analizi.....	26
2.4. Trafik Yoğunluğunun Oluşturduğu Olumsuzluklar.....	27
2.4.1. Trafik kazalarının artışı.....	27
2.4.2. Hava kirliliğinin artışı	31
2.4.3. Enerji kaybı ve maddi kayıplar	34
2.4.4. Ses ve görüntü kirliliği.....	39
3. MATERYAL VE METOD	42
3.1. Altınşehir Köprülü Kavşağı İle İlgili Veriler.....	43
3.2. Arsan Köprülü Kavşağı İle İlgili Veriler.....	49
3.3. Ağcalı Işıklı Kavşağı İle İlgili Veriler.....	53

3.3.1 Ağcalı ışıklı kavşağının günün farklı saatlerinde farklı ışıklandırma durumu	55
3.3.2. Ağcalı Işıklı Kavşağının Sabit Işıklı Sistemle Yönetildiği Durumdaki Yakıt Sarfıyatı Hesabı.....	61
3.3.3. Ağcalı ışıklı kavşağının köprülü kavşak olarak tasarlanma durumu ..	62
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	64
4.1. Altınşehir Köprülü Kavşağına İlişkin Bulgular.....	64
4.2. Arsan Köprülü Kavşağına İlişkin Bulgular.....	70
4.3. Ağcalı Işıklı Kavşağına İlişkin Bulgular.....	74
4.3.1 Ağcalı ışıklı kavşağının günün farklı saatlerinde farklı ışıklandırma durumunda elde edilen bulgular	75
4.3.2. Ağcalı ışıklı kavşağının günün farklı saatlerinde sabit ışıklandırma durumu	86
4.3.3. Ağcalı ışıklı kavşağının köprülü kavşak olması durumu.....	87
5. SONUÇ	91
KAYNAKÇA.....	97
ÖZGEÇMİŞ	

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 1.1. Ülkemiz ve bazı avrupa ülkelerine ait trafik kaza bilgileri ve bin kişiye düşen otomobil sayılarının 2021 yılı karşılaştırmaları.....	3
Tablo 1.2. Ülkemiz ve bazı avrupa ülkelerine ait yol uzunluk bilgileri (2021 Yılı).....	4
Tablo 1.3. Ülkemiz ve bazı avrupa ülkelerine ait motorlu kara taşıt sayıları (2021 Yılı)	5
Tablo 1.4. Yıllar itibarıyla otoyollar, devlet yolları ve il yolları üzerinde seyir ve taşımalar	7
Tablo 1.5. Türkiye’de yol cinsleri ve km uzunlukları (1984-2022)	8
Tablo 1.6. Türkiye’de kara taşıt sayısı.....	9
Tablo 1.7. Türkiye’de ulaşım modlarına göre taşınan yük ve yolcu oranları (2016-2021)..	9
Tablo 1.8. Trafik kaza istatistikleri (2019-2021)	11
Tablo 1.9. Yolun geometrik özelliğine göre ölümlü ve yaralanmalı trafik kaza bilgileri (2021).....	12
Tablo 1.10. Oluş türlerine göre ölümlü ve yaralanmalı trafik kaza bilgileri (2021).....	13
Tablo 1.11. Ölümlü ve yaralanmalı trafik kazalarına etken sürücü kusurlarına ait bilgiler (2021).....	14
Tablo 2.1. Rölantide çalışan aracın yakıt tüketimi tablosu	25
Tablo 2.2. Adıyaman ili trafik kaza istatistikleri (2017-2020)	28
Tablo 2.3. Kahramanmaraş ili yıllara göre kaza istatistiği (trafik şb.)	29
Tablo 2.4. Sektörlere göre sera gazı emisyonları (1990-2019).....	33
Tablo 2.5. Gazlara göre sera gazı emisyonları.....	33
Tablo 2.6. Motorlu araçlar kasko branşı istatistiki veriler (2022 yılı)	34
Tablo 2.7. Trafik kazalarından dolayı oluşan bazı kayıp maliyetler	34
Tablo 2.8. Düz ve kuru bir yolda araçların hızlarına göre durma mesafeleri	37
Tablo 2.9. Ulaştırma sektöründe enerji kullanımı (bin tep).....	39
Tablo 3.1. Altınşehir köprülÜ kavşağı yagt değeri	46
Tablo 3.2. Altınşehir köprülÜ kavşağının yıllara göre yagt değeri oks, aas ve tas toplamı	47
Tablo 3.3. Ülkemizde yıllara göre yaklaşık yakıt ve dolar fiyat değeri	49
Tablo 3.4. Arsan köprülÜ kavşağı bölgesinin yıllara göre yagt değeri.....	51
Tablo 3.5. Arsan köprülÜ kavşağından geçen oks, aas ve tas değeri tablosu.....	52

Tablo 3.6. Ağcalı ışıklı kavşağı için kavşak içi kırmızı ışık süreleri tablosu	56
Tablo 3.7. Ağcalı ışıklı kavşağına giren her bir aracın maruz kalacağı gecikme süreleri tablosu.....	57
Tablo 3.8. Ağcalı yolu iniş istikametine doğru saatlik olarak haftalık geçiş sayıları ve toplamı	58
Tablo 3.9. Ağcalı yolu çıkış istikametine doğru saatlik olarak haftalık geçiş sayıları ve toplamı	59
Tablo 3.10. Oruç Reis Mahallesinden çıkış istikametine doğru saatlik olarak haftalık geçiş sayıları ve toplamı.....	60
Tablo 3.11. Oruç Reis Mahallesine giriş istikametine doğru saatlik olarak haftalık geçiş sayıları ve toplamı.....	60
Tablo 4.1. Altınşehir köprülÜ kavşağı yapılmadan önceki yakıt sarfıyatı hesaplamaları ...	64
Tablo 4.2. Altınşehir köprülÜ kavşağı yapıldıktan sonraki yakıt sarfıyatı hesaplamaları ..	66
Tablo 4.3. Altınşehir köprülÜ kavşağının öncesi ve sonrası yakıt sarfıyatı karşılaştırılması	68
Tablo 4.4. Arsan köprülÜ kavşağının yapılmadan önceki yakıt sarfıyatı hesaplamaları	71
Tablo 4.5. Arsan köprülÜ kavşağının yapıldıktan sonraki yakıt sarfıyatı hesaplamaları	72
Tablo 4.6. Arsan köprülÜ kavşağının yapılmadan önceki ve sonraki yakıt sarfıyatı karşılaştırılması.....	72
Tablo 4.7. Arsan köprülÜ kavşağının yıllara göre kaza istatistiğı.....	73
Tablo 4.8. Ağcalı yolu iniş istikametine doğru günlük ve aylık geçiş tablosu	75
Tablo 4.9. Ağcalı yolu iniş istikametine doğru saatlik ve haftalık geçen araçları yakıt sarfıyatı hesabı	76
Tablo 4.10. Ağcalı yolu çıkış istikametine doğru günlük ve aylık geçiş tablosu	77
Tablo 4.11. Ağcalı yolu çıkış istikametine doğru saatlik ve haftalık geçen araçları yakıt sarfıyatı hesaplamaları	79
Tablo 4.12. Oruç Reis Mahallesine giriş istikametine doğru günlük ve aylık geçiş tablosu	81
Tablo 4.13. Oruç Reis Mahallesine giriş istikametine doğru saatlik ve haftalık geçen araçların yakıt sarfıyatı hesabı	81
Tablo 4.14. Oruç Reis Mahallesinden çıkış istikametine doğru günlük ve aylık geçiş tablosu.....	83

Tablo 4.15. Oruç Reis Mahallesinden çıkış istikametine doğru saatlik ve haftalık geçen araçların yakıt sarfıyatı hesabı	84
Tablo 4.16. Ağcalı ışıklı kavşağının mevcut ışıklandırma sistemiyle yakıt sarfıyatı özeti	86
Tablo 4.17. Ağcalı ışıklı kavşağının sabit ışıklandırma sistemiyle yakıt sarfıyatı	87
Tablo 4.18. Ağcalı ışıklı kavşağının köprülü kavşak olması durumundaki yakıt sarfıyatları	88
Tablo 4.19. Ağcalı ışıklı kavşağının üç farklı kavşak durumlarının yakıt sarfıyatı karşılaştırması	88



ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. T (Trompet) kavşak tipleri	22
Şekil 2.2. Y Tipi kavşak	22
Şekil 2.3. Tam yonca yaprağı köprülü kavşak	23
Şekil 2.4. Baklava (Diamond) tipi köprülü kavşak	24
Şekil 2.5. Köprülü dönel kavşak	24
Şekil 2.6. Kahramanmaraş ili yıllara göre kaza istatistiği grafiği	30
Şekil 2.7. Sera gazı emisyon istatistikleri (1990-2019).....	32
Şekil 2.8. Bir ışıklı kavşakta duran her bir araç için olan gecikme grafiği	36
Şekil 3.1. Altınşehir köprülü kavşağının öncesi ve sonrası görselleri	44
Şekil 3.2. Altınşehir köprülü kavşağının çalışma görünümü ve ışık süreleri.....	45
Şekil 3.3. 2021 Yılına ait trafik hacim haritasından bir kesit.....	46
Şekil 3.4. Araçların kavşaktaki gecikme durumları	48
Şekil 3.5. Arsan köprülü kavşağının önceki ve sonraki resimleri	50
Şekil 3.6. 2022 Yılına ait Kahramanmaraş ili trafik hacim haritası ve yogt değerleri.....	51
Şekil 3.7. Kahramanmaraş ili yıllık ortalama günlük trafik (yogt) hacim grafiği.....	52
Şekil 3.8. Arsan kavşağından geçen araçların gecikme durumları	53
Şekil 3.9. Ağcalı kavşağının mevcut görünüşü.....	54
Şekil 3.10. Ağcalı kavşağından geçen araç sayıları ve kavşağın çalışma şekli.....	55
Şekil 3.11. Ağcalı kavşağının mevcut kavşak gecikme durumu	56
Şekil 3.12. Ağcalı köprülü kavşağının kavşak gecikme durumu	62

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

M : Metre

KWh : Kilowatt saat

Km/h : Kilometre/saat

M/s : metre/saniye

WHO : World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)

BM : Birleşmiş Milletler

U.S : United States

TÜİK : Türkiye İstatistik Kurumu

KGM : Karayolları Genel Müdürlüğü

WB : World Bank (Dünya Bankası)

OKS : Otomobil Kamyonet Sayısı

AAS : Ağır Araç Sayıları

TAS : Tüm Araç sayıları

GSYİH: Gayri Safi Yurtiçi Hasılası

AUS : Akıllı Ulaşım Sistemleri

UKM : Ulaştırma Koordinasyon Merkezi

1. GİRİŞ

Ülkemiz, pek çok açıdan gelişmekte olan ülkeler arasında yer almakla birlikte, hızlı nüfus artışı ve plansız şehirleşme, şehir altyapılarının bu gelişime ayak uydurmasını zorlaştırmaktadır. Özellikle ulaşım altyapısı, bu hızlı değişime ayak uydurmakta güçlük çekmektedir. Ülke genelindeki hızlı ve düzensiz şehirleşme, bazı kentlerde nüfus patlamalarına yol açmış, bu durum hızla artan araç sayısı ile birlikte ulaşım açısından ciddi sosyal sorunlara sebep olmuştur. Ülkemizde ise karayolu taşımacılığı, ulaşım sektörü içinde en büyük paya sahip olup en yaygın kullanılan taşımacılık şeklidir.

Ulaşım, genel anlamda insanların, malların, bilginin, paranın ve hizmetlerin bir yerden başka bir yere taşınmasını ifade eder. Bu faaliyet, karayolu, demiryolu, denizyolu, havayolu ve boru hatları gibi çeşitli ulaşım yöntemleriyle gerçekleştirilir. Bunun yanı sıra, internet ağı üzerinden yapılan iletişim ve bilgi aktarımı da günümüzün modern ulaşım türlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Ulaşım faaliyetleri, tarih boyunca olduğu gibi günümüzde de tarihi, ekonomik, sosyal ve jeopolitik açıdan önemini koruyarak sürmektedir.

Ulaşım, yaşamsal bir faaliyet olarak büyük bir öneme sahiptir. Bir ülkede veya bölgede ulaşım sistemlerinin gelişimi, ekonomik büyüme ve değişimlerle yakından ilişkilidir. Ayrıca, ulaşım faaliyetleri, Türkiye gibi ülkelerde doğal faktörlerin (yeryüzü şekilleri, iklim) yanı sıra beşerî faktörlerin (nüfus, sanayi, ulaşım altyapısına yapılan yatırımlar, teknolojik gelişmeler gibi) etkisiyle şekillenir [1].

Ulaşımın temel amacı, insanları ve malları en hızlı, ekonomik ve güvenli şekilde taşımaktır. Trafikteki ulaşım alt yapıları, bu amacı gerçekleştirmek ve insanlara en fazla faydayı sağlamak için sürekli olarak geliştirilmekte ve uygulanabilirliği olan değişikliklere tabi tutulmaktadır. Bu değişiklikler, trafik akışını düzenlemek, güvenliği artırmak, çevresel etkileri azaltmak ve ulaşım sistemlerini daha etkin hale getirmek gibi hedeflere yöneliktir. Ulaşım alt yapılarının sürekli iyileştirilmesi, toplumların ihtiyaçlarına ve teknolojik gelişmelere adapte olmalarını sağlar.

Ulaştırma sistemi, insanların ve yüklerin bir yerden başka bir yere iletimini, belirli koşullara uygun, iyi tanımlanmış ve organize edilmiş bir şekilde sağlamak amacıyla bir araya getirilen fiziksel, sosyal, ekonomik ve kurumsal bileşenlerin bütünüdür. Bu sistem, karayolu, denizyolu, havayolu ve demiryolu gibi her biri kendi özel özelliklere sahip alt sistemlerden oluşur. Her alt sistem, kendi ağı, taşıt filosu ve işletme unsurlarıyla birlikte, genel bir ulaştırma ağı içinde etkileşim içinde bulunur [2].

Şehir içi trafiği düzenlemek ve gelecekteki ihtiyaçlara uygun hale getirmek için doğru bir perspektifle ulaşım sistemlerini geniş kapsamda ele almak önemlidir. Ülkemizdeki nüfusun büyük bir kısmının şehir merkezlerinde yaşadığı düşünüldüğünde, şehir içi ulaşım sistemlerinin etkili ve sürdürülebilir olması hayati öneme sahiptir. Gelecekteki nüfus artışlarıyla birlikte, şehir içi trafiğin yönetimi ve ulaşım altyapısının güncellenmesi, yaşam kalitesini artırmak ve olumsuz etkileri en aza indirmek için öncelikli bir konu haline gelmektedir.

TÜİK tarafından açıklanan adrese dayalı nüfus kayıt sistemi sonuçlarına göre, Türkiye'de 2007 yılında toplam nüfus 70,6 milyon iken, bu rakam 2020 yılında 83,6 milyona yükselmiştir. İl ve ilçe merkezlerinde yaşayanların oranı da 2019'da %92,8 iken, 2020'de %93'e çıkmıştır. Öte yandan, belde ve köylerde yaşayanların oranı %7,2'den %7'ye düşmüştür. Bu hızlı nüfus artışı ve kırsal bölgelerden şehirlere yönelik artan göç oranları, çeşitli sorunları da beraberinde getirmektedir, ki bu konuda TÜİK'in 2021 raporu önemli bilgiler sunmaktadır.

Bununla beraber bu karayolu trafiğinin yoğun olmasının elbette olumsuz yanları vardır. En göze görülen zararları maddi kayıplar, trafik kazaları hava kirliliği yakıt giderleri ve iş kayıplarıdır.

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından hazırlanan “Trafik Kazalarının Önlenmesine Yönelik Dünya Raporu”na göre karayolu trafik kazaları, küresel anlamda önemli bir halk sağlığı ve gelişim sorununu teşkil etmektedir. Yılda ortalama olarak 1.2 milyon kişinin veya günlük olarak 3242 kişinin yaşamını yitirmesine sebep olan bu kazalar, aynı zamanda her yıl 20 ila 50 milyon kişinin yaralanmasına ya da sakat kalmasına yol açmaktadır. Karayolu trafik kazaları, dünya genelinde meydana gelen ölümlerin %2.1'inden sorumlu olup, ölüm nedenleri arasında 11. sırada yer almaktadır. Yine dünyada trafik kazalarının ekonomik maliyeti önemli bir boyuta ulaşmış durumdadır. Bu maliyetin bir yıl içinde şu şekillerde ortaya çıkması beklenmektedir: Tüm dünyada 518 milyar ABD doları kayba neden olacak olması, düşük ve orta gelir grubundaki ülkeler için 65 milyar ABD dolarını aşarak toplam gelişme yardımını geçmesi, düşük ve orta gelir grubundaki ülkelerde gayri safi milli hasılanın %1 – 1.5'ine denk gelmesi, yüksek gelir grubundaki ülkelerde ise gayri safi milli hasılanın %2'sine karşılık gelmektedir. Bu durum, karayolu trafik kazalarının sağlık harcamalarına da büyük bir yük getirdiğini göstermektedir [3].

1.1. Bazı Avrupa Ülkelerine Ait Ulaşım Bilgileri

Ülkemiz ile diğer Avrupa ülkelerinin karşılaştırılmasıyla bir çözüm bulma bir hatalara odaklanmak için trafik ile ilgili sorunları çözme konusunda ne gibi bir çalışma yapılabilir sorusunun bir çözümüne yardımcı olabilmek için aşağıda bazı karşılaştırmalı tablolar verilmiştir.

Aşağıdaki tabloda bazı Avrupa ülkelerine ve Türkiye'ye ait ölümlü ve yaralanmalı trafik kaza bilgileri sunulmuştur.

Tablo 1.1. Ülkemiz ve bazı avrupa ülkelerine ait trafik kaza bilgileri ve bin kişiye düşen otomobil sayılarının 2021 yılı karşılaştırmaları (**Kaynak:** KGM)

ÜLKELER (Nüfus Ve Yüzölçümleri)	Ölümlü ve Yaralanmalı Kaza Sayısı	Ölü Sayısı	Bin Kişiye Düşen Otomobil Sayısı	Bir Milyon Otomobile Düşen Ölü Sayısı	Bir Milyon Kişiye Düşen Ölü Sayısı
TÜRKİYE (84.6 milyon) (814578 km2)	187.963	5.362	162	391	63
ALMANYA ((83.4 milyon) (357386 Km2)	300.143	3.046	574	64	37
FRANSA (67.9 milyon) (551695 km2)	56.006	3.244	569	85	48
İSPANYA (47.4 Milyon) (498511 km2)	104.080	1.755	519	72	37
İTALYA (59 milyon) (301338 km2)	172.183	3.173	663	81	53
YUNANİSTAN (10.5milyon) (131940km2)	10.712	688	504	129	64

Yukarıdaki tabloya göre; ölümlü ve yaralanmalı kaza sayısının en yüksek olduğu ülke Almanya, en düşük ülke Yunanistan'dır. Almanya'nın nüfusu yaklaşık olarak ülkemizle aynı olmasına ve yüzölçümü yaklaşık olarak ülkemizin yarısı olmasına rağmen Türkiye'deki bin kişiye düşen otomobil sayısı Almanya'ya göre yaklaşık %72 daha az iken Türkiye'de ölümlü ve yaralanmalı kaza sayısı Almanya'nın yaklaşık yarısına denk

gelmektedir. Türkiye’de gerçekleşen kazaların oranının ölü sayısının Avrupa ülkelerine göre oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Yine İtalya ile Türkiye’de meydana gelen kaza sayısı birbirine yakın olmasına rağmen ölümlü kaza oranları Türkiye’de daha fazladır. İtalya’daki bin kişiye düşen otomobil sayısı Türkiye den 501 adet daha fazladır. Türkiye’de bu kadar otomobil daha olsaydı yol altyapısı bunu kaldıramaz ve daha büyük trafik yoğunluğuna sebebiyet verirdi. Burada trafik eğitim bilinci ve altyapı eksikliğinin payı büyüktür. Bunun sebebi ulaşım alt yapısı ve eğitimin yanında Türkiye deki araçların Avrupa daki araçlara göre araç güvenlik (frenleme sistemleri, kaporta mukavemeti, hava yastığı vb.) ve model yönünden daha düşüklüğünden kaynaklanan metal yorgunluğu bir etken olabileceği göz ardı edilmemelidir.

Tablo 1.2. Ülkemiz ve bazı avrupa ülkelerine ait yol uzunluk bilgileri (2021 yılı)

(Kaynak: KGM)

ÜLKE	2024 Yılı		YOL UZUNLUKLARI (Km)					Nüfusa Oranla		Yüz ölçü me oranla 1000 km2’ye düşen yol (km)
	Yaklaşık Nüfus Sayıları (Milyon)	Yaklaşık Yüz Ölçümü (km2)	Otoyollar	Ana Yollar veya Ulusal Yollar	İkinci Derece, Bölgesel Yollar	Diğer Yollar	Tüm Yol Ağ Uzunlukları	1 Milyona Düşen Bölgesel Ağı	1 Milyona Düşen Tüm Yol Ağı	
TÜRKİYE	85.4	814578	3532	30965	34029		68526	398,47	802,41	84,12
ALMANYA	83.4	357386	13141	37879	178806		229826	2143,96	2755,71	643,07
FRANSA	68.4	551695	11671	9551	378401	704151	399623	5532,18	5842,44	724,35
İNGİLTERE	69	242495	3857	49699	33216	335983	86772	481,39	1257,57	357,83
İSPANYA	48.8	505988	15585	14870	135171	501053	165626	2769,90	3393,98	327,33
İTALYA	59	301338	6943	20786	155247	73591	182976	2631,31	3101,29	607,21
YUNANİSTAN	10.3	131940	2098	9299	30.864	75600	42261	2996,5	4103,01	320,30

Yukarıdaki tabloya göre; bazı Avrupa ülkeleri nüfus, yüz ölçüm ve bazı yol uzunlukları verilmiştir. Otoyol uzunluğunun en fazla olan ülkenin İspanya, en az olan ülkenin ise Türkiye’den sonra Yunanistan’ın olduğu görülmektedir. Buna karşılık ana

yollar veya ulusal yolların uzunluğunun en fazla olduğu ülkenin 49699km ile İngiltere, ardından 37879km ile Almanya ve ardından 30965km ile Türkiye gelmektedir. İkinci derece ve bölgesel yol ağında ülkemiz 34029km ile son sıradadır. Kgm verilerine göre en fazla kazanın yerleşim yerin içerisinde olduğundan bu yol ağının genişletilmesiyle kaza ve enerji kayıplarında büyük azalma sağlayacağı göz ardı edilmemelidir. Yukarıdaki tabloya göre Otoyollar, ana yollar ve ikinci derece yolların bütününe topladığımızda ülkemiz yol toplamının km bazında ülkemiz 68.526 km yol uzunluğu varken en yüksek Fransa'nın 399.623 km dir.1 Milyona düşen bölgesel yol ağı olarak ülkemizde 398,47 km iken en yüksek Fransa'da ise 5532,18 km dir. 1 milyona düşen tüm yol ağı ise 5842,44 km ile Fransa'dır. 1000 km² ye düşen yol ağı 724,35 km ile en fazla olan ülke Fransa'dır. En az olan ülke ise 84,12km ile Türkiye'dir. Ülkemiz nüfus ve yüz ölçüme oranla incelendiğinde tabloya göre en son sıradadır.

Tabloya göre ülkemizin ulaşım yol altyapısının nüfus ve yüz ölçüme orantılandığında yol ağının çok yeterli olmadığı anlaşılmaktadır. Ne kadar çok yol ağı olursa o kadar kazanın az olacağı ve yakıt azalacağı ve zaman ve iş kayıplarının azalacağı ve yollarda kalma süresinin azalacağına karbon salınımının da az olacağı muhakkaktır. Bununla beraber ne kadar çok yol olursa o kadar çok kavşak kesişimi olacak ve karayolunda kavşaklara gereksinim olacaktır. İhtiyaca göre de köprülü kavşak, modern veya çok katlı kavşaklara ihtiyaç olacaktır.

Tablo 1.3. Ülkemiz ve bazı avrupa ülkelerine ait motorlu kara taşıt sayıları

(Kaynak: KGM (Trafik Kazaları Özeti 2021))

ÜLKE	OTOMOBİL (x1000)	OTOBÜS (x1000)	YÜK TAŞITLARI (x1000)	İKİ TEKERLİ MOTORLU ARAÇLAR (x1000)
TÜRKİYE	13706	693,7	5.001,5	3.744,4
ALMANYA	47716	81,4	3.495,0	4.506,4
FRANSA	38335	101,5	7.013,5	3.034,0
İSPANYA	24558	65,5	5249,0	5515,7
İTALYA	39545	100,1	4368,4	9521,5

Yukarıdaki tabloya göre; otomobil sayısının en fazla olduğu ülkenin Almanya, en az olan ülkenin ise Türkiye olduğu görülmektedir. Buna karşılık otobüs sayısının en fazla olduğu ülkenin Türkiye, en az olan ülkenin ise Almanya olduğu görülmektedir. Otobüs taşımacılığının Almanya’da düşük olmasının nedenlerinden birinin toplu taşıma açısından daha güvenilir ve kaza oranı düşük olan demiryolunun daha yaygın olmasındandır. Yük taşıtları açısından baktığımızda, Türkiye’nin Fransa’dan sonra ikinci sırada geldiği görülmektedir. Tabloya göre otobüs sayısının fazla olması ülkemiz taşımacılığının veya ulaşımının karayoluyla yapıldığını bir kanıtı niteliğindedir. Karayoluyla ulaşım yapılmaya devam ederse karayolu alt yapılarının daha sürdürülebilir olması için daha güvenli yol ağları ve modern birleşme noktaları (kavşaklar) ile desteklenmelidir. Aksi takdirde maddi kayıpların önüne geçilemez.

1.2. Ülkemize Ait Bazı Ulaşım Bilgileri

Türkiye'deki ulaşım faaliyetleri, diğer ülkelerde olduğu gibi, doğal ve insan kaynaklı coğrafi özelliklerin etkisiyle şekillenmiştir. Ülkenin jeomorfolojik yapısı, özellikle karayolu güzergâhlarının belirlenmesinde olduğu gibi, diğer ulaşım alanlarında da etkili olmuştur. Cumhuriyetin ilk dönemlerinde demiryolu önemli bir ulaşım aracıyken, ne yazık ki uzun süre ihmal edilmiştir. Ancak, son yıllarda yapılan yatırımlar ve projeler, özellikle hızlı tren projeleri, demiryolu taşımacılığında yeniden bir hareketlenme oluşturmuştur. Üç tarafı denizlerle çevrili olmasına rağmen deniz yolu ulaşımı beklenen seviyede değildir ve özellikle yük taşımacılığında yeterince tercih edilmemektedir. Havayolu ulaşımı ise son dönemlerde büyük bir gelişme kaydederek yolcu taşımacılığında önemli bir atılım gerçekleştirmiştir. Ayrıca, Türkiye'nin Asya ve Avrupa'yı birleştiren stratejik konumu, ticaret, enerji, turizm, yük ve yolcu taşımacılığı açısından büyük önem taşımaktadır. Bu çerçevede, 1950'lerden itibaren ağırlık kazanan karayolu odaklı ulaşım politikasının gözden geçirilmesi, farklı alternatifler düşünülerek farklı ulaşım ağlarının da hayata dahil edilmesi veya daha da iyileştirilmesi ve bu sistemler arasında entegrasyonun sağlanması gerekmektedir [1].

Aşağıda verilen tablo, yıllara göre farklı türdeki ulaşım yollarında (otoyollar, devlet yolları, il yolları) taşıt, ton-kilometre ve yolcu-kilometre verilerini içermektedir. Bu veriler, Türkiye’deki ulaşım sektörünün performansını gösterir. “Taşıt x KM (Milyon)” farklı türdeki yollar üzerinde taşınan araçların toplam mesafesini ifade eder. “Ton x KM (Milyon)” farklı türdeki yollar üzerinde taşınan yük miktarını ton-kilometre cinsinden

gösterir. “Yolcu x KM (Milyon)” farklı türdeki yollar üzerinde taşınan yolcuların toplam mesafesini ifade eder. Tablo, 2010'dan 2021'e kadar olan dönemde ulaşımın genel büyümesini ve farklı türdeki yollar arasındaki performans farklarını göstermektedir.

Tablo 1.4. Yıllar itibarıyla otoyollar, devlet yolları ve il yolları üzerinde seyir ve taşımalar
(Kaynak: Karayolları Genel Müdürlüğü, 2023)

YIL	TAŞIT x KM (Milyon)				TON x KM (Milyon)				YOLCU x KM (Milyon)			
	Oto Yollar	Devlet Yolları	İl Yolları	Toplam	Oto Yollar	Devlet Yolları	İl Yolları	Toplam	Oto Yollar	Devlet Yolları	İl Yolları	Toplam
2010	14.949	58.159	7.016	80.124	42.941	138.921	8.503	190.365	50.378	158.072	18.463	226.913
2015	20.581	77.273	15.420	113.274	56.875	170.029	17.425	244.329	62.522	193.427	34.785	290.734
2020	23.298	84.951	17.804	126.053	63.685	188.800	20.428	272.913	60.105	190.192	38.695	288.992
2021	27.346	95.174	19.959	142.479	75.101	213.748	22.969	311.818	72.256	220.728	43.204	336.188

Yukarıdaki tabloya göre yıllar geçtikçe taşıt mesafesinin arttığı görülmektedir. Benzer şekilde yıllar içinde ton-kilometre miktarındaki artış dikkat çekicidir. Yolcu-kilometre verileri, her yıl için farklı türdeki yollar üzerinde taşınan toplam yolcu mesafesini temsil eder. Bu da genel olarak yıllar içinde artış göstermektedir. Yine toplam değerlerin genel olarak yıllar içinde arttığı görülmektedir. Genel olarak, 2010'dan 2021'e kadar olan dönemde taşıt, ton-kilometre ve yolcu-kilometre verilerinde bir artış eğilimi olduğunu göstermektedir. Bu artışın nedenlerinin nüfus artışı, ekonomik büyüme ve altyapı yatırımları gibi faktörler olduğu değerlendirilmektedir.

Aşağıdaki tablo Türkiye'de bulunan farklı yol türlerinin uzunluklarına dair bilgileri içermektedir. Tabloda Türkiye genelindeki toplam yol uzunluğu, devlet yollarının toplam uzunluğu, il yollarının toplam uzunluğu ifade edilmektedir. Bölünmüş yol, yolun bir bölümü diğerinden fiziksel bir engelle ayrılmış yol demektir (genellikle ortada bir bariyer veya yeşil alan bulunur). “Diğer”, bölünmüş yol olmayan diğer yolları ifade eder. Oto yol, otobanlar veya otoyolları temsil eder. Köy yolu, köy yollarının toplam uzunluğunu ifade eder. Tablo, zaman içinde (1984-2022 yılları arasında) farklı yol türlerinin uzunluklarındaki değişiklikleri ve bu değişikliklerin hangi kategorilerden kaynaklandığını gösterir.

Tablo 1.5. Türkiye’de yol cinsleri ve km uzunlukları (1984-2022)(*Kaynak: Karayolları Genel Müdürlüğü, 2023*)

Toplam				Devlet Yolu		İl Yolu			
Yıl	Genel Toplam	Bölünmüş	Diğer	Bölünmüş	Diğer	Bölünmüş	Diğer	Oto Yol	Köy Yolu
1984	310 398	1 437	57 752	1 291	29 691	69	28 061	77	251 209
2005	349 238	10 178	53 428	7 917	23 454	594	29 974	1 667	285 632
2010	367 263	18 863	46 002	15 788	15 607	996	30 394	2 080	302 398
2021	257 345	26 973	41 553	21 292	9 673	2 149	31 880	3 532	188 819
2022	259 072	27 358	41 331	21 467	9 473	2 258	31 858	3 633	190 383

Yukarıdaki tabloya göre, genel toplam uzunluğa baktığımızda, Türkiye'deki toplam yol uzunluğu zaman içinde artmıştır. 1984'ten 2022'ye kadar olan dönemde genel toplam uzunluk artarak devam etmiştir. Devlet yolları, il yollarına kıyasla genellikle daha uzundur. Bu durum, ana ulaşım ağının genellikle devlet tarafından sağlandığını ve devlet yollarının ana arterleri oluşturduğunu gösterir. Bölünmüş yolların (örneğin, otoyollar) uzunluğu zaman içinde artmıştır. Diğer yolların uzunluğu ise genel olarak azalmaktadır, bu da bölünmüş yolların önemli bir altyapı yatırımı olduğunu gösterir. Otoban uzunlukları artarken, köy yolu uzunlukları genellikle azalmaktadır. Bu durum, şehirleşme ve ana ulaşım yollarının geliştirilmesi eğilimini yansıtmaktadır. Özellikle 1984-2022 dönemine odaklanıldığında, belirli yıllarda önemli değişiklikler gözlemlenmektedir. Örneğin, 2005 yılında bölünmüş yol uzunluklarındaki büyük artış dikkat çekicidir. 2022'de, devlet yolları ve il yolları toplamında bir artış olduğu görülmektedir. Bölünmüş yolların, oto yolların ve köy yollarının uzunluklarındaki artışlar da dikkat çekicidir.

Aşağıdaki tablo, Türkiye'deki kara taşıtı sayılarını farklı kategorilerde göstermektedir. Tablonun genel başlığı altında, belirli bir yılda Türkiye'deki toplam kara taşıtı sayısı gösterilmektedir. Otomobil, bireysel kullanım için tasarlanmış otomobillerin sayısını ifade eder. Minibüs, küçük bir otobüs türü olan minibüslerin sayısını gösterir. Otobüs, büyük yolcu taşımacılığı için kullanılan otobüslerin sayısını temsil eder. Kamyonet, hafif yük taşıma araçları olan kamyonetlerin sayısını ifade eder. Kamyon, ticarete ve endüstride kullanılan kamyonların sayısını gösterir. Motosiklet, kişisel ulaşım için tasarlanmış motorlu iki tekerlekli araçların sayısını temsil eder. Özel amaçlı taşıtlar, belirli bir amaca hizmet eden özel taşıtların (iş makineleri vb.) sayısını içerir. Traktör, tarım ve benzeri faaliyetlerde kullanılan traktörlerin sayısını ifade eder. Bu tablo, belirli bir yılda Türkiye'deki farklı kara taşıtı türlerinin dağılımını göstermekte, ulaşım altyapısının

ve taşıma ihtiyaçlarının genel bir resmini sunmaktadır. Örneğin, ticarete kullanılan kamyon sayısı ile bireysel otomobillerin sayısı arasındaki farklar, ekonominin taşıma talepleri hakkında bilgi sağlayabilir.

Tablo 1.6. *Türkiye’de kara taşıt sayısı (Kaynak: Karayolları Genel Müdürlüğü, 2023)*

Yıl	Toplam	Otomobil	Minibüs	Otobüs	Kamyonet	Kamyon	Motosiklet	Özel amaçlı taşıtlar	Traktör
2021	25 249 119	13 706 065	484 806	208 882	4 115 205	886 303	3 744 370	78 482	2 025 006
2022	26 482 847	14 269 352	487 381	208 442	4 277 424	919 125	4 141 914	85 276	2 093 933
2023	28 740 492	15 221 134	502 628	210 740	4 487 244	959 793	5 079 396	93 407	2 186 150

Tablodan elde edilen verilere dayanarak, Türkiye'deki kara taşıt sayılarına dair genel bir analiz yapabiliriz. 2022 yılı itibariyle ülkede toplam kara taşıtı sayısı 26,482,847'dir. Otomobiller, 15 221 134 sayı ile bu toplamın büyük bir bölümünü oluşturarak bireysel ulaşımın yaygın olduğunu göstermektedir. Ticaret ve yük taşımacılığında kullanılan kamyon ve kamyonet sayıları oldukça yüksektir. Bu da ekonominin canlılığını ve ticaretin önemini yansıtmaktadır. 5079396 sayı ile Motosikletler bireyler arasında popüler bir ulaşım aracı olarak öne çıkarken, kamyon ve kamyonet sayısı yük ve yolcu sektöründeki faaliyetleri göstermektedir. Özel amaçlı taşıtlar ise belirli endüstri veya hizmet sektörlerine hizmet eden araçları temsil etmektedir. Bu veriler, Türkiye'deki ulaşım altyapısının çeşitliliği, ekonominin dinamikleri ve tarımsal faaliyetlerin önemli bir bileşeni hakkında önemli bir bakış sunmaktadır.

Aşağıdaki tablo ülkemizin 2016 ile 2021 yılları arasındaki yük ve yolcu taşıma oranlarını yüzdeler olarak vermektedir.

Tablo 1.7. *Türkiye’de ulaşım modlarına göre taşınan yük ve yolcu oranları (2016-2021) [4].*

Ulaşım Türü	Yük Taşıma Payı (%)		Yolcu Taşıma Payı (%)	
	2016 Yılı	2021 Yılı	2016 Yılı	2021 Yılı
Karayolları	90,2	92,5	89,9	92,8
Denizyolları	5,6	3,3	0,6	0,6
Demiryolları	4,2	4,2	1,1	0,2
Havayolları	0	0	9,5	6,4

Yukarıdaki tablodan anlaşılabacağı üzere yük ve yolcu taşımacılığında sadece karayolu sınıfında artış olduğu diğer sınıflarda belirgin bir değişme olmadığı görülmektedir. Diğer sınıfların da yolcu ve yük taşımada etkin rol almaları karayolunu rahatlatarak ve kaza oranlarında azalmaya ve trafikte kalma süresi azalacağından enerji tasarrufuna da olumlu etkileri olacaktır.

Ülkemiz, karayolu ağının hem yolcu taşımacılığı hem de yük taşımacılığı açısından geniş bir ulaşım ağına sahip olduğuyula dikkat çekmektedir. Bu nedenle, karayolu ulaşım sisteminin kalitesi ülkemiz için büyük bir öneme sahiptir. Ancak, bu durum ekonominin, çevrenin ve insanların yaşam kalitesinin olumsuz yönde etkilenmesine, kaza ve trafik tıkanıklıklarının artmasına neden olmaktadır [5].

Yukarıda Türkiye'nin karayolları ve araç durumu ile ilgili verileri sunmaya çalıştık. Çalışmamız açısından önem arz eden bir diğer husus da trafikteki maddi kayıplardır. Bu nedenle Türkiye'deki trafik kazaları ile ilgili bazı istatistik verileri burada analiz etmeye çalışacağız.

Her bir hayat kaybı, yaralanma ya da sakatlık durumu, derin etkiler meydana getiren bir dizi olumsuz durumu beraberinde getirir. Uzun süren tedavi masrafları, aile gelirini sağlayan ya da aileye ek gelir getiren bireyin kaybı gibi sebepler, birçok aileyi maddi zorluklarla baş başa bırakabilir. Kazadan sonra hayatta kalanlar, aileleri, arkadaşları ve bakımı üstlenen diğer kişiler, bu olumsuz durumların etkisi altında kalarak sosyal, fiziksel ve psikolojik olarak büyük bir baskıya maruz kalabilirler [3].

Aşağıdaki tablo, Türkiye'deki trafik kaza istatistiklerini 2019-2021 yılları arasında göstermektedir. Toplam kaza sayısı, belirtilen yıllarda meydana gelen toplam kaza sayısını temsil eder. Ölümlü, yaralanmalı kaza sayısı, toplam kaza sayısının içinde ölümlü veya yaralanmalı kaza olarak sınıflandırılanların sayısını ifade eder. Maddi hasarlı kaza sayısı, toplam kaza sayısının içinde sadece maddi hasarla sonuçlanan kazaların sayısını gösterir. Ölü sayısı, trafik kazalarında hayatını olay yerinde kaybedenlerin ve yaralanıp sağlık kuruluşlarına sevk edilenlerden kazanın sebep ve tesiriyle otuz gün içinde ölenleri sayısını temsil eder. Yaralı sayısı, trafik kazalarında yaralanan kişilerin sayısını ifade etmektedir.

Tablo 1.8. Trafik kaza istatistikleri (2019-2021) (Kaynak: TÜİK, EGM)

YILLAR	TOPLAM KAZA SAYISI	ÖLÜMLÜ, YARALANMALI KAZA SAYISI	MADDİ HASARLI KAZA SAYISI	ÖLÜ SAYISI			YARALI SAYISI
				TOPLAM	KAZA YERİNDE ÖLÜM	KAZA SONRASI ÖLÜM ⁽¹⁾	
2019	1.168.144	174.896	993.248	5.473	2.524	2.949	283.234
2020	983.808	150.275	833.533	4.866	2.197	2.669	226.266
2021	1.186.353	187.963	998.390	5.362	2.421	2.941	274.615

⁽¹⁾ Trafik kazasında yaralanıp sağlık kuruluşlarına sevk edilenlerden kazanın sebep ve tesiriyle otuz gün içinde ölenleri kapsamaktadır.

Yukarıdaki tablo, Türkiye'deki trafik kaza istatistiklerini 2019-2021 yılları arasında detaylı bir şekilde sunmaktadır. 2019 yılında 1.168.144 olan toplam kaza sayısı, 2020'de 983,808'e düşmüş ancak 2021'de tekrar 1,186,353'e yükselmiştir. Ölümlü ve yaralanmalı kazaların yıllara göre değişimi dikkat çekici bir trend göstermektedir. 2019'da 174.896 olan bu tür kazaların sayısı, 2020'de 150.275'e düşmüş ancak 2021'de yeniden artarak 187.963'e çıkmıştır. Maddi hasarlı kaza sayısındaki artış ve azalışlar da göz önüne alındığında, trafik kazalarının genelindeki değişkenliklerin karmaşık bir tabloyu yansıttığı söylenebilir. Öte yandan, 2021'de ölü sayısındaki artış ve yaralı sayısındaki azalış, kazaların etkileri üzerine daha derin bir analiz gerektirmektedir. 2020 yılında covid 19 sağlık pandemisinin sokağa çıkma yasağının uygulanmasının da etkisi vardır. Bu veriler, trafik güvenliği politikalarının ve önlemlerinin etkisini değerlendirmek adına önemli bir kaynak sağlamaktadır.

Yukarıdaki tablo, trafik güvenliği ve kaza istatistikleri açısından önemli bilgiler sunmaktadır. Belirli yıllardaki kaza sayıları, ölümlü ve yaralanmalı kazaların dağılımı, maddi hasarlı kazalar ve bu kazalardaki ölü ve yaralı sayıları gibi veriler, trafik güvenliği konusunda alınması gereken önlemleri ve politikaları değerlendirmek için kullanılabilir. Tablo, trafik kazalarının genel durumu hakkında bilgi sağlayarak, güvenli sürüş ve trafik yönetimi konularında farkındalığı artırabilir.

Aşağıdaki tablo, Türkiye'deki trafik kazalarının yolun geometrik özelliklerine göre dağılımını içermektedir ve bu kazaların yerleşim yerleri, kavşak türü, geçitler ve diğer faktörlere göre sınıflandırılmıştır. Öncelikle, tablo, dört yönlü, üç yönlü, dönel kavşaklar ve kavşak olmayan alanlardaki kaza sayılarını, yaya geçidi, okul geçidi, demiryolu geçitleri ve geçit olmayan yerlerdeki kaza sayılarını, dar yol, köprü üstü, tünel içi, köprü altı gibi diğer faktörlere göre detaylandırır.

Tablo 1.9. *Yolun geometrik özelliğine göre ölümlü ve yaralanmalı trafik kaza bilgileri (2021) (Kaynak: KGM. (Trafik güvenliği daire başkanlığı Haziran 2022))*

KAVŞAK	Kaza Sayısı (Yaralanmalı)	%	Kaza Sayısı (Ölümlü)	%	Kaza Sayısı (Toplam)	%
Dört Yönlü	28.554	19,33	1.210	3,01	29.764	15,83
Üç Yönlü (T)	23.515	15,92	1.539	3,83	25.054	13,33
Dönel Kavşak	7.862	5,32	2.323	5,77	10.185	5,42
Diğer Kavşak Çeşidi	6.258	4,24	867	2,15	7.125	3,79
Üç Yönlü (Y)	3.919	2,65	552	1,37	4.471	2,38
Köprülü Kavşak	564	0,38	132	0,33	696	0,37
Kavşak Yok	77.061	52,16	33.607	83,54	110.668	58,88
TOPLAM	147.733	100	40.230	100	187.963	100

Yukarıdaki tablo, Türkiye'deki trafik kazalarının yolun geometrik özelliklerine göre dağılımını ayrıntılı bir şekilde incelemektedir. 2021 yılına ait bu verilere göre, kaza sayılarına etki eden çeşitli faktörler belirtilmiştir. Kavşak türleri arasında dört yönlü ve üç yönlü kavşaklarda kaza sayıları öne çıkmaktadır. Burada en az kazanın köprülü kavşaklarda olduğu gözlemlenmektedir. Dar yollar, köprüler, tüneller ve diğer faktörler de ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır. Bu analiz, trafik kazalarının yol geometrisiyle ilişkilendirilerek, güvenlik politikalarının ve altyapı tasarımının iyileştirilmesi için önemli ipuçları sunmaktadır. Bu analiz, trafik kazalarının meydana geldiği yerleri ve kazalara neden olan geometrik faktörleri belirleyerek, güvenlik önlemlerinin ve yol tasarımının iyileştirilmesi için önemli bir bilgi kaynağı sunmaktadır. En yüksek kaza oranının kavşak olmayan yollarda (%58,55), ikinci olarak dört yönlü kavşaklarda (15,83) en az ise köprülü kavşaklarda (%0,37) görülmesi tez konusunun önemine vurgu yapmaktadır.

Aşağıdaki tablo, Türkiye'de 2021 yılında meydana gelen ölümlü ve yaralanmalı trafik kazalarını kaza oluş türlerine göre detaylı bir şekilde sunmaktadır. Tablo, kazaların yerleşim yeri ve yerleşim yeri dışında gerçekleşme durumunu, farklı kaza oluş türlerini (örneğin, yandan çarpma, yayaya çarpma, yoldan çıkma, devrilme), her bir kaza oluş türünün yüzdesini ve toplam kaza sayısını içermektedir. Bu analiz, trafik kazalarının ne tür durumlarda ne sıklıkta ve hangi ortamlarda meydana geldiğini anlamak için önemli bir kaynak sağlamaktadır.

Tablo 1.10. Oluş türlerine göre ölümlü ve yaralanmalı trafik kaza bilgileri (2021)

(Kaynak: KGM. (Trafik güvenliği daire başkanlığı Haziran 2022))

KAZA OLUŞ TÜRÜ	Yerleşim Yeri		Yerleşim Yeri Dışı		TOPLAM	
	Kaza Sayısı	%	Kaza Sayısı	%	Kaza Sayısı	%
Yandan Çarpma veya Yandan Çarpışma	54.876	37,15	6.127	15,23	61.003	32,45
Yayaya Çarpma	28.976	19,61	1.096	2,72	30.072	16,00
Yoldan Çıkma	8.465	5,73	14.858	36,93	23.323	12,41
Devrilme, Savrulma, Takla	16.087	10,89	5.368	13,34	21.455	11,41
Arkadan Çarpma	14.960	10,13	6.017	14,96	20.977	11,16

Yukarıdaki tablo, yerleşim yerinde ve dışında meydana gelen kaza sayıları üzerinden analiz edilmiştir. Yandan çarpma veya yandan çarpışma, toplam kaza sayısının önemli bir yüzdesini oluşturarak %32.45'lik bir oranla öne çıkmaktadır. Bu tür kazaları, yayaya çarpma, yoldan çıkma, devrilme, savrulma, takla ve arkadan çarpma izlemektedir. Yayaya çarpma %16.00'lik bir oranla ikinci sırada yer alırken, yoldan çıkma ve devrilme gibi kaza oluş türleri de önemli bir paya sahiptir. Bu veriler, trafik kazalarının yaygın nedenlerini ve kazaların gerçekleştiği durumları anlamak adına önemli bir bilgi kaynağı sunmaktadır. Bu tür ayrıntılı analizler, trafik güvenliği önlemlerinin ve sürücü eğitim programlarının geliştirilmesine yönelik etkili stratejilerin oluşturulmasına katkı sağlayabilir. Yandan çarpma, yayaya çarpma, geçiş üstünlüğüne uymama türündeki kazaların önlenmesi açısından köprülü kavşakların etkili bir çözüm olduğu değerlendirilmektedir. Aşağıdaki tabloda da bu durumu destekleyen veriler bulunmaktadır.

Aşağıdaki tablo, 2021 yılında Türkiye'deki ölümlü ve yaralanmalı trafik kazalarının etken sürücü kusurlarını detaylı bir şekilde sunmaktadır. Tablo, kazalara neden olan sürücü kusurlarını, bu kusurların yerleşim yeri ve yerleşim yeri dışında meydana gelme durumlarını, her bir kusurun yüzdesini ve toplam kaza sayısını içermektedir. Önemli sürücü kusurları arasında araç hızını yol, hava ve trafiğin gerektirdiği şartlara uydurmamak, kavşak ve geçiş önceliğine uymamak, şerit izleme ve değiştirme kurallarına uymamak, arkadan çarpmak, doğrultu değiştirme (dönüş) kurallarına uymamak gibi faktörler bulunmaktadır.

Tablo 1.11. Ölümlü ve yaralanmalı trafik kazalarına etken sürücü kusurlarına ait bilgiler (2021)(Kaynak: (Trafik güvenliği daire başkanlığı Haziran 2022))

SÜRÜCÜ KUSURLARI	Yerleşim Yeri		Yerleşim Yeri Dışı		TOPLAM	
	Kusur Sayısı	%	Kusur Sayısı	%	Kusur Sayısı	%
Araç hızını yol, hava ve trafiğin gerektirdiği şartlara uydurmamak	51.771	34,65	21.328	46,45	73.099	37,44
Kavşak, geçiş önceliğine uymamak	27.690	18,52	2.811	6,13	30.501	15,61
Şerit izleme ve değiştirme kurallarına uymamak	12.597	8,43	8.990	19,59	21.587	11,05
Arkadan çarpmak	12.158	8,13	5.239	11,42	17.397	8,90
Doğrultu değiştirme (dönüş) kurallarına uymamak	13.655	9,13	1.656	3,61	15.311	7,84
Manevraları düzenleyen genel şartlara uymamak	6.841	4,58	485	1,06	7.326	3,75
Taşıt giremez trafik işareti bulunan yerlere girmek	4.826	3,23	613	1,34	5.439	2,78
Kırmızı ışık veya görevlinin dur işaretine uymamak	4.746	3,17	524	1,14	5.270	2,70
Trafik güvenliği ile ilgili diğer kurallara uymamak	4.494	3,01	618	1,35	5.112	2,62
Yaya ve okul geçitlerinde yavaşlamamak, yayalara geçiş hakkı vermemek	2.111	1,41	36	0,08	2.147	1,10

Yukarıdaki tablo, 2021 yılında Türkiye'deki ölümlü ve yaralanmalı trafik kazalarının etken sürücü kusurlarını detaylı bir şekilde ortaya koymaktadır. Veriler, kazaya neden olan sürücü hatalarını, yerleşim yeri ve yerleşim yeri dışında gerçekleşme durumlarını ve her bir kusurun oransal dağılımını içermektedir. En yaygın sürücü kusurları arasında araç hızını yol, hava ve trafiğin gerektirdiği şartlara uydurmamak öne çıkmaktadır, bu kusur toplam kazaların %37,44'ünü oluşturmaktadır. İkinci olarak Kavşak, geçiş önceliğine uymamak %15,61, Doğrultu değiştirme (dönüş) kurallarına uymamak % 7,84, Kırmızı ışık veya görevlinin dur işaretine uymamak %2,70, Yaya ve okul geçitlerinde yavaşlamamak, yayalara geçiş hakkı vermemek %1,10 gibi bu kuralların hepsi genel itibarıyla eş düzey kavşaklarda oluşan oluşması kuvvetle muhtemel olan kaza türleridir. Dolayısıyla farklı düzeyli (köprülü) kavşakların yaygınlaşmasıyla oluşan kavşak kazalarında büyük oranda azalma sağlanacağı muhakkaktır.

Ayrıca, kavşak ve geçiş önceliğine uymamak, şerit izleme ve değiştirme kurallarına uymamak gibi kusurlar da belirgin bir şekilde görülmektedir. Bu veriler, trafik kazalarının ana nedenlerini belirlemede ve sürücü eğitimi ile trafik güvenliği politikalarının geliştirilmesinde rehberlik sağlamaktadır. Özellikle, bu kusurların yerleşim yerine ve yerleşim yeri dışına göre farklılıklar göstermesi, bölgesel ve şartsal faktörlerin trafik güvenliğine etkisini anlamak açısından önemli bir bilgi sunmaktadır.

Özetle, Türkiye'de ulaşım faaliyetleri, coğrafi özelliklere bağlı olarak şekillenmiş, özellikle karayolu ulaşımı hızla gelişmiştir. Son yıllarda demiryolu ve havayolu ulaşımında artış gözlenirken, deniz yolu tercih edilmemektedir. Ulaşım verilerine göre, taşıt mesafesi, ton-kilometre ve yolcu-kilometre değerlerinde 2010'dan 2021'e kadar bir artış eğilimi gözlemlenmektedir. Yol uzunlukları incelendiğinde genel bir artış görülmektedir, özellikle bölünmüş yolların uzunluğu artarken diğer yolların uzunluğu azalmıştır. Kara taşıtı sayılarına baktığımızda, otomobillerin çoğunlukta olduğu, kamyon ve kamyonetlerin ticarete önemli olduğu görülmektedir.

Trafik kazalarıyla ilgili istatistikler incelendiğinde, 2019-2021 yılları arasında toplam kaza sayısı ve ölümlü-yaralanmalı kaza sayısında değişkenlikler görülmüştür. 2021'de özellikle ölü sayısında artış göze çarpmaktadır. Yolun geometrik özelliklerine göre kazalar incelendiğinde, virajlı ve eğimli yollarda ölümlü-yaralanmalı kazaların sıkça gerçekleştiği gözlenmiştir. Kavşaksız yerlerdeki kazaların çoğunlukta olduğu, geçitlerde ise özellikle yaya geçitlerinde kaza sayılarının yüksek olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak, Türkiye'de ulaşım sektörü dinamik bir yapıya sahiptir ve altyapı, güvenlik önlemleri ve alternatif ulaşım modlarına odaklanması gerekmektedir. Trafik kazalarının azaltılması için özellikle virajlı, eğimli yollar, kavşaksız yerler ve geçitler gibi riskli bölgelere odaklanan güvenlik politikaları geliştirilmelidir. Köprülülük kavşaklar, akıllı trafik sistemleri hem maddi kayıplar hem de ölümlü ve yaralanmalı kazaların önlenmesi açısından önem arz etmektedir.

Sınırların ortadan kalktığı, rekabetin arttığı dünyamızda yaşanan bu değişimi en çok etkileyen sektörlerden biri, ulaştırma sektörüdür. Sanayileşmenin hızla gelişmesi, nüfus artışı ve yerleşim merkezlerinin yaygınlaşmasıyla paralel olarak, ulaştırma sistemleri sürekli olarak konfor, hız ve güvenilirlik alanlarında ilerlemeler kaydetmektedir [6].

Ulaştırma sektörü, ulusal ekonomiye doğrudan ve dolaylı katkılarıyla yalnızca yatırımcılar için değil, aynı zamanda bölge ve ülke ekonomisi içinde kritik bir rol oynar. Türkiye'de, bölgelerin gelişmişlik düzeylerine göz attığımızda, ulaştırmanın önemini açıkça görebiliriz. İşletmelerin yer seçiminde belirleyici faktörlerden biri olan ulaştırma, özellikle endüstriyel işletmelerin yoğunlaştığı bölgelerde güçlü bir altyapıya sahipse, bu bölgelerin ekonomik kalkınmasına büyük katkı sağlar. Ulaştırma sektörü aynı zamanda Avrupa Birliği içinde önemli bir konumda bulunmakta olup, bu sektör Avrupa Birliği'nin gayri safi yurtiçi hasılasının (GSYİH) %7'sini, istihdamın %7'sini, üye ülkelerin yatırımlarının %40'ını ve enerji tüketiminin %30'unu oluşturmaktadır [7].

2030 yılına kadar dünya genelinde araç sayısının sadece 1,2 milyar olması beklenmektedir. Otomobillerin artan kullanımı, ulaşımın daha iyi bir altyapı, planlama ve rota seçimi gerektirmektedir [8]. Ülkemiz, ekonomik olarak gelişmiş ülkelerin gerisinde olmasına rağmen, özellikle büyük şehirlerde trafik sıkışıklığı önemli bir sorun haline gelmiş ve kişisel araç sahipliği oranı sürekli artmıştır. Bu artış, trafik akışındaki düzensizliklerin kaza riskini artırdığından, trafik kazalarına neden olmaktadır. Denetim ve yaptırımların her zaman ve her yerde etkili olmaması, trafik konusunda toplumsal eğitimsizlik kuralların ihlal edilmesini kolaylaştırmaktadır. Bu da yaralanmalı ve ölümlü trafik kazalarına yol açmaktadır. Karayolu kazalarını önleme konusunda denetimlerin yetersiz olması ve yol ağını genişletmek gibi çözümlerin etkisinin sınırlı olması, özellikle trafik yönetimi ve denetimine yönelik Akıllı Ulaştırma Sistemlerine (AUS) sürekli bir ihtiyaç olduğunu göstermektedir [9].



2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI

Yapılan taramada, karayolunda köprülü kavşaklar ile ilgili oldukça geniş bir literatürün olduğu görülmüştür. Köprülü kavşakları enerji kaybı, maddi kayıplar ve trafik kazaları açısından ele alan çalışmaların bir kısmı aşağıda kronolojik sıralamaya göre kısaca izah edilmiştir. Bu kaynakların bir kısmı uluslararası bir kısmı da ulusal niteliktedir.

Kuciemba ve Cirillo (1992) tarafından hazırlanan rapor, özellikle karayolu mühendislik çalışmaları ve kavşak tasarımlarıyla ilgili bir rehber niteliği taşımaktadır. Bu rehber, Kaliforniya Ulaştırma Bakanlığı (Departman) için Kaliforniya Eyalet karayolu sistemi üzerinde kullanılmak üzere Tasarım Bölümü tarafından oluşturulmuştur. Kılavuz, Bölümün Devlet karayolu tasarım görevlerini yerine getirmek amacıyla tek tip politikalar ve prosedürler geliştirir. Ayrıca, ders kitaplarında genellikle bulunmayan teknikleri içeren grafikler ve tablolar da sunar. Bu unsurlar, saha ve ofis sorunlarının hızlı çözümüne yardımcı olmak üzere tasarlanmıştır. Temel mühendislik tekniklerinin detaylandırılmasına odaklanmak yerine, rapor yeni gelişmeleri vurgular [10].

Martin Rogers'ın 2003 tarihli "Highway Engineering" adlı kitabı, geniş bir perspektifte karayolu mühendisliği konularını kapsamaktadır. Bu çalışma, yol tasarımı, malzeme seçimi ve karayolu inşası gibi temel konuları içermektedir. Bu nedenle, mühendislik alanındaki araştırmalara sağlam bir temel kaynak olarak hizmet vermektedir [11].

Dion, Rakha ve Kang (2004) tarafından kaleme alınan makale, sabit zamanda kontrol edilen ve az yoğunluktan yüksek yoğunluğa kadar değişen koşullarda işletilen sinyalize kavşak yaklaşımı için çeşitli mevcut gecikme modellerini karşılaştırarak bu konuya odaklanmaktadır. Makale özellikle deterministik bir kuyruk modeli, şok dalgası teorisine dayalı bir model, kararlı durum Webster modeli ve 1981 Avustralya Kapasite Kılavuzu ile 1995 Kanada Sinyalize Kavşaklar Kapasite Kılavuzu'nda tanımlanan kuyruk tabanlı modellerden elde edilen gecikme tahminlerini karşılaştırmaktadır [12].

2010 yılında ABD Ulaştırma Bakanlığı Federal Karayolu İdaresi tarafından yayınlanan "Alternatif Kavşaklar Bilgilendirme Raporu (AIIR)", karayollarındaki köprülü kavşaklarla ilgili rehber niteliğinde bir kaynaktır. Bu rapor, geleneksel hemzemin ve kademeli elmas kavşaklara kıyasla önemli avantajlar sunan dört farklı kavşak ve iki kavşak tasarımını içermektedir. Ayrıca, her alternatif çözüm hakkında göze çarpan geometrik tasarım özellikleri, operasyonel ve güvenlik konuları, erişim yönetimi, maliyetler, inşaat sıralaması, çevresel faydalar ve uygulanabilirlikle ilgili bilgiler sunmaktadır.

Koç (2010) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, iki farklı kavşakta gerçekleştirilen projelerin doğruluğu ve etkinliği incelenmiştir. Bu çerçevede, 2005 yılında sinyalizasyon eş düzey kavşak olan ve katlı kavşağa dönüştürülen A1 Kavşağı (Atatürk Caddesi – Bedrettin Dalan Caddesi Kesişimi) ile Garanti Kavşağı (Atatürk Caddesi Y-5 Yolu Kesişimi) örnek alınmıştır. Kavşaklara ait trafik modelleri oluşturularak, geçmiş, mevcut ve gelecekteki durumları değerlendirilmiştir. Elde edilen sayımlar ve trafik akımları, PTV VISSIM Programı kullanılarak simüle edilmiştir. Simülasyon modelinin saha koşullarıyla uyumlu olabilmesi için gerekli parametre ayarlamaları ve kalibrasyonlar gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyon kriterleri, Amerikan Federal Otoyol İdaresi (FHWA) önerilerine ve geçmiş çalışmalara dayanmaktadır. Trafficware Synchro programı, hizmet düzeylerinin belirlenmesi ve sinyalizasyon analizleri için kullanılmıştır. Elde edilen gecikme süreleri, kuyruk uzunlukları, durma oranları ve hizmet düzeyi seviyeleri gibi ölçütler karşılaştırılmıştır.

Saplıoğlu ve Karaşahin tarafından gerçekleştirilen araştırmada, şehir içindeki sinyalsiz kavşak kazalarının sebepleri olan insan ve araç faktörleri dışındaki yol ve çevre unsurları, özellikle kavşak geometrisinin kazalar üzerindeki etkileri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bu çalışmanın amacı, şehir içindeki sinyalsiz kavşaklardaki güvenlik analizi eksikliklerini gidermektir ve elde edilen sonuçların kavşak güvenliği alanındaki araştırmalara ışık tutabileceği düşünülmektedir [13].

Namlı (2015) tarafından gerçekleştirilen çalışmanın odak noktası, yoğun trafik akışının olduğu kavşaklarda inşa edilen köprülü kavşaklar ve bu kavşaklardaki trafik güvenliğidir. Birçok yol ağının kesişim noktalarında, trafiğin güvenli bir şekilde akmasını sağlamak için genellikle eş düzey kavşaklar tercih edilmektedir. Bu kavşaklarda, trafik güvenliği genellikle trafik işaretlemeleri ve ışıklı sinyalizasyon sistemi aracılığıyla sağlanmaktadır. Ancak, tüm bu tedbirlere rağmen eş düzey kavşaklar zaman zaman yeterli hizmeti sunamamaktadır. Bu sebeple, köprülü kavşaklar ekonomik olarak maliyetli olmalarına rağmen, trafik kesişimlerinin ve yoğun trafiğin olduğu bölgelerde kullanılmaktadır. Kavşağa gelen yolların sınıfı ve trafik yoğunluğuna bağlı olarak farklı tipte köprülü kavşaklar inşa edilebilmektedir. Bu çalışmada, Elazığ'daki çeşitli tipteki köprülü kavşaklar ve bu kavşaklardaki trafik güvenliği ele alınmış ve incelenmiştir [14].

Çakıcı ve Murat (2016) tarafından gerçekleştirilen araştırmada, sinyalizasyon dönel kavşaklar incelenmiş ve sinyal devre süresi ile faz planı için bir hesaplama yaklaşımı önerilmiştir. Tasarımın etkinliği, farklı kavşak tipleri ve çeşitli faz planları göz önünde

bulundurularak değerlendirilmiş ve gecikme performansı kriteri temel alınarak ölçülmüştür. Analiz sonuçlarına göre, sola dönüş oranı arttıkça ve faz sayısı artışına bağlı olarak, sinyalize dönel kavşaklar yerine farklı alternatiflerin tercih edilebileceği sonucuna varılmıştır.

Sarı, Kaya ve Çetin (2022) tarafından gerçekleştirilen çalışma, kentsel ulaşım sistemlerinin önemli bir bileşeni olan kavşaklar hakkında bilgi vermektedir. Özellikle Antalya ili Demokrasi Köprülü Kavşağı'nı örnek alan bu çalışma, kavşağın tasarımındaki sorunları belirlemeyi ve gelecekte sürdürülebilir temelli çözüm önerileri sunmayı amaçlamaktadır. Araştırmanın temel odak noktasını, Antalya ili Muratpaşa ve Kepez ilçeleri sınırları içinde bulunan Aspendos Bulvarı'nı D400 karayoluyla birleştiren Demokrasi Köprülü Kavşağı oluşturmaktadır. Çalışmanın metodolojisi, verilerin toplanması, analizi ve değerlendirilmesi aşamalarından oluşmaktadır. Gözlem ve literatür tarama çalışmaları, tasarım ilkeleri ve LEED sertifikasyon sistemi kriterlerinin incelenmesini içermekte olup, verilerin toplanması sürecinde gerçekleştirilmiştir. Tasarım sorunlarının belirlenmesi, karşılaştırma tekniği kullanılarak değerlendirme yapılması ve çözüm önerilerinin sunulması ise analiz ve değerlendirme aşamasında gerçekleştirilmiştir [15].

Yayla (2002)'nin "Karayolu Mühendisliği" adlı kitabı, on üç bölümden oluşmaktadır. İlk altı bölüm, karayolu planlaması ve projelendirilmesi için gerekli temel bilgileri içermektedir. 7., 8. ve 9. bölümler, geçki seçimi, plan ve boykesit hazırlanması ile yatay kurbaları detaylı bir şekilde ele alarak okuyucuya bir karayolu projesinin yapılması ve uygulanması konusunda bilgiler sunmaktadır. Kitabın 10. ve 11. bölümleri, kentiçi yolların planlanması ile trafik tıkanıklığı ve kazalar açısından önemli olan eşdüzey kavşaklara odaklanmıştır. Altyapı başlıklı 12. bölüm, karayolunun yapımını ele alırken, son bölüm olan 13. bölümde karayolunun ömrü ve bakımı açısından önemli olan drenaj konusu incelenmiş ve uygulamaya yönelik örnekler verilmiştir [16].

Yukarıda sayılan kaynakların dışında çok sayıda makale, lisansüstü tez, rapor, bildiri ve istatistik bültenleri bulunmaktadır. Bu açıdan TÜİK verileri ve Karayolları Genel Müdürlüğü'nün raporları bu alanda çalışanlar için önemli kaynak niteliği taşımaktadır. Bunların dışında uluslararası kuruluşların (BM, WHO, WB gibi), çalışmaları, raporları ciddi veriler sunmaktadır.

2.1. Kavşak Tanımları ve Çeşitleri

Kavşaklar eş düzey ve farklı düzeyli olmak üzere ikiye ayrılırlar. Eş düzeyli kavşaklarda kendi içinde kontrolsüz, kontrollü, ışıklı ve modern dönel kavşak şeklinde sınıflandırılabilirler. Burada farklı düzeyli kavşaklar olarak bilinen köprülü kavşakları inceleyeceğiz.

2.1.1. Köprülü kavşak ve köprülü kavşak çeşitleri

Köprülü kavşak, karayollarında, ana yol ile kavşak yolu arasındaki geçişi üst veya alt kotlarda bir köprü yardımıyla sağlayan, bu sayede bu iki yolun birbiriyle seviye kesmeden kesişmesini sağlayan bir kavşak tipidir. Köprülü kavşaklar, özellikle yoğun trafikli alanlarda trafik akışını daha düzenli hale getirmek ve trafik sıkışıklığını azaltmak için kullanılır.

Kentlerin etkili bir ulaşım hizmeti sunabilmesi, ortaya çıkan sorunlara yeni çözümler üretilmesine bağlıdır. Günümüzde, ulaşım sorunları özellikle kavşak noktalarında, yani düğüm ve bağlantı noktalarında yoğunlaşmaktadır. Ulaşım sorunlarını en aza indirmek için, köprülü kavşakların yolların düğüm noktalarında inşa edilmesi tercih edilmelidir. Ancak planlanan köprülü kavşağın geniş bir alana yayılması ve etkili bir şekilde tasarlanması gereklidir. Özellikle bölgeden geçen yayalar için, karşıya geçişte sorunlar yaşanabilmektedir [15].

Köprülü kavşaklar, kavşağa gelen yol sınıfları, sayısı ve yoğunluğuna bağlı olarak çeşitli tiplerde inşa edilebilir. Bazıları tamamen serbest trafik akışına izin verirken, diğerleri kontrollü geçişli olup sinyalizasyon sistemine bağlı olarak yapılabilmektedir [14].

Köprülü kavşak, iki farklı düzeydeki yolları birbirine bağlayan bir yapıyı ifade ederken, farklı yönlerde ilerleyen ortak kullanılan yol ağına ise eş düzey kavşak denir. Yapılan araştırmalara göre, kent içindeki ve kent dışındaki yollardaki kazaların %60'ının eş düzey kavşaklardan kaynaklandığı ortaya çıkmıştır. Eş düzey kavşaklar, trafik yoğunluğunun artmasına ve ulaşım ağlarındaki ilerlemelerin yavaşlamasına neden olan bir diğer olumsuz etkiye sahiptir [16].

Köprülü kavşaklarda, sürücülerin bir yoldan diğerine geçişleri genellikle rampalar aracılığıyla yapılır. Bu tür kavşaklar sayesinde, ana yolda seyir halinde olan araçlar, kavşaktan geçen diğer yolun trafiğini kesmeden doğrudan ilerleyebilirler.

Uzmanların yaptığı araştırmalara göre, artan nüfus beraberinde yolların yetersiz kalmasını ve yeni yolların inşa edilmesine olan ihtiyacı ortaya koymaktadır. Bu durum,

trafik yoğunluğunun sürekli artmasına sebep olmaktadır. Araç kullanıcıları ve yayalar, gün geçtikçe daha uzun süre trafik yoğunluğuyla karşı karşıya kalmaktadır. Günümüzdeki trafik sorunları, eski yöntemlerle tasarlanan kavşakların bu yoğunluğu azaltmakta yetersiz kaldığı ve karmaşık hale geldiği bir noktaya ulaşmıştır. Bu sorunu çözmek adına birçok mühendis, yeni araştırmalar ve çözüm önerileri üzerinde çalışmaktadır. Çeşitli yolların kesişim noktalarında trafik sürdürülebilirliğini sağlamak amacıyla kavşaklar inşa edilmektedir. Farklı düzeylerde tasarlanan kavşaklar, trafik yoğunluğunu azaltmada etkili olabilmektedir. Kavşak tasarımlarındaki virajlar bazen sınırlamalara tabi olsa da köprülü kavşaklar, trafik yoğunluğu kontrolünü, güvenliği ve konforu sağlama konusunda mükemmel sonuçlar elde etmektedir [14].

Köprülü kavşaklar, maliyetli yapılar olabileceği için genellikle trafik yoğunluğunun yüksek olduğu bölgelerde tercih edilir. Özellikle büyük şehirlerde veya ana arterlerin kesiştiği noktalarda, trafik akışını hızlandırmak ve kazaları azaltmak için bu tür kavşaklar sıkça kullanılır.

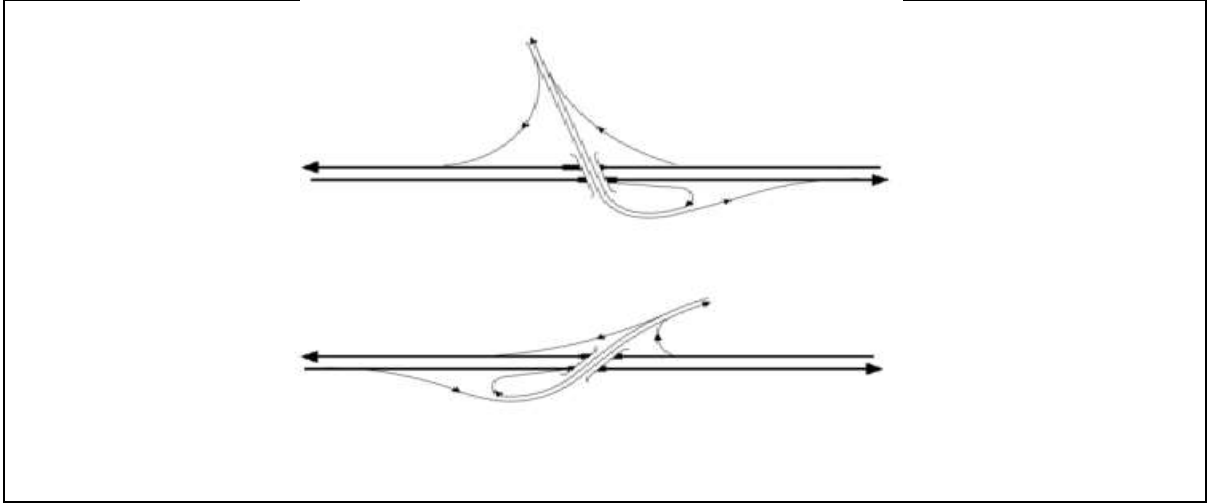
Bir kara yolu kavşağı, çakışan ve birleşen trafik akışlarını kontrol etmek ulaşım güvenliğini artırmak ve gecikmeyi en aza indirmek için gereklidir. Bu, kavşak içinde araç yollarını kontrol eden ve düzenleyen geometrik parametrelerin seçimi ile sağlanır. Bu parametreler öncelik belirler ve böylece tüm hareketler güvenli bir şekilde gerçekleşir [11].

Köprülü kavşaklar, yolun türü, trafik açısından yoğunluğuna bağlı olarak farklı türlerde sınıflandırılmaktadır. Bunların bazıları tamamen trafik yoğunluğuna bağlı olarak, bazıları ise trafik uyarıcıları ve trafik ışıkları yeterliliğine göre yapılmaktadır. Kavşaklar yolların durumları ve biçimlerine göre aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır [14].

2.1.1.1. T (Trompet) kavşak tipi

Köprülü kavşaklar genellikle devam eden yolların birleşim noktalarında, trafiğin yoğun olduğu bölgelerde bulunmaktadır. T veya Y kavşağı uygulamaları ise üç yolun kesişim noktasında oluşturulmaktadır. Namlı'ya göre (2015), bu kavşak tipleri, karayolunun otoyola bağlandığı yüksek yoğunluklu bölgelerde veya tali yolların karayoluna bağlandığı daha düşük yoğunluklu yerlerde kullanılabilir [14].

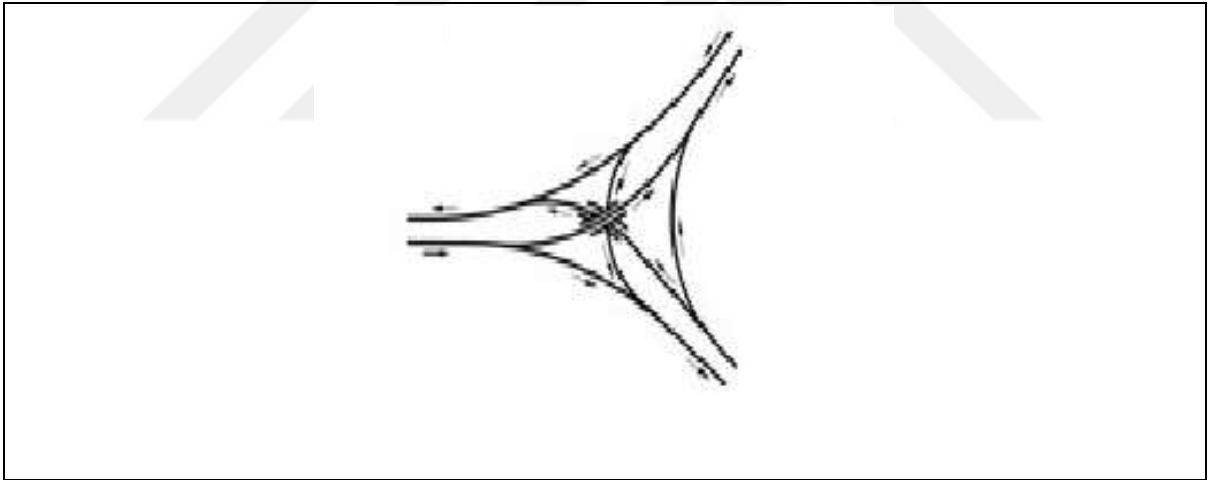
Trompet kavşaklar genellikle otoyol bağlantı noktalarında veya belirli anayol bağlantı noktalarında tercih edilir. Ancak, eğer trompet kavşağın yapıldığı noktada yolun genişlemesi veya değişiklik yapılacaksa, bu kavşak türü kullanılmamalıdır [17].



Şekil 2.1. T (Trompet) kavşak tipleri [17]

2.1.1.2. Y tipi kavşak

Y şeklindeki tam yönlü köprülü kavşaklar, trafiğin yoğun olduğu ve dönemeçlerde iki girişli yolun eş düzey kavşaklarla kesiştiği yerlerde tercih edilmektedir [18].



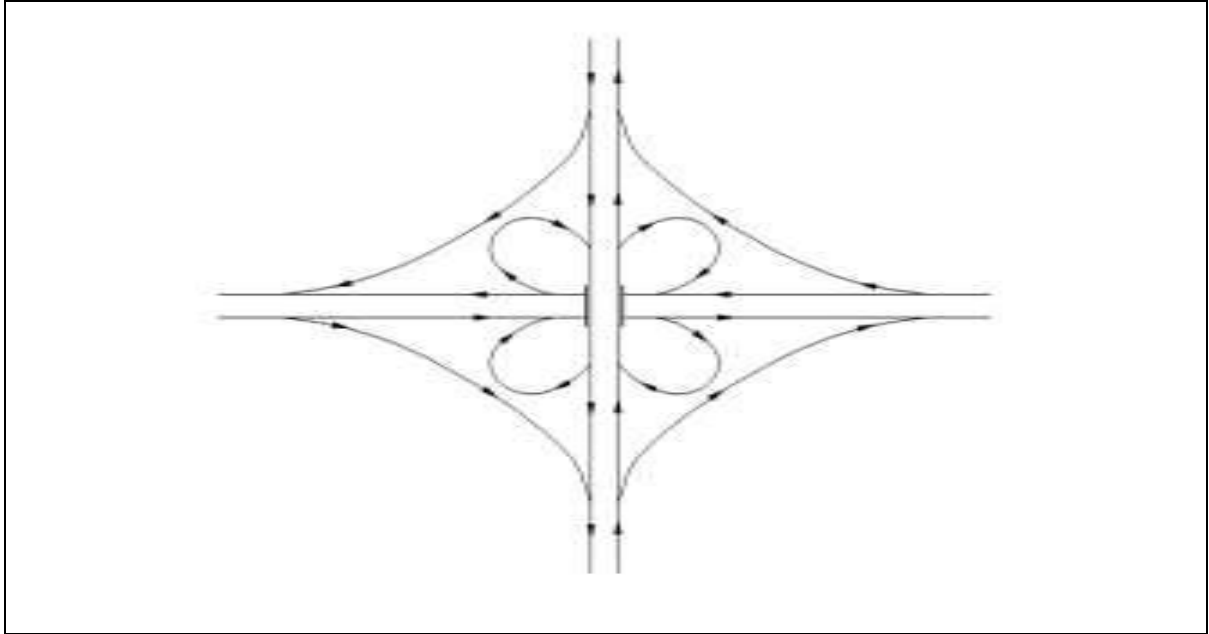
Şekil 2.2. Y tipi kavşak [18]

2.1.1.3. Yonca yaprağı köprülü kavşak

Dört kollu yolların kesişim noktalarında ve sola dönüşlü rampaların bulunduğu köprülü kavşaklar, genellikle tam yonca yaprağı köprülü kavşaklar ve yarım yonca köprülü kavşaklar olmak üzere iki temel türe ayrılır. Tam Yonca Yapracağı köprülü kavşakları, dört çeyrek daireli dönüş rampasına sahip olanlardır. Diğer bir deyişle, bu kavşaklarda her yönde dört ayrı dönüş rampası bulunmaktadır. Öte yandan, Yarım Yonca Yapracağı köprülü kavşakları, iki çeyrek daireden oluşur. Bu tür kavşaklar genellikle sağa dönüşlerin yasak

olduğu alanlarda kullanılır. Sola dönüş hareketi, büyük yol üzerindeki çeyrek daire rampası aracılığıyla sağlanır ve tali yoldan ana yola acil çıkış ihtiyacı duyulmaz. Bu tasarım, özellikle sol dönüşlerin daha güvenli ve etkili bir şekilde gerçekleştirildiği alanlarda kullanılmak üzere tasarlanmıştır [17].

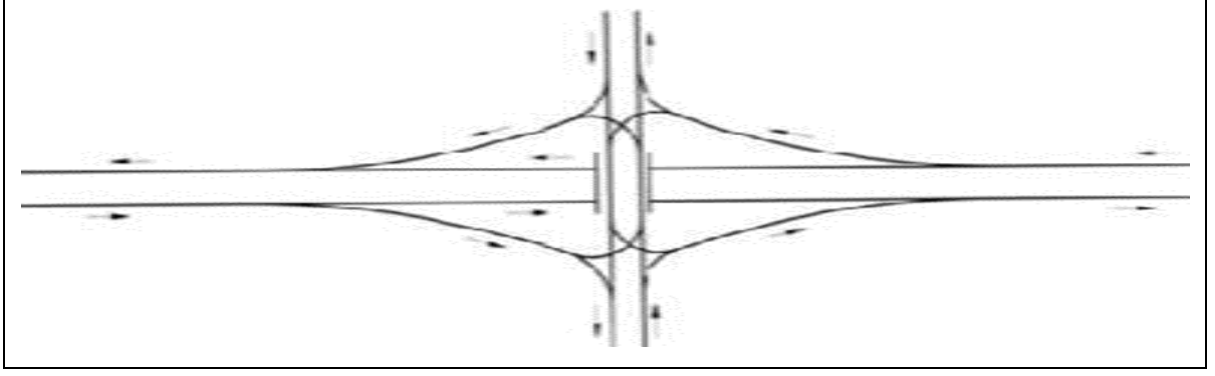
Yarım yonca yaprağı köprülü kavşak, iki çeyrek daire içeren rampaya sahiptir ve genellikle sağa dönüşlerin yasak olduğu alanlarda tercih edilir. Bu tür kavşaklarda, sola dönüş hareketi büyük yol üzerinde çeyrek daire rampasıyla gerçekleştirilir ve küçük yolun ana yola acil çıkışlara ihtiyaç duymadığı durumlarda kullanılması en büyük avantajı oluşturur [17].



Şekil 2.3. *Tam yonca yaprağı köprülü kavşak [17].*

2.1.1.4. Baklava (diamond) tipi köprülü kavşak

Baklava tipi köprülü kavşaklar, ekonomik ve yaygın olarak kullanılan köprülü kavşak türlerindendir. Bu kavşakta yük, gelen rampadaki trafiğin yoğunluğu tarafından belirlenir. Rampaya gelen kapasite, ana yoldaki trafik yoğunluğu kapasitesiyle ölçülmektedir. Baklava tipi köprülü kavşakların olumlu özellikleri arasında yeterli görüş mesafesi, rahat dönüş manevraları, fazla yol ihtiyacı olmaması, ana yoldan çıkışların kavşağa ulaşmadan önce gerçekleşmesi, sola dönüş manevralarının kısıtlılığı ve gelecekte yapılacak ek rampalara hazırlık sağlama avantajları bulunmaktadır [19].



Şekil 2.4. *Baklava (Diamond) tipi köprülü kavşak [18].*

2.1.1.5. Köprülü dönel kavşak

Dönel kavşaklar, trafiğin merkezi bir adanın çevresinde döndüğü ve sadece saat yönünün tersine hareket ettiği yönlendirilmiş kavşaklardır. Bu kavşaklar, kavşak yaklaşımında bulunan tüm araçların dönel adanın çevresinde seyreden araçlara yol verme prensibine göre çalışır. Daire veya elips adalı eş düzey dönel kavşaklar, kol sayısına göre yarım dönel (üç kollu kavşaklar), mini dönel (üç veya daha fazla kollu kavşaklar) ve modern dönel (üç veya daha fazla kollu kavşaklar) olarak sınıflandırılır. Ancak, mini ve modern dönel kavşakların dörtten fazla kola sahip olmamaları tercih edilir [20].

Köprülü Dönel Kavşaklar ise farklı düzeylerden birine transit geçişe izin verirken diğer düzeyin trafik akımını ise alt veya üst düzeyde merkezi bir ada etrafında yönlendiren ve adanın çevresindeki araçların ilk geçiş hakkına sahip olduğu bir kavşak tipidir. Bu kavşaklar, trafiği etkili bir şekilde rahatlatmaları ve estetik açıdan hoş görüntülere sahip olmaları nedeniyle yaygın olarak tercih edilmektedir. Bu kavşak tipi, diğer yollardan ana yola gelen ve farklı yönlerle geçiş sağlamak için altta veya üstte bulunan dönel bir kavşağa sahiptir. Dönel köprülü kavşaklar, geniş bir manevra alanı sağlayarak dönüş manevrasını düzenler. Ayrıca, birbirini kesen yolları kısa mesafede farklı düzlemlerde dengeleme gibi olumlu etkilere sahiptir [21].



Şekil 2.5. *Köprülü dönel kavşak*

Dönel kavşaklar hem yüksek hem de düşük trafik hacimlerine uygun bir trafik düzenleme çözümü sunar. Bu tür kavşaklar, trafiği düzenlemek ve araçların güvenli bir şekilde kavşak noktasından geçmelerini sağlamak için tasarlanmıştır. Yüksek trafik hacimlerinde, dönel kavşaklar, ışıklı sinyal kontrollü kavşaklara kıyasla daha düzenli bir trafik akışı sağlamak ve trafiği daha hızlı yönlendirmek için etkili bir seçenek sunabilir. Dönel kavşakların avantajları arasında araçların daha düşük hızlarda dönmesi, çarpışma riskini azaltması ve genel olarak güvenli bir kavşak deneyimi sağlaması bulunmaktadır. Bu özellikleri sayesinde, düşük trafik hacimleri olan bölgelerde de tercih edilebilirler. Dönel kavşaklar, sinyalizasyon sistemlerine kıyasla daha az enerji tüketimi ve bakım gereksinimi ile ekonomik bir alternatif sunabilir. Bu tür kavşaklar ayrıca yaya ve bisiklet trafiğini düzenlemek için tasarlanabilir, böylece sadece motorlu araç trafiğini değil, aynı zamanda yayaların ve bisikletlilerin güvenli bir şekilde geçiş yapmalarına da olanak tanır. Bu, dönel kavşakların çeşitli trafik koşullarına uygunluğunu artıran bir özelliktir. Sonuç olarak, dönel kavşaklar hem yüksek hem de düşük trafik hacimli alanlarda etkili, güvenli ve ekonomik bir trafik yönetimi çözümü sunar [20].

2.2. Rölanti Halinde Araçların Yakıt Sarfiyatları

Araçın motoru çalıştığı zaman dönmek için bir yakıtı ihtiyaç duyar. Rölantinin amacı motoru stop etmeden en az yakıtla çalışmasını sağlamaktır. Rölantide çalışan bir aracın motoru mutlaka yakıt tüketecektir. Bu motorun hacmine göre değişiklik gösterebilmektedir. Şimdi bir tablo halinde bir otomobil motorunun rölantide ne kadar yakıt tükettiğine bakalım.

Aşağıdaki veriler, Almanya Yakıt Değerleme Enstitüsü tarafından oluşturulmuştur. Rölantide olan bir otomobil hareket etmediği için veriler rölantide bir motorun saat başı tükettiği yakıt miktarıdır.

Tablo 2.1. Rölantide çalışan aracın yakıt tüketimi tablosu

Motor hacmi (cc)	1,0	1,2	1,3 (B)	1,3 D	1,4 B	1,4 D	1,5 B	1,5 D	1,6 B	1,6 D	1,8 B	2,0 B	2,0 D	2,5 B	3,0 v6
Rölantide saatte tükettiği yakıt(lt)	0,5	0,65	0,7	0,5	0,8	0,6	0,9	0,7	1,0	0,8	1,2	1,5	1,1	1,7	2,5

B: Benzin, D: Dizel

Yukarıdaki tablo, farklı motor hacimlerine sahip araçların rölantide saatte tükettiği yakıt miktarlarını göstermektedir. Tablodaki motor hacmi sınıflandırmalarına göre, 1,0 cc'den 3,0v6 cc'ye kadar olan araçlar incelenmiştir. Buna göre, 1,0 cc'lik aracın rölantide tükettiği yakıt miktarı 0,5 litre iken, 3,0 cc'lik aracın rölantide tükettiği yakıt miktarı 2,5 litre olarak kaydedilmiştir. Bu tablo, farklı motor hacimlerine sahip araçların rölantideki yakıt verimliliğini karşılaştırmak adına önemli bir bilgi sunmaktadır. Büyük motor hacimli araçların genellikle daha fazla yakıt tükettiği ve motor hacminin yakıt tüketimi üzerindeki etkisinin önemli olduğu görülmektedir.

Bmw 4 silindirli dizel motorun rölantide saatlik yakıt tüketimi; ilk çalıştırmada 1,4 L, 90C'de tamamen ısınmış motor durumunda ise; her şey kapalı iken 0,5 L, aydınlatmalar aktif iken 0,6 L, klima açık iken 1 L olarak ifade edilmektedir.

Bmw 6 silindirli dizel motorun rölantide saatlik yakıt tüketimi; ilk çalıştırmada 2 L, 90C'de tamamen ısınmış motor durumunda ise; tüm her şey kapalı iken 1,3 L, aydınlatmalar aktif iken 1,4 L, klima açık iken 2 L olarak verilmektedir.

Buna göre, araç sayısı ve bekleme süreleri de hesaba katılarak aşağıdaki denklemden maliyet hesabı çıkarılabilir.

$$Yt = As \cdot Bs \cdot \frac{1}{3600} s \cdot Rt \quad 2.1$$

Burada;

Yt: Yakıt tüketimini (L), As: Araç sayısını, Bs: Bekleme süresini (s), Rt: Rölantideki satlık yakıt tüketimini (L) göstermektedir.

2022 itibariyle ülkemizde trafiğe kayıtlı tüm kara araçlarının sayısı (otomobil, kamyonet, minibüs, kamyon, otobüs, çekici vs.) 26.482.847'dir. Bir aracın rölantide günlük 3 dakika beklediği düşünülürse, denklem 2.1. den, günlük olarak 1 aracın 0,05 L, tüm araçların ise 1324142 L yakıt tüketeceği görülebilir. Bu değerler, Rölantide geçirilen sürenin ülkemizin ekonomisi açısından önemini göstermektedir.

2.3 Maliyet Analizi

Ömür boyu maliyet analizi: Bir sistemin; satın alımından son kullanımına kadar geçen süreçte (ömür boyu) ortaya çıkan tüm maliyet unsurlarının (satın alma, montaj,

işletme, enerji tüketimi, bakım ve yerinden sökme) ekonomik parametrelerle dikkate alınarak gerçek maliyetinin tespit edilmesidir. Bütün bir sistemin başlangıcından devreden çıkışına kadar çeşitli maliyetlerden oluşan ömür boyu maliyet yaklaşımı için, ne kadar çok bilgi ve öngörü ile hesaplama yapılırsa o kadar doğru bir maliyete ulaşılabilir. Ömür boyu maliyet analizi; toplam maliyetin azaltılması, alternatif seçeneklerin maliyetlerinin karşılaştırılması ve uygun seçeneklerin tespit edilmesi açısından yararlıdır. Verilen sistemlerin N yıl sonraki bugünkü değer maliyetlerinin hesaplanması için; N yıllık ömür üzerinden toplam işletme maliyeti şimdiki değer faktörü (PWF) ile birlikte değerlendirilmelidir.

$$PWF = \frac{(i+1)^{N-1}}{(i*(i+1))^N}, \quad i > g \rightarrow i = \frac{i-g}{1+g}, \quad g > i \rightarrow i = \frac{g-i}{1+i} \quad 2.2.$$

PWF: şimdiki değer faktörünü, i: Faiz oranını, g: Enflasyon oranını, N: Kaç yıl sonra, g: Enflasyon değerinde şuan bulunan enflasyon değeri, I: Değerinde Merkez Bankası'nın yıllık faiz değerini gösterir. Buna bağımlı olarak sistemin harcamış olduğu yıllık enerji maliyetinin bugünkü değeri (PV), şimdiki değer faktörü (PWF) ile yıllık enerji maliyetinin (P0) çarpımına eşittir.

$$PV = P_0 \cdot Pwf \quad 2.3.$$

Toplam maliyetin bugünkü değeri; sistemin harcamış olduğu yıllık enerji maliyetinin bugünkü değeri (PV) ile ilk yatırım maliyetinin toplamına eşittir.

$$PWC = PV + I_0 \quad 2.4.$$

2.4. Trafik Yoğunluğunun Oluşturduğu Olumsuzluklar

Birbirleriyle direk veya dolaylı olarak trafik yoğunluğuyla bağlantılı olumsuz bir çok madde sayılabilir. Aşağıda bazı başlık altında trafik yoğunluğunun olumsuzlukları verilmiştir.

2.4.1. Trafik kazalarının artışı

Son yıllarda, ülkemizde ulusal bir sorun haline gelen trafik kazaları, doğal afetlerden daha fazla sosyal ve ekonomik zarara yol açmaktadır. Bu sorunu çözmek ve kayıpları azaltmak amacıyla daha güvenli yol ve kavşak projeleri hayata geçirilmeye çalışılmaktadır.

Trafik kazalarının, yaralanma, sakatlanma ve ölüm gibi sonuçları, kamu sağlığını ilgilendiren küresel ve toplumsal bir meseledir. OECD uzmanlarına göre, trafik kazalarında yaralanma riski bir saat içinde, çalışan bir işçinin maruz kaldığı riske göre 30 kat daha fazladır. Ayrıca, gelişmiş ülkelerde trafik kazalarıyla ilgili durum iyileşme gösterirken, gelişmekte olan ülkelerde çeşitli olumsuzluklar nedeniyle sorun daha da derinleşmektedir [13].

Ülkemizdeki istatistiklere göre, trafik kazalarının %40 ila %60'ı şehir içi ve kırsal alanlardaki yol kavşaklarında meydana gelmektedir. Eşdüzey kavşaklar, karayolu sisteminin fiziksel olarak küçük bir kısmını oluştursa da, uluslararası araştırmalar kavşaklarda yaşanan kaza sayılarının oldukça yüksek olduğunu ortaya koymaktadır. Kavşak kazaları, şehir içi kazaların %50'sini, şehirlerarası kazaların ise %30'unu oluşturmaktadır [10].

Trafik kazaları, Türkiye'deki karayolu ulaşımının en önemli sorunlarından biridir. 2017 yılı itibarıyla ülkede meydana gelen 1,202,716 trafik kazasının 183,669'u ölümlü veya yaralanmalı kazalardır. Bu kazalarda kaza yerinde yaşamını yitiren 3,534 kişi olmuş, toplamda ise 7,427 kişi hayatını kaybetmiş, 300,383 kişi yaralanmıştır. Kazalarda altyapı eksiklikleri ve denetim sorunları etkili olsa da insan faktörünün bu kazalardaki payı %90'ın üzerindedir. Trafik yoğunluğu 2003-2015 yılları arasında yaklaşık iki kat artmasına rağmen, taşıt-km başına düşen can kaybı %62 oranında azalmıştır. Buna bölünmüş yol çalışmalarının önemli katkısı bulunmaktadır, çünkü bu yollar trafik kazalarını azaltarak can güvenliğini artırmış ve ekonomik ulaşım imkanlarını geliştirmiştir. Ancak, milyon otomobile düşen ölü sayısı açısından hala iyileştirme gerekliliği vardır; bu oran Türkiye'de 711 iken Avrupa Birliği ülkelerinde 105'tir. Bu nedenle, trafik güvenliğini artırmaya yönelik çalışmalara öncelik verilmesi önemlidir [22].

Aşağıdaki tabloda 2017-2020 yılları arasında Adıyaman ili trafik kaza istatistikleri verilmiştir.

Tablo 2.2. *Adıyaman ili trafik kaza istatistikleri (2017-2020) (Kaynak: Trafik Denetleme şube kayıtları)*

	2017	2018	2019	2020
Toplam kaza sayısı	1542	1486	1636	1448
Ölümlü trafik kazası	10	9	6	2
Ölü sayısı	17	11	6	2
Yaralanmalı trafik kazası	984	994	1.005	775
Yaralı sayısı	1730	1731	1798	1209
Maddi has. Trafik kazası	548	483	625	671

Yukarıdaki tabloya göre, toplam kaza sayısına bakıldığında; 2017 yılında 1542 kaza yaşandığı, 2018 yılında bu sayının 1486'ya düştüğü, 2019 yılında tekrar bir artışla 1636 kazanın gerçekleştiği, 2020 yılında ise kaza sayısının 1448'e düştüğü görülmektedir. Ölümlü trafik kazası oranlarına bakıldığında; 2017'de 10 ölümlü trafik kazası meydana geldiği ve 17 kişinin öldüğü, 2018'de bu sayının 9 kazaya ve 11 ölüme düştüğü, 2019'da 6 ölümlü kazanın yaşandığı ve 6 kişinin hayatını kaybettiği, 2020'de ise sadece 2 ölümlü kazanın olduğu ve 2 kişinin öldüğü görülmektedir. Yaralamalı trafik kazası oranlarına bakıldığında; 2017 yılında 984 yaralamalı kaza meydana gelmiş, 1730 kişi yaralanmıştır. 2018'de yaralı kazaların sayısı 994'e çıkarken, yaralı sayısı bir önceki yıla benzer şekilde 1731 olmuştur. 2019'da kaza sayısı artmasına rağmen yaralı sayısı 1798 olmuştur. 2020'de ise kaza ve yaralı sayısında düşüş gözlemlenmiş, 775 kaza sonucu 1209 kişi yaralanmıştır. Maddi hasarlı trafik kazası ile ilgili verilere göre, 2017'de 548 maddi hasarlı kaza yaşanmıştır. 2018'de bu sayı azalarak 483'e düşmüş, ancak 2019'da tekrar artarak 625 olmuştur. 2020'de 671 maddi hasarlı kaza kaydedilmiştir.

Genel olarak, Adıyaman'da trafik kazalarının sayısının yıllar itibariyle değiştiği ve bu kazaların genellikle maddi hasarlı olduğu, ölümlü ve yaralamalı kazaların ise daha az sıklıkta meydana geldiği gözlemlenmektedir. 2020'de Covid-19 pandemisinin etkisiyle kaza ve yaralanma sayılarında bir düşüş görülmüştür.

Aşağıdaki tablo, 2013-2023 yılları arasında Kahramanmaraş'taki trafik kazası istatistiklerini göstermektedir. Veriler, toplam kaza sayısı, ölümlü kaza sayısı, ölü sayısı, yaralanmalı kaza sayısı ve toplam yaralı sayısını içermektedir.

Tablo 2.3. Kahramanmaraş ili yıllara göre kaza istatistiği (**Kaynak:** Trafik Denetleme şube kayıtları)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Top. Kaza sayısı	908	1076	1218	1227	1161	1169	1052	964	1149	1303	1694
Ölümlü kaza sayısı	3	5	2	6	4	3	3	3	4	4	6
Ölü sayısı	3	5	2	6	4	3	3	4	5	4	6
Top. Yaralanmalı kaza say	905	1071	1216	1221	1157	1166	1049	961	1145	1299	1686
Top yaralı sayısı	1447	1678	2016	1952	1853	1940	1660	1350	1645	1998	2519

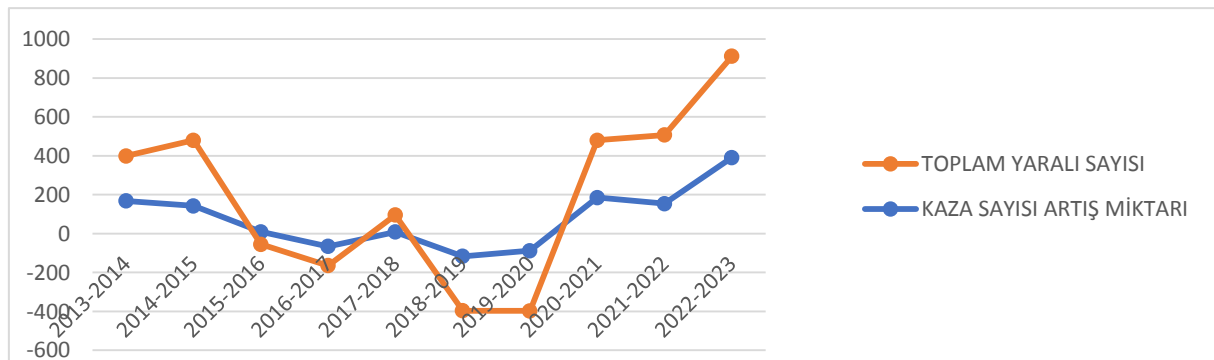
Yukarıdaki tabloya göre, 2013'ten 2023'e kadar toplam kaza sayısı genel olarak artış eğilimindedir. 2013'te 908 olan toplam kaza sayısı, 2023'te 1694'e yükselmiştir. Bu, neredeyse iki katlık bir artışı ifade eder ve trafik yoğunluğunun artması, sürücü hataları

veya yetersiz altyapı gibi nedenlerle ilişkili olabilir. Yıllar boyunca ölümlü kaza sayısında büyük dalgalanmalar olmamıştır. 2013'te 3 olan ölümlü kaza sayısı 2023'te 6'ya çıkmıştır. Bu veriler, kazaların sayısal artışına rağmen ölümlü kazaların görece stabil kaldığını gösteriyor.

Ölü sayısı da ölümlü kazalarla uyumlu bir seyir izlemiştir. 2013 yılında 3 olan ölü sayısı 2023 yılında 6'ya çıkmıştır. Ölümlü kazalardaki artışla uyumlu olan bu durum, trafikteki can kaybı oranının yıllar içinde nispeten düşük olduğunu, ancak artış eğiliminde olduğunu gösteriyor. Yaralanmalı kazalar da genel olarak artış göstermektedir. 2013 yılında 905 olan yaralanmalı kaza sayısı, 2023 yılında 1686'ya yükselmiştir. Bu da yaralanmalı kazaların yıllar içinde ciddi şekilde arttığını ve toplam kazalardaki artışla uyumlu olduğunu gösteriyor. Yaralanan kişi sayısı da yıllar içinde genel olarak artış göstermektedir. 2013'te 1447 yaralı varken, 2023'te bu sayı 2519'a yükselmiştir. Özellikle son yıllarda yaralı sayısında dikkat çekici bir artış yaşanmıştır.

2013-2016 arası dönemde kaza ve yaralı sayılarında istikrarlı bir artış görülmektedir. 2013'te 908 kaza ve 1447 yaralı varken, 2016'da 1227 kaza ve 1952 yaralı kaydedilmiştir. 2017-2020 arası kaza sayısı ve yaralı sayısında bir duraklama veya azalma eğilimi görülmektedir. Özellikle 2019 ve 2020 yıllarında kaza ve yaralı sayıları önemli ölçüde düşmüştür. 2020'deki kısıtlamalar (pandemi nedeniyle) trafik hacminin azalmasına yol açmış olabilir. 2021-2023 arası pandemi sonrası dönemde, kaza sayısında ve yaralı sayısında keskin bir artış gözlemlenmektedir. 2022 ve 2023 yıllarında kaza ve yaralı sayıları ciddi şekilde artmıştır. 2023 yılında kaza sayısı 1694 ve yaralı sayısı 2519 ile tüm zamanların en yüksek seviyesine ulaşmıştır.

Aşağıdaki görselde sunulan veriler yukarıdaki tablonun verilerini destekler niteliktedir.



Şekil 2.6. Kahramanmaraş ili yıllara göre kaza istatistiği grafiği

Yukarıdaki görsel genel olarak Kahramanmaraş'ta trafik kazalarının son on yılda önemli ölçüde arttığını göstermektedir. 2020'deki azalmaya rağmen, 2021 ve sonrası dönemde kaza ve yaralı sayılarında hızlı bir artış gözlemlenmiştir. Bu durum, trafiğin yoğunlaşması, şehirleşmenin artması ve belki de sürücülerin dikkatsizliğinin artmasıyla ilişkili olabilir. Kazaların artmasına karşı güvenlik önlemleri alınsa da özellikle ölümlü kazaların engellenmesine yönelik daha etkili stratejilerin geliştirilmesi, altyapı üst yapı çalışmalarının yapılması gerekmektedir.

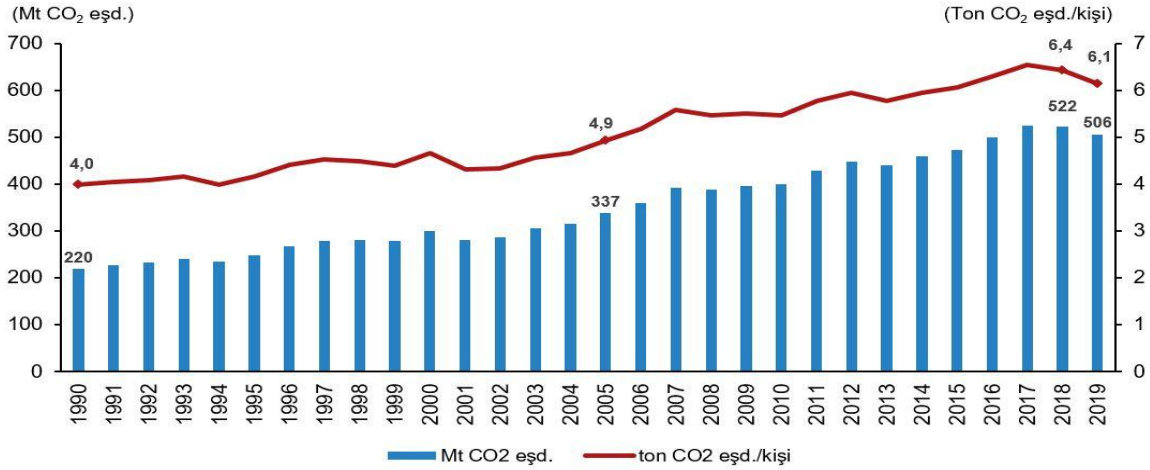
2.4.2. Hava kirliliğinin artışı

Günümüzde, iklim değişikliği ve küresel ısınmanın etkilerini azaltmak amacıyla insan kaynaklı sera gazı emisyonlarını en aza indirmek için alınan önlemler, tüm ülkelerin öncelikli gündem maddeleri arasında yer almaktadır. Bu bağlamda hem ulusal hem de uluslararası düzeyde birçok çalışma yürütülmekte, ülkeler sosyal ve ekonomik kalkınma planlarını oluştururken çevresel sürdürülebilirlik konusuna daha fazla önem vermeye başlamıştır. Sera gazı emisyonlarında en büyük paya sahip olan enerji sektörüyle ilgili planlamalarda, özellikle Avrupa Birliği üyesi ülkeler başta olmak üzere çevresel faktörler belirleyici bir rol oynamaktadır. Ancak, yalnızca enerji sektöründe değil, sera gazı salınımından sorumlu tüm sektörlerin de çevresel sorumluluklarını yerine getirmesi ve gerekli tedbirleri alması büyük önem taşımaktadır [23].

Sanayileşmenin ve artan üretim hacminin etkisiyle, 18. yüzyıldan itibaren fosil yakıt kullanımı sürekli bir artış göstermiştir. Bu süreçle birlikte, insan ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla orman ürünleri kullanımı da yaygınlaşmış, bu da orman alanlarının azalmasına yol açmıştır. Fosil yakıt kullanımındaki artış ve yeşil alanların azalması, küresel ölçekte atmosferin ısınmasına ve buna bağlı olarak küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi sorunlara neden olmuştur. Bu değişimlerle birlikte, atmosferdeki sera etkisi bozularak yaşam koşullarını dengeleyen mekanizmalar etkilenmiştir. Sera etkisinin bozulması, dünyanın farklı bölgelerinde sıcaklıklardaki aşırı artışlara neden olmuş; bu durum orman yangınları ve çölleşmenin artışına yol açmıştır. Aynı zamanda, diğer bölgelerde ise aşırı yağışlar sel ve erozyon gibi felaketlere neden olmuş, insanlar başta olmak üzere tüm canlıların yaşamlarını tehdit etmiştir [24].

Aşağıdaki grafikte, motorlu araçların 1990-2019 yılları arasındaki sera gazı emisyon istatistikleri verilmiştir. Toplam sera gazı emisyonu 2019 yılında 506,1 Mt CO₂ eşdeğeri oldu.

Toplam ve kişi başı sera gazı emisyonu, 1990-2019



Şekil 2.7. Sera gazı emisyon istatistikleri (1990-2019)

(Kaynak: TÜİK, Sayı: 37196, 30 Mart 2021)

Sera gazı envanteri sonuçlarına göre, 2019 yılında toplam sera gazı emisyonu, bir önceki yıla kıyasla %3,1 azalarak 506,1 milyon ton (Mt) CO₂ eşdeğeri (eşd.) olarak hesaplanmıştır. Kişi başına düşen sera gazı emisyonu ise 1990 yılında 4 ton CO₂ eşd., 2018'de 6,4 ton CO₂ eşd. ve 2019'da 6,1 ton CO₂ eşd. olarak belirlenmiştir. Sektörler arasında en fazla emisyon enerji sektöründe gerçekleşmiştir. 2019 yılında toplam sera gazı emisyonlarının %72'si enerji kaynaklı olup, tarım %13,4, endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı %11,2, atık sektörü ise %3,4 paya sahiptir. 2019 yılında enerji sektörü emisyonları, 1990 yılına göre %161 artarken, bir önceki yıla göre %2,3 azalarak 364,4 Mt CO₂ eşd. seviyesinde olmuştur. Endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı emisyonları ise 1990 yılına kıyasla %147,1 artmış, ancak bir önceki yıla göre %14,3 azalarak 56,4 Mt CO₂ eşd. olarak hesaplanmıştır. Tarım sektörü emisyonları, 2019 yılında 1990'a göre %47,7 ve bir önceki yıla göre %4,1 artarak 68 Mt CO₂ eşd. olmuştur. Atık sektöründeki emisyonlar ise 1990'a göre %55,7 artış göstermiş, ancak bir önceki yıla göre %5 azalarak 17,2 Mt CO₂ eşd. seviyesine inmiştir. Dünya genelinde karbondioksit emisyonlarının yıllar içindeki değişimi incelendiğinde, 1990 ile 2014 yılları arasında %63 artış kaydedildiği, 1960'lı yıllara kıyasla ise yaklaşık %400 artış yaşandığı görülmektedir [25, 26].

Tablo 2.4. Sektörlere göre sera gazı emisyonları (1990-2019)(*Kaynak: TÜİK, Sayı: 37196, 30 Mart 2021*)

Sektörlere göre sera gazı emisyonları, 1990-2019

	1990	2000	2010	2015	2016	2017	2018	2019	1990-2019 değişim (%)	2018-2019 değişim (%)
Toplam emisyon	219,6	299,0	399,1	473,3	498,9	525,0	522,5	506,1	130,5	-3,1
Enerji	139,6	216,1	287,0	340,9	359,7	379,9	373,1	364,4	161,0	-2,3
Endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı	22,8	26,2	48,1	57,2	61,4	64,0	65,9	56,4	147,1	-14,3
Tarım	46,1	42,3	44,4	56,1	58,9	63,3	65,3	68,0	47,7	4,1
Atık	11,1	14,3	19,5	19,0	19,0	17,8	18,1	17,2	55,7	-5,0

Tablodaki rakamlar, yuvarlamadan dolayı toplamı vermeyebilir.

CO₂ emisyonlarındaki en büyük payı enerji kaynaklı emisyonlar oluşturdu. Toplam CO₂ emisyonlarının 2019 yılında %34,6'sı elektrik ve ısı üretiminden olmak üzere %87,4'ü enerji sektöründen, %12,3'ü endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı sektöründen, %0,3'ü ise tarım ve atık sektörlerinden kaynaklandı. CH₄ emisyonlarının %62,4'ü tarım, %19,5'i enerji, %18,1'i atık ve %0,03'ü endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı sektöründen; N₂O emisyonlarının ise %72,5'i tarım, %15,7'si atık, %8,8'i enerji ve %3'ü de endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı sektöründen kaynaklandı.

Dünya genelinde, sera gazlarının çeşit ve sektörel dağılımına bakıldığında, karbon dioksitin toplam sera gazı emisyonunun %76'sını oluşturduğu ve toplam sera gazı emisyonunun %14'ünün taşımacılık sektöründen kaynaklandığı belirlenmiştir [27].

Tablo 2.5. Gazlara göre sera gazı emisyonları (*Kaynak: TÜİK, Sayı: 37196, 30 Mart 2021*)

Gazlara göre sera gazı emisyonları, 1990-2019

	1990	2000	2010	2015	2016	2017	2018	2019	1990-2019 değişim (%)	2018-2019 değişim (%)
Toplam emisyon	219,6	299,0	399,1	473,3	498,9	525,0	522,5	506,1	130,5	-3,1
CO ₂	151,5	229,8	314,4	381,3	401,2	425,3	419,4	399,3	163,6	-4,8
CH ₄	42,5	43,7	51,4	51,6	54,5	54,8	58,1	60,3	41,8	3,8
N ₂ O	25,0	24,8	29,8	35,4	37,7	39,1	39,3	40,2	61,2	2,4
F-gazlar	0,6	0,7	3,6	5,0	5,5	5,7	5,7	6,2	898,2	10,1

Tablodaki rakamlar, yuvarlamadan dolayı toplamı vermeyebilir. F-gazlar florlu gazlardır.

Atmosferde en fazla sera etkisine neden olan sera gazları, sırasıyla karbon dioksit (CO₂), metan (CH₄), diazot oksit (N₂O), ozon (O₃), karbon monoksit (CO) ve halojenli karbonlar (CFC gibi)'dir. Bu gazların toplam sera gazı emisyonu içindeki payları incelendiğinde, karbon dioksitin %76, metanın %16, diazot oksidin %6 ve diğer gazların %2'lik bir paya sahip olduğu görülmektedir [28].

2.4.3. Enerji kaybı ve maddi kayıplar

Karayolu taşımacılığı, ulaştırma sektörü içinde en büyük paya sahip ve en yaygın kullanılan sektörlerden biridir. Özellikle diğer ulaşım türlerine imkân vermeyen doğal koşullarda daha da önem kazanmaktadır. Ancak karayolu taşımacılığı, önemli bir alt yapı yatırımını gerektirir ve yüksek maliyetleri ile uzun süreli geri dönüşleri nedeniyle zor ve uzun vadeli yatırımlar gerektirir. Küresel dünyanın ihtiyaçlarına cevap vermek amacıyla entegrasyonu sağlayan bir sektör olarak, arz-talep etkileşimi çerçevesinde gelişmektedir [29].

Trafik kazalarında her bir hayat kaybı, yaralanma ya da sakatlık durumu, derin etkiler oluşturan bir dizi olumsuz durumu beraberinde getirir. Uzun süren tedavi masrafları, aile gelirini sağlayan ya da aileye ek gelir getiren bireyin kaybı gibi sebepler, birçok aileyi maddi zorluklarla baş başa bırakabilir. Kazadan sonra hayatta kalanlar, aileleri, arkadaşları ve bakımı üstlenen diğer kişiler, bu olumsuz durumların etkisi altında kalarak sosyal, fiziksel ve psikolojik olarak büyük bir baskıya maruz kalabilirler [3].

Tablo 2.6. Motorlu araçlar kasko branşı istatistikî veriler (2022 yılı)

Araç Türü	Dönem İçi Ödeme Yapılan Toplam Mağdur Sayısı	Toplam Ödenen Tazminat
1-Otomobil	329.051	2.781.596.684
2-Taksi	1.340	12.585.239
3-Minibüs (Sürücü Dahil 10-17 koltuk)	8.615	58.955.807
4-Otobüs (Sürücü dahil 18-30 koltuk)	4.840	28.453.295
5-Otobüs (Sürücü dahil 31 ve üstü koltuk)	3.091	46.804.488
6-Kamyonet	77.787	499.942.988

Tablo 2.6. (Devam) Motorlu araçlar kasko branşı istatistiki veriler (2022 yılı)

7-Kamyon	8.109	142.671.883
8-İş Makinası	309	3.830.673
9-Traktör	4.720	17.798.520
10-Römork	2.890	68.115.937
11-Motosiklet ve Yük Motosikleti	724	5.284.299
12-Tanker	370	5.309.982
13-Çekici	12.013	306.149.803
14-Özel Amaçlı Taşıt	4.369	20.209.922
15-Tarım Makinesi	45	1.683.002
TOPLAM	458.273	3.999.392.524

Yukarıdaki tabloya göre otomobiller, trafik kazalarında en yüksek mağdur sayısına sahiptir. Toplam 329.051 mağdur, bu kategorideki kazaların öne çıkan bir özelliğidir. Ayrıca, bu kazalara bağlı olarak 2.781.596.684 lira tazminat ödenmiştir. Kamyonetler, mağdur sayısında yüksek bir etkiye sahiptir. 77.787 mağdur, kamyonetlere bağlı kazaların ciddiyetini göstermektedir. Toplam tazminat miktarı ise 499.942.988 liradır. Taksi ve minibüs kategorileri, mağdur sayısında daha düşük ancak ödenen tazminat miktarı bakımından önemlidir. Taksi kategorisinde 1.340 mağdur için 12.585.239 lira tazminat ödenirken, minibüs kategorisinde 8.615 mağdur için 58.955.807 lira tazminat ödenmiştir. Tüm araç türleri için toplam mağdur sayısı 458.273'tür ve bu kazalara bağlı olarak toplam 3.999.392.524 lira tazminat ödenmiştir. Bu, genel trafik kazası istatistiklerini kapsayan bir toplamı temsil eder.

Tablodan çıkarılabilecek önemli bir nokta, farklı araç türlerinin kazalara ve mağduriyetlere farklı etkileri olduğudur. Tazminat ödemelerindeki farklılıklar, her bir araç kategorisinin kazaların ciddiyeti ve sonuçları açısından öne çıkan özelliklerine işaret etmektedir. Bu veriler, trafik güvenliği önlemlerinin ve denetimlerinin artırılmasının, özellikle yüksek mağdur sayısına ve tazminat ödemelerine neden olan araç türlerinde, önemli olabileceğini göstermektedir.

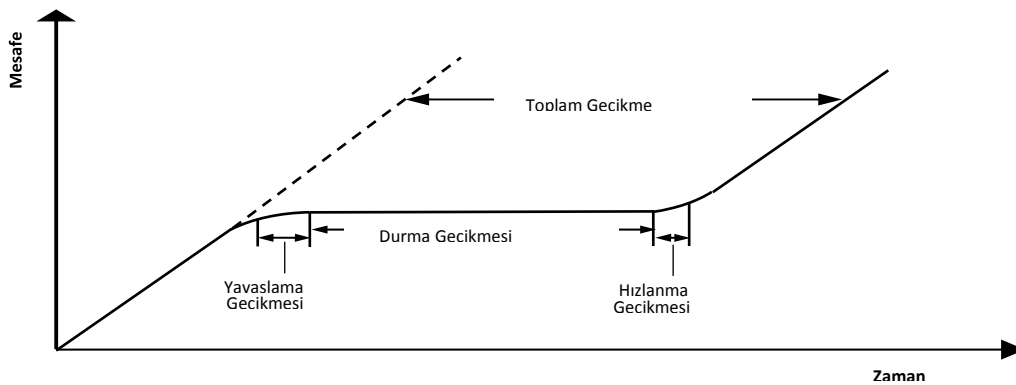
Aşağıdaki verilen bilgilere göre genel olarak bir trafik kazalarında şu maliyetler meydana gelmektedir.

Tablo 2.7. *Trafik kazalarından dolayı oluşan bazı kayıp maliyetler [30].*

Verimlilik kaybı	Ölüm, yaralanma, kazazedelerin mağdurları ve bakıcıların nedeniyle
Maddi hasar maliyetleri	Araç masrafları (onarım, çekme, vb) Taşıt dışı masraflar (kamu altyapısıyla ilgili masraflar. (örnek: bariyer, trf. Işık devrilmesi, kaldırım masrafları vb)
Medikal masraflar	Hastane ve tedavi giderleri
Acil sağlık hizmetleri maliyeti	Ambulans, itfaiye masrafları
Polis maliyeti	Acil müdahale, saha araştırması, takip ve idare
Sigorta hizmetleri maliyeti	İşletim giderleri, ödemeler vb.
Yargı sistemi maliyeti	Zaman ve dosya masrafları.

Yukarıda görüldüğü gibi maddi kayıplar birçok kalemden toplanabilir. Örneğin basit bir maddi hasarlı trafik kazasında olay yerine sadece trafik polisi gelir. Biraz daha ağır yaralanmalı trafik kazalarında olay yerine polisin yanına sağlık ekipleri (ambulans) da gelir. Daha ağır kazalarda polis, ambulans, itfaiye ekipleri, belediye veya karayollarının ekipleri de gelir. Daha büyük kazalarda polis ve ambulans ve itfaiye ekiplerinden kazayı çabucak kaldırmak ve yolu trafiğe açmak için saydığımız birimlerden 2 şer 3 er ekip gelmek suretiyle hizmet verirler. Bazı kazalardan dolayı yok trafiğe kapalı kalmak suretiyle özellikle kış mevsiminde insanlar yollarda mahsur kaldığı da olmuş bir vakadır. Dolayısıyla tüm kazaların maddi hasarların yanında hizmet veren memurların da maaşlarından dolayı bir maddi kaybı vardır.

Bir ışıklı kavşakta araçların durup kalkma esnasında maruz kalacağı gecikmeler grafiği aşağıda verilmiştir.



Şekil 2.8. *Bir ışıklı kavşakta duran her bir araç için olan gecikme grafiği*

Her bir araç kavşağa yaklaşırken ivmesini düşürerek yavaşlar, kırmızı ışık süresince bekler ve tekrar hızlanıp eski hızına kavuşarak yoluna devam eder. Yukarıdaki şekil grafiğinde yavaşlama, duraklama ve hızlanma gecikmesi olarak 3 farklı gecikme vardır. Dolayısıyla düz devam eden bir araca göre bu gecikmeler bir enerji kaybına sebep olacaktır. Aşağıdaki tablo araçların düz kuru bir asfalt yolda durma mesafelerini ve zamanlarını göstermektedir.

Tablo 2.8. *Düz ve kuru bir yolda araçların hızlarına göre durma mesafeleri (Kaynak: KGM)*

EĞİMSİZ VE KURU ASFALT YOLDA ARAÇLARIN HIZLARINA GÖRE DURMA MESAFELERİ ($f=0,60$)					
ARAÇ HIZI		Reaksiyon Mesafesi	Fren Mesafesi	Durma Mesafesi	Fren Zamanı
km/saat	m/s	metre	metre	metre	saniye
10	2,77	2,1	0,7	2,8	0,47
15	4,18	3,1	1,5	4,6	0,7
20	5,55	4,2	2,6	6,8	0,94
25	6,94	5,2	4,1	9,3	1,18
30	8,33	6,2	5,9	12,1	1,41
35	9,72	7,3	8	15,3	1,65
40	11,11	8,3	10,5	18,8	1,88
45	12,5	9,4	13,2	22,6	2,12
50	13,88	10,4	16,4	26,8	2,35
55	15,27	11,5	19,8	31,3	2,59
60	16,66	12,5	23,6	36,1	2,83
65	18,05	13,5	27,7	41,2	3,06
70	19,44	14,6	32,1	46,7	3,3
75	20,83	15,6	36,9	52,5	3,53
80	22,22	16,7	41,9	58,6	3,77
85	23,61	17,7	47,4	65,1	4,01
90	25	18,8	53,1	71,9	4,24
95	26,38	19,8	59,1	78,9	4,48
100	27,77	20,8	65,5	86,3	4,71
105	29,16	21,9	72,2	94,1	4,95
110	30,55	22,9	79,3	102,2	5,19
115	31,94	24	86,7	110,6	5,42
120	33,33	25	94,4	119,4	5,66

Yukarıda araçların hızlarına göre durma mesafesi ve durma zamanını gösteren tablo verilmiştir. Reaksiyon mesafesi ve fren mesafesinin toplamı durma mesafesini vermektedir. Sürücünün gaz pedalinden ayağını çekip ayağını fren pedaline koymaya kadarki olan geçen mesafeye reaksiyon mesafesi denir. Fren pedaline basıp araç durana kadar geçen mesafeye de fren mesafesi denir.

Araştırma ve bulgular bölümündeki köprülü kavşak ve ışıklı kavraklarda bu tabloyu kullanarak araçların kırmızı ışıktaki bekleme sürelerine ilave olarak durma ve kalkma sürelerini de ekleyerek kavşağı kaç saniyede terk edeceği konusunda hesaplar yapacağız.

Gecikme, bir kavşağa yaklaşan taşıtların, diğer taşıtlar, kavşağın geometrik özellikleri, trafik işaretleri, sinyalizasyon sistemleri gibi etkenler nedeniyle kavşakta kaybettiği zaman olarak tanımlanır. Bu gecikme, özellikle sinyalizasyon kavşaklarının performansının ve hizmet düzeyinin belirlenmesinde kritik bir performans parametresidir. Taşıt gecikmesini doğru bir şekilde tahmin edebilmek amacıyla çeşitli hesaplama yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemler arasında en yaygın olarak kullanılanlar arasında Webster, Akçelik ve Transportation Research Board (Highway Capacity Manual) yöntemleri bulunmaktadır [31].

Kavşaklarda yanlış veya eksik yapılan gecikme ölçümleri, kavşaktaki sinyal sürelerinin doğru ve etkin bir şekilde belirlenememesine neden olurken, aynı zamanda uygun olmayan kavşak tasarımı sorunlarını da beraberinde getirebilir. Bu nedenle, ölçümlerin hassasiyetle ve dikkatle yapılması, doğru kavşak tasarımının öncelikli şartıdır [32].

Sinyalizasyon kavşaklardaki taşıt gecikmeleri, yavaşlama, durma ve hızlanma olmak üzere üç aşamada gerçekleşmektedir [12]. Yavaşlama gecikmesi, taşıt sürücüsünün kavşağa yaklaşırken sinyalizasyon sisteminden kaynaklanan hızını yavaşlatmaya başladığı andan, kırmızı ışıktan dolayı durmaya başladığı ana kadar geçen süreyi kapsar. Durma gecikmesi, taşıtın kavşakta kırmızı veya yeşil ışık süresince durmasından kaynaklanan zaman kaybını temsil eder. Hızlanma gecikmesi ise sinyalizasyon sistemi yeşile döndükten sonra taşıtın tekrar hızlanması için geçen süreyi ifade eder [31].

Ulaştırma sektörünün en temel girdisi enerjidir; bu nedenle sürdürülebilir, yani etkin, verimli ve güvenli bir ulaşım sistemi için enerji arzı büyük bir öneme sahiptir. Dünya genelinde, birincil enerji kaynaklarının yaklaşık beşte biri ulaşım sektörü tarafından tüketilmektedir. 2015 yılı Dünya Enerji Konseyi-Türk Milli Komitesi verilerine göre, ulaşım sektörü ülkemizde yaklaşık 24 milyon ton petrol eşdeğeri (MTEP) enerji

tüketimi ile nihai enerji tüketiminin yaklaşık %25'ini oluşturmaktadır. Tablo 1'den de görüleceği üzere, ulaştırma sektörünün enerji tüketimi, 2004 yılında 13,7 milyon ton eşdeğer petrol (MTEP) iken, %80 artış göstererek 2015 yılında 24,7 MTEP seviyesine ulaşmıştır. Türkiye'de ulaştırma sektörü, hem yolcu hem de yük taşımacılığında büyük ölçüde karayoluna dayalıdır ve sektörde tüketilen enerjinin büyük kısmı karayolunda harcanmaktadır [33].

Aşağıdaki tablo, zaman içindeki enerji tüketim eğilimini ve ulaştırma sektörünün enerji tüketimindeki büyümeyi göstererek, enerji planlaması ve sürdürülebilirlik açısından değerli bir analiz sunmaktadır.

Tablo 2.9. *Ulaştırma sektöründe enerji kullanımı (bin tep) [34].*

2004		2010		2013		2015	
Tüketim	Pay (%)	Tüketim	Pay(%)	Tüketim	Pay(%)	Tüketim	Pay(%)
13.774	20	15.328	18	22.722	25	24.740	25

Yukarıdaki tablo, Türkiye'deki ulaştırma sektöründeki enerji tüketimini belirtmektedir ve bu tüketimin yıllara göre dağılımını sunmaktadır. Tablodaki verilere göre, 2004 yılında ulaştırma sektörünün enerji tüketimi 13.774 bin ton eşdeğer petrol (TEP) olarak kaydedilmiş ve bu tüketim toplam enerji tüketiminin %20'sini oluşturmuştur. 2010 yılına gelindiğinde, ulaştırma sektöründeki enerji tüketimi artarak 15.328 bin TEP'ye yükselmiş ve enerji tüketiminin toplam içindeki payı %18'e düşmüştür. 2013 ve 2015 yıllarında ise bu sektördeki enerji tüketimi sırasıyla 22.722 bin TEP ve 24.740 bin TEP olarak gerçekleşmiştir. Bu dönemde enerji tüketiminin toplam içindeki payı ise artarak %25'e çıkmıştır.

2.4.4. Ses ve görüntü kirliliği

Trafik yoğunluğundaki artış, bireylerin yaşam standartlarını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu durum, gürültü kaynaklı sağlık sorunlarına yol açabilir ve bu sorunları önlemek veya minimize etmek önemli hale gelir. Bugüne kadar yapılan çalışmaların büyük bir kısmı, mevcut gürültüyle başa çıkma ve korunma üzerine odaklanmıştır. Ancak, gürültüyle mücadelede en etkili yol, mevcut gürültü için önlemler almak yerine yapılaşma

öncesinde planlama yapmaktır. Özellikle yeni yerleşim alanları için, imar planları kapsamında yol genişlikleri, araç sayıları ve diğer gürültü kaynaklarının yanı sıra topografik yapı ve meteorolojik koşulları da göz önüne alarak ileriye dönük senaryolar için trafik gürültü haritaları oluşturulabilir. Bu planlama süreci, gelecekteki olası gürültü sorunlarını önceden tespit etmeye ve önlem almaya olanak tanır [35].

Yol trafiği, gürültü sorununun çözümünde özel bir rol oynamaktadır, çünkü genellikle gürültüye maruz kalanlar ile gürültüyü oluşturanlar aynı kişilerdir. Karayolu ağları sadece şehirlerimize girmekle kalmayıp aynı zamanda tüm yerleşim yerlerine ulaşmaktadır. Ulaşım, modern sanayi toplumlarının temel bir yapı taşı olup siyasetin önemli bir hedefidir. İstenilen ulaşım genellikle trafik kapasitesinin yoğun bir şekilde artışı ile ilişkilidir ve bu talep, maalesef genellikle bireysel motorlu taşıtlar üzerinden gerçekleştirilmektedir. Kişisel otomobile sahip olmak genel olarak ulaşılmaya değer bir özellik olarak kabul edilmekte ve bir toplumun motorlu taşıt sahipliği düzeyi genellikle gelişmişlik ölçütü olarak görülmektedir. Şehirlerimizdeki mekânsal düzenlemelerin, konut, iş ve rekreasyon alanlarının ayrılması, genellikle trafik yoğunluğunu ve özellikle özel otomobil trafiğini artırmaktadır [36].

Gürültünün çeşitli zararları hem dolaylı hem de dolaysız etkileri içerir. Bu etkiler, geçici veya kalıcı olabilir. İnsan sağlığı ve davranışları üzerindeki zararlı etkiler şu şekilde sıralanabilir [37]:

1. İşitme Hasarları: Yüksek düzeyde gürültü, işitme organına zarar verebilir ve işitme kaybına yol açabilir.
2. Fiziksel Etkiler: Gürültü, vücut aktivitesinde fizyolojik rahatsızlıklara neden olabilir. Örneğin, yüksek ses düzeyleri kan basıncını artırabilir ve uyku düzenini bozabilir.
3. Psikolojik Etkiler: Gürültü, sinirlilik, stres ve anksiyete gibi psikolojik etkilere neden olabilir.
4. Performans Etkileri: İşitilen seslerin anlaşılabilmesi, odaklanma güçlükleri ve iş veriminin azalması gibi performans etkileri meydana gelebilir.

Gürültüden kurtulmanın en etkin yolu, detaylı ve önceden düşünülmüş bir planlamayı içermektedir. Özellikle bir yapı ya da projenin başlangıcından önce

gerçekleştirilen doğru planlama, gürültü problemlerini etkili bir şekilde çözmenin temelini oluşturur. Bu planlama süreci, sadece maliyet açısından değil, aynı zamanda çalışma ortamının ergonomisi ve konforu açısından da önemli avantajlar sağlar. Karayolu araçlarının gürültüsü, genellikle çeşitli faktörlerin bir kombinasyonu tarafından oluşturulan bir karmaşa olarak tanımlanabilir. Bu faktörler arasında motor gürültüsü, lastiklerin teması, aerodinamik direnç ve genel araç tasarımı yer alır. Motor gürültüsü, genellikle aracın hızı ve motorun gücüne bağlı olarak değişen bir frekansta ortaya çıkar. Bu, özellikle hızlanma sırasında belirgin hale gelir. Lastik temas gürültüsü, yol yüzeyi ile lastik arasındaki sürtünmeden kaynaklanır ve genellikle düşük hızlarda daha belirgindir. Aerodinamik direnç gürültüsü ise aracın hareket ettiği hız ve atmosfer koşullarına bağlı olarak değişen bir faktördür [35].

Trafikte alınan önlemler, gürültü kaynakları için ortalama olarak yalnızca 3 dB(A) civarında bir azalmaya neden olabilecek zor bir hedef olan bireysel motorlu araç trafiğinin sürüş kapasitesini yarıya indirmeye odaklansa da bu stratejinin etkisi sınırlı kalmaktadır. Ancak, trafikte alınan önlemler gürültüden korunmanın ötesinde diğer çevresel hedefleri destekler. Bu önlemler, iklimin korunması, hava kalitesinin iyileştirilmesi, alanların etkili bir şekilde kullanılması gibi geniş bir yelpazede çevresel hedeflere katkıda bulunur. Ayrıca, trafikte alınan önlemler, trafik güvenliğine ve kullanım kalitesine de olumlu katkılarda bulunabilir. Ancak, bu önlemlerin maliyetleri zor hesaplanabilir ve birçok hedefe katkıda bulunduğu için spesifik bir koruma hedefine (örneğin, gürültüden korunma) ayrılamazlar [36].

Gürültünün olumsuz etkilerini önlemek ve işitsel konforu sağlamak amacıyla, ulusal ve uluslararası düzeyde çeşitli direktif ve yönetmelikler bulunmaktadır. Bu düzenlemeler, yapı dışında ve yapı içinde belirli gürültü düzeylerinin aşılmamasını amaçlamaktadır. Dünya genelinde, bu rahatsızlıkla mücadele etmek adına ciddi çalışmalar yapılmakta ve çeşitli uygulamalarla gürültü kontrol altına alınmaya çalışılmaktadır [37].

3. MATERİYAL VE METOD

Bu çalışma, iki ana başlık altında yoğunlaşmaktadır. İlk olarak, ışıklı kavşakların trafik kazaları ve enerji giderleri açısından genel bir değerlendirmesi yapılmıştır. İkinci olarak, kavşaklarda ışıklandırmanın en uygun tasarımının maddi kayıplar ve enerji maliyetleri üzerindeki etkisi analiz edilmiştir.

İlk başlık altında, istatistik veriler kullanılarak ışıklı kavşakların trafik kazaları, enerji giderleri ile ilişkisi ele alınmıştır. İkinci başlık ise, kavşaklarda optimal ışıklandırma tasarımının maddi kayıplar ve enerji maliyetleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Bu bağlamda, günün farklı saatlerinde farklı ışıklandırma seçeneklerinin uygulandığı durumlar değerlendirilmiştir.

Daha sonra, köprülü kavşak uygulamasının maddi kayıplar ve enerji tasarrufuna etkisi analiz edilmiştir. Bu kapsamda, köprülü kavşaklar öncesinde ve sonrasındaki istatistik veriler toplanarak değerlendirilmiştir. Ayrıca Adıyaman'daki Altınşehir köprülü kavşağı ve Kahramanmaraş'taki Arsan köprülü kavşağı ve Ağcalı ışıklı kavşağı örnek olarak ele alınmış, kavşaklarda günlük araç trafiği ve bekleme süreleri üzerinden köprülü kavşak yapımının maddi kayıplar ve enerji maliyetine olan etkisi araştırılmıştır.

Bu çalışmanın temel amacı, ışıklı kavşakların trafik kazaları ve enerji giderleri üzerinde ki genel etkilerini değerlendirmek ve kavşaklarda kullanılan ışıklandırma tasarımlarının maddi kayıplar ve enerji maliyetleri üzerindeki etkisini analiz etmektir. Ayrıca, köprülü kavşak uygulamalarının maddi kayıplar ve enerji tasarrufuna olan etkisini inceleyerek bu tür kavşakların kullanımının ekonomik ve çevresel boyutlarını değerlendirmektir.

Bu çalışmanın önemi, ışıklı kavşakların ve köprülü kavşakların kullanımının, trafik güvenliği, enerji tüketimi ve çevre kirliliği gibi önemli faktörlere olan etkilerini anlamak ve bu alanda tasarımın en uygun şekilde yapılmasına yönelik bilgi sağlamaktadır. Bu analizler, ulaşım altyapısının geliştirilmesi, maddi kaynakların etkili kullanımı ve çevresel sürdürülebilirlik açısından büyük önem taşımaktadır. İşte bu nedenle, ışıklı kavşakların ve köprülü kavşakların ekonomik ve çevresel etkilerinin detaylı bir şekilde değerlendirilmesi, ulaşım planlaması ve tasarımında daha etkili stratejilerin oluşturulmasına katkıda bulunabilir.

Çalışmanın materyal, yöntem ve teknikleri şu şekilde özetlenebilir:

Materyal:

1. İstatistik Veriler: Trafik kazaları, enerji giderleri ve çevre kirliliği ile ilgili istatistiksel veriler kullanılacak. Bu veriler genellikle geçmiş yıllara ait trafik kazası raporları, enerji tüketimi kayıtları ve çevresel etkileri değerlendiren raporlardan elde edilebilir.

Yöntem:

1. İstatistiksel Analiz: İlk aşamada, ışıklı kavşakların genel performansı istatistiksel olarak değerlendirilecek. Kazaların türleri, sıklığı ve enerji tüketimi gibi faktörler incelenecek.

2. Enerji Maliyet Analizi: Işıklı kavşaklardaki ışıklandırmanın en uygun tasarımını belirlemek için maddi kayıplar ve enerji maliyetleri analiz edilecek. Farklı ışıklandırma seçenekleri değerlendirilecek.

3. KöprülÜ Kavşak Analizi: KöprülÜ kavşakların maddi kayıplar ve enerji tasarrufu üzerindeki etkisi incelenecek. İlgili istatistik verileri kullanılarak köprülÜ kavşaklar öncesinde ve sonrasındaki durumlar karşılaştırılacak.

Teknikler:

1. Süre Analizi: Işıklı kavşaklarda günün farklı saatlerindeki ışıklandırma sürelerinin etkisi süre analizi ile değerlendirilecek.

2. Maliyet Hesaplamaları: Maddi kayıplar ve enerji maliyetleri için finansal hesaplamalar ve modeller kullanılacak.

3. Karşılaştırmalı Analiz: KöprülÜ kavşakların öncesinde ve sonrasındaki durumların karşılaştırmalı analizi, bu kavşakların ulaşım, enerji ve çevre üzerindeki etkilerini belirlemeye yardımcı olacak.

Bu yöntem ve teknikler, çalışmanın temelini oluşturarak ışıklı ve köprülÜ kavşakların performansını anlama ve değerlendirme amacına hizmet edecektir.

Belirtilen kavşaklardaki illere göre kaza istatistikleri, belirtilen kavşaklardaki kaza istatistiği günlük ve saatlik araç geçişleriyle ilgili bilgiler elde edilmiştir. Bu verilere göre bazı hesaplamalar yapıp enerji kayıplarıyla ilgili genel bir kanıya varmış olacağız.

3.1. Altınşehir KöprülÜ Kavşağı İle İlgili Veriler

Altınşehir Üniversite köprülÜ kavşağı; Küçük Sanayi Sitesi, Adıyaman Üniversitesi ve şehirlerarası yolun buradan geçmesinden dolayı önemli bir konuma sahiptir. Şehrin batıya açılan tek kapısı durumundadır. Gaziantep Kahramanmaraş ve Şanlıurfa tarafına giden araçlar burayı kullanmak durumundadır. Şehrin araçlarının sabahleyin batıya

akşamleyin doğu yönüne doğru hareketinden dolayı en hareketli kavşak durumundadır. 2020 yılında hizmete açılan Altınşehir (Adıyaman Üniversitesi) Köprülü Kavşağı, Adıyaman'ın şehir içi ve transit trafik yoğunluğunu hafifletmek amacıyla inşa edilmiş önemli bir geçiş noktasıdır. Toplam 1.410 m uzunluğunda, 2x2 şeritli bölünmüş yol standardına sahip bu kavşak, Gölbaşı-Adıyaman Devlet Yolu üzerinde konumlanmış olup Altınşehir yerleşkeşi ve şehir merkezi bağlantısının bulunduğu bir noktada yer almaktadır. Adıyaman'ın trafik hacmi bu kavşak sayesinde rahatlatılarak, yol kullanıcılarına daha güvenli, maliyeti düşük ve konforlu bir ulaşım imkânı sunulmuştur. Kavşak ile ilgili Adıyaman Emniyet Müdürlüğü Trafik Denetleme şube Müdürlüğünden kavşakla ilgili kazalara ait bilgiler alındı. Kavşaktan geçen araç sayılarını cinslerine göre yıllara göre kaç araç kullandığını KGM' den ve Adıyaman emniyetinden veriler alındı.

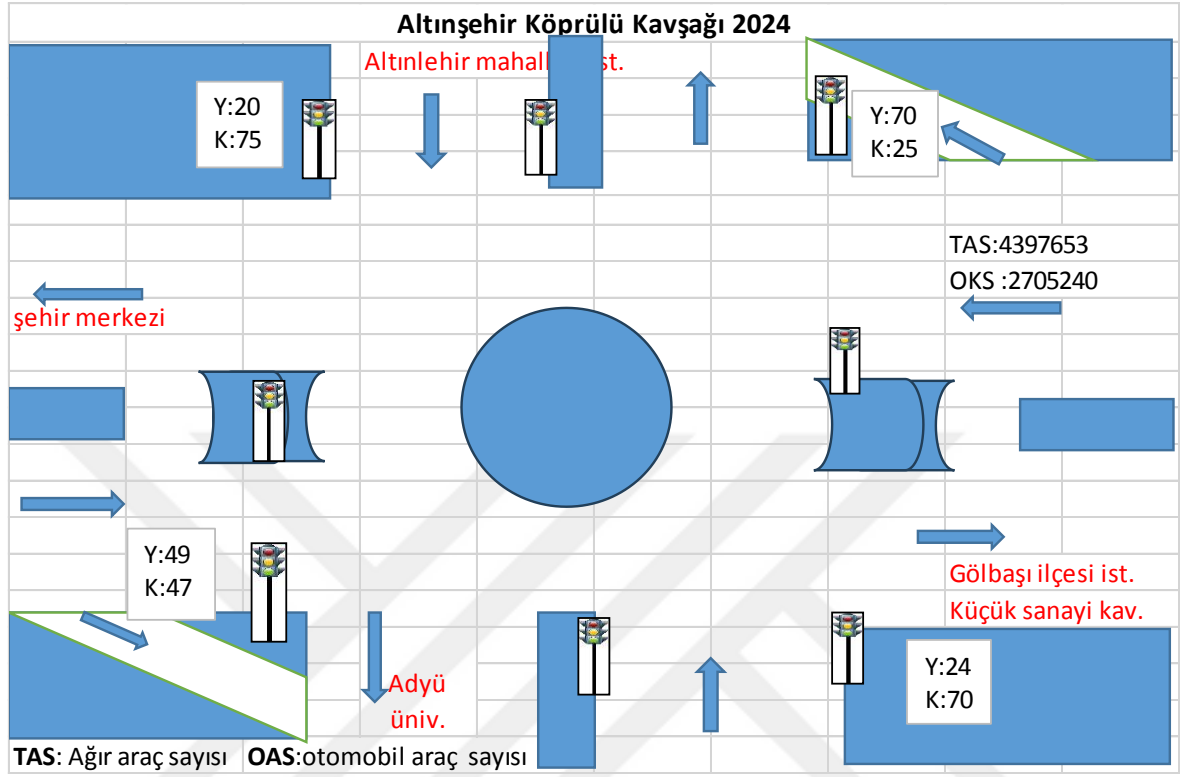
Aşağıda Altınşehir Üniversite Köprülü Kavşağı ile ilgili öncesi ve sonrasına ait fotoğraflar verilmiştir.



şekil 3.1. *Altınşehir köprülü kavşağının öncesi ve sonrası görselleri*

Görüldüğü üzere köprü altı 2 şeritli bölünmüş yoldur. Köprü üstü ise Adıyaman'dan Gölbaşı ilçesi istikametine doğru sağa kontrollü geçişe izin vermektedir.

Aşağıda Altınşehir köprülü kavşağına ait ışıklandırma gösteren bir görsel verilmiştir.



Şekil 3.2. Altınşehir üniversite köprülü kavşağının çalışma görünümü ve ışık süreleri

Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi ışık süreleri ve sağa dönüş için kontrollü izin verilen yönler görülmektedir. Araç sayılarını; tüm araçlar için TAS (Tüm Araç Sayıları), hafif araçlar için OKS (Otomobil Kamyonet Sayıları) ve ağır araçlar için AAS (Ağır Araç Sayıları) olarak belirlenmiştir. Bu verilere, küçük sanayi bölgesindeki PTS kayıtları ve KGM' nün hacim haritalarından ulaştık. Ayrıca Yogt değerleri, araç sınıflarının sayılarını da belirlememize olanak tanımaktadır. Bu bilgiler ışığında, araçların kavşakta bekleme sürelerini hesapladık ve tablo 2.1 altında araçların rölantide bir saatte ne kadar yakıt tükettiğine dair veriler sunduk. Yakıt tüketimi hesabı, 2.1 denklemi ile ifade edilmiştir.

$$(Yt = As \cdot Bs \cdot \frac{1}{3600} s \cdot Rt)$$

Yukarıdaki verilen 2.1.denklemiyle her bir araç için yakıt giderlerinin hesabını yapabiliriz.



Şekil 3.3. 2021 Yılına ait trafik hacim haritasından bir kesit

Adıyaman iline giriş ve çıkış yapan araçlara ilişkin veriler, KGM'nin yıllık trafik hacim haritasından alınmıştır. Aşağıda, Yogt (Yıllık Ortalama Günlük Taşıt) değerleriyle birlikte, KGM' nün sağladığı verilere göre yıllara ve araç sınıflarına göre geçen araç sayıları yer almaktadır.

Tablo 3.1. Altınşehir köprülÜ kavşağı yogt değerleri

	2020	2021	2022	2023
Araç sınıfı	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş
Otomobil	9762	10378	9449	12644
Orta YÜk., Ticari Araç	1204	1290	1190	1446
Otobüs	78	96	113	120
Kamyon	914	884	865	1148
Römorklu Kamyon+Çekici+Yarı Römork	520	524	516	645
Toplam (TAS)	12478	13172	12133	16003
Yıllık Toplam (365yogts)	4554470	4807780	4428545	5841095

Bu verileri kullanarak araştırma ve bulgular bölümünde detaylı bir rakamsal bilgiler elde edilmiştir

Yukarıda verilen tabloda yıllara ve araç cislerine göre yıllık ortalama günlük taşıt sayısını veren bilgiler verilmiştir. Burada hafif ve ağır araç sayılarını ayrı ayrı toplayarak bir tablo oluşturduk. Hafif araçlar otomobil ve kamyonetlerdir. Ağır araç ise otobüs, kamyon ve çekici gibi araçların bütününe verilen addır. Örneğin 2020 yılında kavşaktan

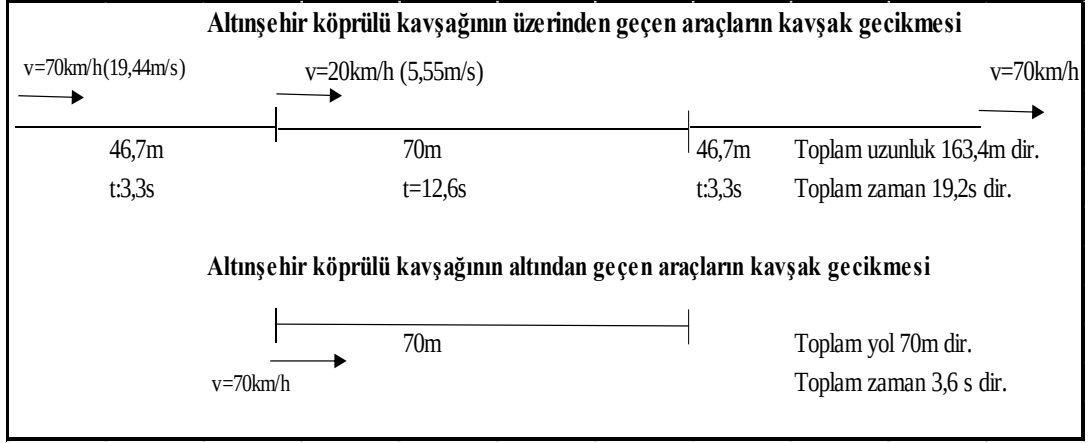
günlük 12478 araç, 2021 yılında 13172 araç, 2022 yılında 12133 araç ve 2023 yılında ise 16003 araç geçmektedir. Tablo 3.1 kullanılarak aşağıdaki OKS, AAS ve TAS sayıları aşağıdaki tablo elde edilmiştir.

Tablo 3.2. *Altınşehir köprülÜ kavşağının yıllara göre yugt değerlerinin oks, aas ve tas toplamı*

YIL	Araç sınıfları	YOGT	Yıllık toplam
2020	OKS	10966	4002590
	AAS	1512	551880
	TAS	12478	4554470
2021	OKS	11668	4258820
	AAS	1504	548960
	TAS	13172	4807780
2022	OKS	10639	3883235
	AAS	1494	545310
	TAS	12133	4428545
2023	OKS	14090	5142850
	AAS	1913	698245
	TAS	16003	5841095

Yukarıdaki tabloda yıllara göre yugt sütunu başlığı altındaki OKS ve AAS oluşturulurken yıllara göre araç sınıfları toplanarak oluşturulmuştur. Sonrada bir yılda geçen araç sayılarını 365 ile çarparak yıllık kavşaktan kaç araç geçtiğini bulabiliriz. Yıllar geçtikçe kavşaktan geçen araç sayılarında artma söz konusudur.

Araçların kırmızı ışılda bekleme yapacaksa şekil 3.2'de belirtildiği üzere durma, bekleme ve tekrar kalkıp aynı hıza gelene kadar bir gecikmeye maruz kalacaktır. Kgm den elde ettiğimiz ve tablo 3.2 de verilen düz ve kuru zeminde araçların durma mesafesi ve durma zamanı belirtilmiştir. Araçların kırmızıda bekleme süresine bu gecikmeler toplanarak bir zaman kaybı veya enerji sarfıyatı hesabı yapılacaktır. Aşağıda Altınşehir köprülÜ kavşağının üzerinden ve altından geçen araçların hızını ve kavşağı geçerken kaybettiği zaman gösterilmektedir.



Şekil 3.4. Araçların kavşaktaki gecikme durumları

Yukarıdaki şekilde belirtildiği gibi 70km/h hızla giden bir araç 46,7m durur. Kırmızı ışık süresi bittikten sonra ortalama 20km/h hızla 70m lik kavşağı 12,6s de kavşağı terk eder. Sonra tekrar hızlanarak eski hızına kavuşur. Aracın yavaşlamaya başladığından aynı hıza gelinceye kadar 163,4m yol almış ve bu süre köprü üzerinde 19,2s dir. Köprü altında ise 3,6 s zaman alır. Bu sürelerin aritmetik ortalamasını (10.9s) kırmızı ışık sürelerine ekleyeceğiz. Adıyaman'dan şehir dışına doğru kırmızı süresi 47s dir. 10,9 s kavşak gecikmelerini eklenirse 57.9s yaklaşık 1 dk dır. Diğer ışıklar yaklaşık 70 er saniyedir. Kavşak gecikmelerini de eklersek 80.9s olur. Diğer ışıklar daha az yoğun olduğundan kavşaktaki gecikmeyi yaklaşık olarak 60s olarak alacağız ve buna göre hesaplamalar yapacağız.

Kırmızı ışıkta bekleme süresine bu gecikmeler eklenerek, toplam zaman kaybı ve enerji sarfıyatı hesaplanacaktır. Bu hesaplamalar sırasında tablo 2.1 den faydalanılarak:

- Hafif araçların **1.6 silindir** motor kapasitesine sahip olduğu varsayılacak ve rölantideki saatlik yakıt tüketimleri **1,0 litre** olarak kabul edilecektir.
- Ağır araçlar için genellikle **dizel 2.5 silindir ve üzeri** motor kapasitesine sahip oldukları göz önüne alınacaktır. Dizel motorların benzinli motorlara göre daha az yakıt tüketmesi nedeniyle, ağır araçların rölantideki yakıt tüketimi de **1,7 litre** olarak alınacaktır. (Bu değer, tabloda benzinli araçlar için belirtilen tüketimle eşdeğer kabul edilmiştir.)

Bu varsayımlar doğrultusunda araçların enerji tüketimleri ve kırmızı ışıktaki bekleme süresi boyunca oluşan yakıt sarfiyatları hesaplanacaktır. Bulgular ve Tartışma bölümünde, tablodaki verilere dayanarak araçların yıllara göre kırmızı ışıktaki bekleme süresi boyunca tükettiği yakıt miktarı ve bunun yıllara göre parasal değeri değerlendirilmiştir. Yaklaşık olarak, köprülÜ kavşak yapılmadan önce araçların kavşakta bekleme süresi 150 saniye olarak hesaplanmıştır. Aşağıda yıllara göre yakıt fiyatları verilmiştir. Bulunan yakıt sarfiyatlarının o yılki yakıt fiyat değerleriyle çarparak yıllık parasal maliyet elde edeceğiz. Aşağıda yıllara göre benzin ve motorin fiyat listesi vardır. 2024 yılında benzin ve motorin fiyatlarının birbirine çok yakın olduğundan hesaplamalarda 44,5 olarak alacağız.

Tablo 3.3. Ülkemizde yıllara göre yaklaşık yakıt ve dolar fiyat değerleri

Yakıt türü	2020	2021	2022	2023	2024
BENZİN	7,18	12,21	19,22	35,47	44,5
DİZEL	6,55	11,43	23,14	39,05	44,5
DOLAR	6,85	8,7	16,69	26,04	32,8

Enerji sarfiyatının parasal karşılığını bulmak için yukarıdaki tabloya göre yıllar bazındaki karşılığının çarpılmasıyla bulgular ve tartışma bölümünde hesaplamalar yapılacaktır.

3.2. Arsan KöprülÜ Kavşağı İle İlgili Veriler

Kahramanmaraş ilinde yer alan Arsan KöprülÜ Kavşağı, 2020 yılında yapımına başlanarak 2022 yılında hizmete açılmıştır. Bu kavşak, şehirler arası ulaşımında stratejik bir konumda yer almakta olup, Kayseri-Kahramanmaraş-Gaziantep güzergâhını birbirine bağlayan ve aynı zamanda Adana ile bağlantıyı sağlayan en kısa yol üzerindedir.

Kavşak, Gaziantep güzergâhında birçok önemli noktanın erişimine de hizmet etmektedir. Bunlar arasında:

- Birçok fabrika ve Küçük Sanayi Sitesi,
- Necip Fazıl Kısakürek Şehir Hastanesi,
- AFAD Resmi Binası,
- İstiklal Üniversitesi'nin Ferhuş Yerleşkesi,
- Kahramanmaraş Havalimanı bulunmaktadır.

Bu nedenle, Arsan KöprülÜ Kavşağı hem şehir içi hem de şehirler arası ulaşım için kritik bir öneme sahiptir. Aşağıda, kavşağın köprülÜ sistem haline getirilmeden önceki

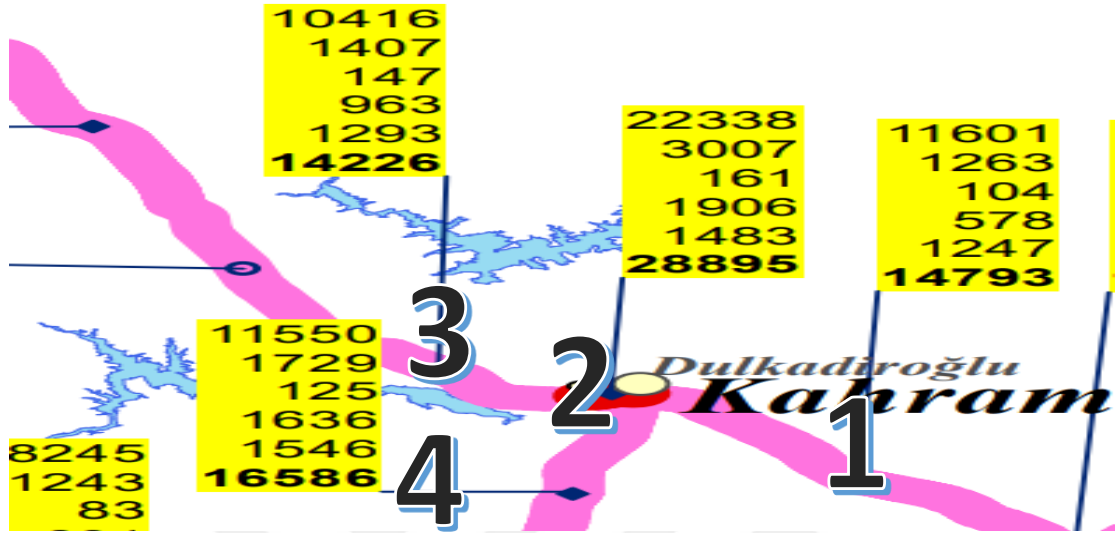
durumu gösterilmektedir. Bu dönemde kavşak, sağa dönüşlere izin veren ışıklı bir kavşak sistemiyle yönetilmekteydi.



Şekil 3.5. Arsan köprülÜ kavşagının önceki ve sonraki resimleri

KöprülÜ kavşak yapıldıktan sonra, kavşak Gaziantep-Kayseri istikametine doğru ve şehrin güneydoğusunu kuzeybatıya bağlayan bir çevre yolu konumundadır. Kavşagın alt kısmından bölünmüş üç şeritli bir yol geçmekte ve bu yol direk geçişe olanak sağlamaktadır. Üst kısım ise kavşağa varmadan sola U dönüşü yapmaya imkân tanıyan modern bir dönel kavşak sistemiyle çalışmaktadır.

Aşağıda Karayolları Genel Müdürlüğü'nün trafik hacim haritasına göre geçen araç sayıları ve araç sınıfları verilmiştir. Arsan köprülÜ kavşagı, birinci ve ikinci numaralı noktalar arasında yer almaktadır. Hesaplamalarda bir numaralı noktadaki veriler dikkate alınmıştır.



Şekil 3.6. 2022 Yılına ait Kahramanmaraş ili trafik hacim haritası ve yogt değerleri

Yukarıdaki şekilde araç sınıflarının da ayrımını yaparak toplamda 1. noktadan 14793, 2. noktadan 28895 ve 3. noktada 14226 araç geçmektedir

Yıllara göre 1, 2 3 ve 4 noktalarındaki yogt değerlerini aşağıda verilmiştir.

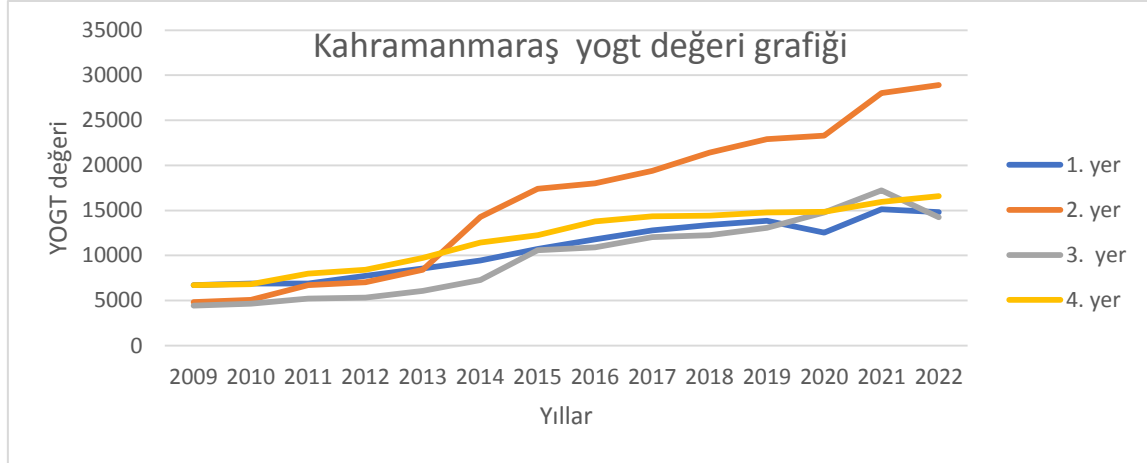
Tablo 3.4. Arsan köprülÜ kavşağı bölgesinin yıllara göre yogt değerleri

					Yıllık geçişler
Yıllar	1. yer	2. yer	3. yer	4. yer	1. yer*365
2015	10709	17391	10576	12244	3908785
2016	11795	17992	10911	13783	4305175
2017	12777	19396	12018	14336	4663605
2018	13400	21428	12250	14430	4891000
2019	13850	22890	13074	14775	5055250
2020	12522	23296	14761	14835	4570530
2021	15115	28008	17219	15959	5516975
2022	14793	28895	14226	16586	5399445

Yukarıdaki tablo, Karayolları Genel Müdürlüğü'nün yıllara göre trafik hacim haritasından derlenmiş Yogt değerlerini içermektedir. Bu değerler, 2015-2022 yılları arasında Arsan köprülÜ kavşağından geçen araç sayılarını göstermektedir. Tablo, Adana

yolu geliş ve Kayseri yolu gidişi yönlerini de kapsamakta olup, genel olarak araç sayılarında her yıl artış trendi olduğu görülmektedir. 2020 yılındaki araç sayılarındaki azalış covid-19 pandemisinde sokağa çıkma yasağından dolayıdır.

Aşağıda tablo 3.4. için yogt hacim grafiği verilmiştir.



Şekil 3.7. Kahramanmaraş ili yıllık ortalama günlük trafik (yogt) hacim grafiği

Yukarıda verilen tablo 3.5 verilerine göre aşağıda yıllara göre oks ve aas ve tas sayıları ve yıllık toplamaları verilmiştir.

Tablo 3.5. Arsan köprülÜ kavşağından geçen oks, aas ve tas değeri tablosu

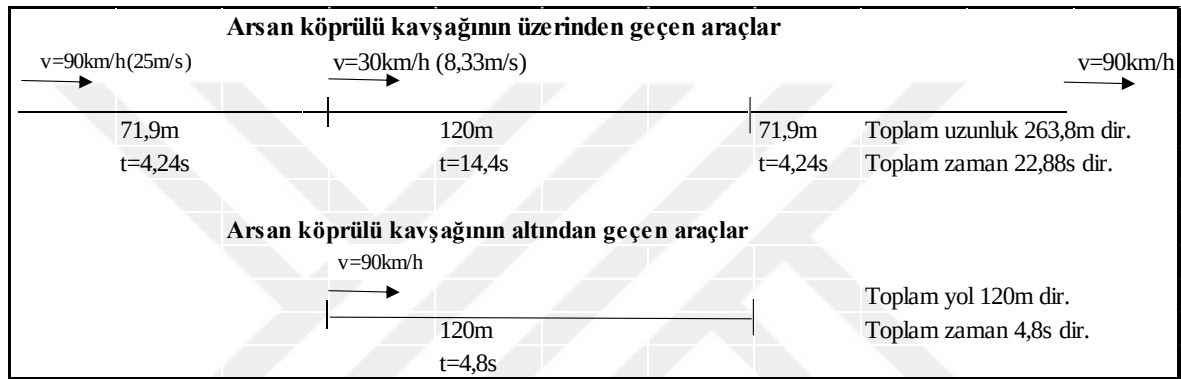
YIL	Araç sınıfları	YOGT	Yıllık
2020	OKS	11101	4051865
	AAS	1421	518665
	TAS	12522	4570530
2021	OKS	13048	4762520
	AAS	2067	754455
	TAS	15115	5516975
2022	OKS	12864	4695360
	AAS	1929	704085
	TAS	14793	5399445
2023	OKS	14255	5203075
	AAS	2470	901550
	TAS	16725	6104625
TOPLAM			

Yukarıdaki tabloda, Arsan köprülÜ kavşağından geçen araçlar için yapılan yakıt sarfiyatı hesabının yapılabilmesi için araç sayıları verilmiştir.

KöprülÜ kavşak yapılmadan önce şehirler arası yol üzerinde Madalyonlu köprülÜ kavşağı kadar olan mesafe yaklaşık 2 km olup, akşam trafiğinde bu mesafe yaklaşık 30

dakika sürebiliyordu. Ancak şu anda köprülÜ kavşakğın alt kısmı 3 şeritli duble yol olarak inşa edilmiştir ve direk geçişe izin vermektedir. Üst kısımda ise modern dönel kavşak sistemi uygulanmaktadır. Öncesinde kavşakğ 3 şeritli yol ile bağlanırken, sonrasında köprü altından 3 şerit ve üzerinden de 2 şerit olmak üzere 5 şeritli yol ile kavşakğ katılım sağlanmaktadır. Bu nedenle, normal muadillerine göre 180 saniyelik bekleme süresi bu kavşak için makul bir süredir.

Arsan köprülÜ kavşakğı yapıldıktan sonra araçların köprülÜ kavşakğının altından ve üzerinden geçerken kavşakta kaybettiğı zamanı göstermektedir.



Şekil 3.8. Arsan kavşakğından geçen araçların gecikme durumları

(Arsan köprülÜ kavşakğının yapıldıktan sonraki araçların kavşakta kaybettiğı zamanı göstermektedir.)

Şekil 3.8. de verilen bilgilere göre köprü üzerinden geçmeye çalışan bir araç 90km/h hızla kavşakğ girer ve yavaşlayarak 71,9m de durur ve bu süre 4,2s zaman alır. Kavşak içi araç hızı ortalama 30km/h olarak alınırsa 120m’lik bir kavşakğı doğrusal hız formülüyle 14,4s de geçer. Tekrar hızlanıp aynı 90km/h hıza kavuşması da araç durma zamanı ile aynı olarak alındığında toplamda 22,8s sürecektir. Kavşakğın altından geçen araçların 4,8s zaman kaybı olmuştur. Kayıpların aritmetik ortalaması ise 13,84s dir. Burada köprülÜ kavşak yapıldıktan sonra kavşaktaki zaman kaybını ortalama olarak 15s olarak hesaplama yapılacaktır.

Arsan köprülÜ kavşakğının öncesi ve sonrası arasındaki sarfiyat hesaplamaları araştırma ve tartışma bölümünde ele alınarak hesap yapılacaktır.

3.3. Ağcalı Işıklı Kavşakğı ile İlgili Veriler

Ağcalı Kavşakğı, Av. Mehmet Ali Kısakürek Caddesi ile Adil Erdem Beyazıt Caddesi’nin kesişiminde ve Hayati Vasfı Taşyürek Caddesi kesişiminde yer almaktadır.

Kayseri yolu (batı çevre yolu) üzerinde bulunan bu kavşak, önemli bir ulaşım noktasına sahiptir. Sabah ve akşam saatlerinde trafiğin oldukça yoğun olduğu bir noktada bulunan bu kavşak, haftalık, saatlik ve aylık trafik verilerini toplamak amacıyla 200 metre mesafedeki PTS (Plaka Tanımlama Sistemi) ile izlenmektedir. Bu veriler, kavşakta 5 farklı periyotta çalışan ışıklandırma sistemine göre değerlendirilmiştir. Kavşakta, sağa kontrollü geçişlere izin veren sinyalizasyon sistemi bulunmaktadır.

Ayrıca, 6 Şubat depreminde şehir merkezinin büyük ölçüde yıkılması, yolların zarar görmesi ve yeni inşaatlar nedeniyle bazı yolların trafiğe kapatılmasıyla Ağcalı Kavşağı, şehrin ova tarafı ile Ahir Dağı eteklerindeki yerleşim yerlerini birbirine bağlayan en önemli güzergahlardan biri haline gelmiştir.

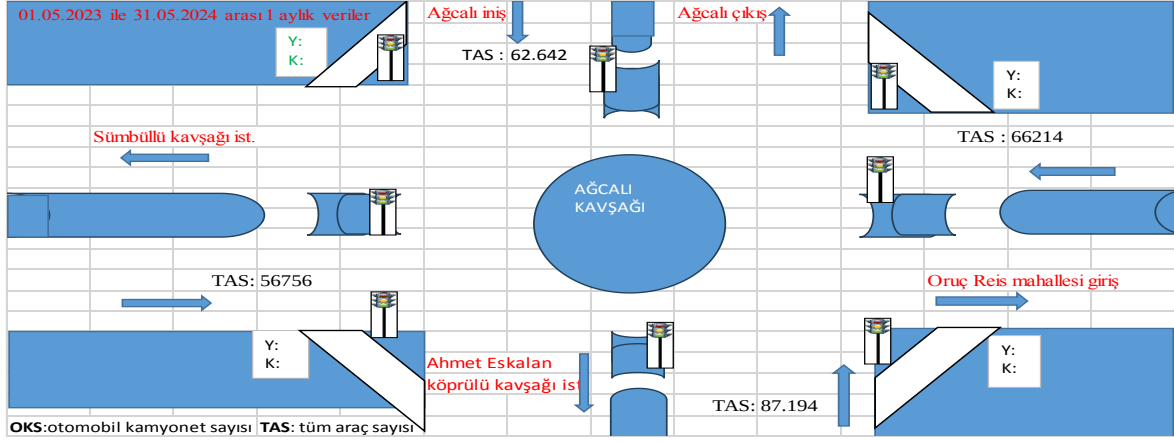
Mayıs ayı boyunca toplanan aylık verilerle ve bir haftalık saatlik verilerle, kavşağın karayolu trafiği bakımından yoğun ve sakin olduğu zamanlar belirlenmiştir. Bu veriler kullanılarak, kavşağın trafik yoğunluğu ve bu yoğunluğa bağlı olarak araçların enerji tüketimi hakkında hesaplamalar yapılmıştır.

Ağcalı kavşağının mevcut bir görüntüsü aşağıda verilmiştir.



Şekil 3.9. Ağcalı kavşağının mevcut görünüşü

Aşağıdaki görselde, 2024 yılına ait bir aylık araç istatistikleri, trafik sinyalizasyon sistemleri, araç giriş-çıkış yönleri ve bu yollar üzerinden geçen araç sayıları yer almaktadır.



Şekil 3.10. Ağcalı kavşağından geçen araç sayıları ve kavşağın çalışma şekli

Yukarıdaki şekilde Mayıs 2024 ayına ait kavşaktan aylık geçen araç sayıları verilmiştir. Kavşağın dört yönünde trafik sinyalizasyon sistemleri vardır. Bu ışıklar, trafik akışının yönetildiği ana noktalar olarak konumlandırılmıştır. Bu kavşakta, belirli bir döneme ait (Mayıs 2024) oldukça yoğun bir trafik akışı olduğu görülmektedir. Ay boyunca günlük ve saatlik geçen araç sayılarına yer verilmiştir. Yolların giriş-çıkış noktalarında farklı araç sayıları kaydedilmiş ve özellikle kavşak çevresindeki yol yoğunlukları büyük ölçüde değişkenlik göstermektedir.

3.3.1 Ağcalı ışıklı kavşağının günün farklı saatlerinde farklı ışılandırma durumu

Bu dört yolda trafik sinyalizasyon sistemleri (trafik lambası) bulunmaktadır. Kavşağın ışılandırma sistemi, günün belli saatlerinde farklı periyotlarla çalışmaktadır. Her periyot dört fazdan oluşmakta olup, Faz ise kavşaktaki her bir trafik direğindeki trafik ışığı yanması sönmesi olarak anlatabiliriz. Ağcalı kavşağında kavşağa giren her bir yol için trafik lambası vardır. Dolayısıyla kavşağa göre 4 faz bir periyodu oluşturmaktadır. Aşağıda verilen periyot sayılarına göre trafik ışıklarının kaçar saniye kırmızı ışık yandığını bulunmuştur.

İçerik olarak beş farklı durum saat aralığı şu şekildedir:

1. Durum (00:00 ile 06:00 arası): Ağcalı iniş ve çıkışa kırmızı fasılalı ışık, Oruç Reis Mahallesi giriş ve çıkışa sarı fasılalı ışık yanmaktadır.
2. Durum (00:06 ile 09:00 arası): 102 saniyelik bir periyot boyunca ışıklar döner.
3. Durum (09:00 ile 16:00): 84 saniyelik bir periyot boyunca ışıklar döner.
4. Durum (16:00 ile 21:00 arası): 94 saniyelik bir periyot boyunca ışıklar döner.
5. Durum (21:00 ile 00:00 arası): 102 saniyelik bir periyot boyunca ışıklar döner.

Her bir periyot sonrası trafik ışıkları belirli sürelerle kırmızıya geçer. Bu sürelerin yanı sıra, her bir faz arasında geçen 8 saniyelik ek süre, kavşak içinde araçların arındırılması amacıyla eklenir. Kırmızı ışıktaki durma ve tekrar hareket etme süresindeki gecikmeler hesaplanırken, şehir içi hız limiti olan 55 km/h' a göre araçların hızlarının nasıl değiştiği de göz önünde bulundurulacaktır.

Yukarıda ki periyotlara göre her bir yön için 5 farklı durumu ve karşısında kırmızı ışık bekleme süreleri aşağıda verilmiştir

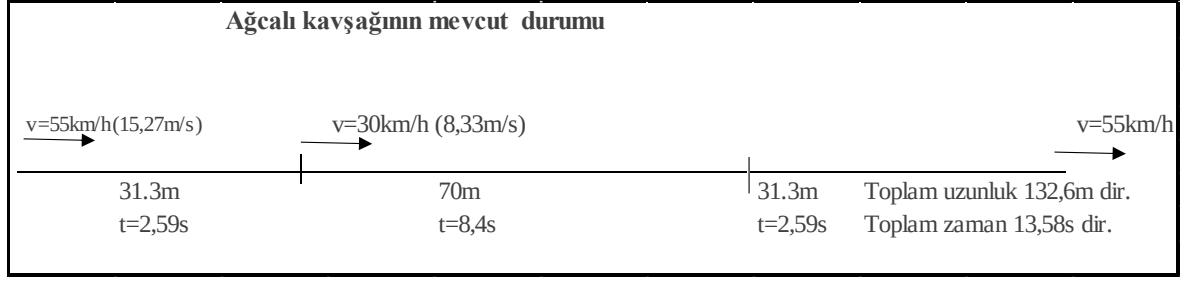
Tablo 3.6. Ağcalı ışıklı kavşağı için kavşak içi kırmızı ışık süreleri tablosu

Ağcalı yolu iniş istikameti		Oruç Reis mah. çıkış istikameti	
1. Durum	Kırmızı fasıllı	1. Durum	Sarı fasıllı
2. Durum	70s	2. Durum	90s
3. Durum	72s	3. Durum	72s
4. Durum	82s	4. Durum	82s
5. Durum	70s	5. Durum	90s
Ağcalı yoklu çıkış istikameti		Oruç Reis mah. giriş istikameti	
1. Durum	Kırmızı fasıllı	1. Durum	Sarı fasıllı
2. Durum	92s	2. Durum	90s
3. Durum	72s	3. Durum	72s
4. Durum	72s	4. Durum	82s
5. Durum	92s	5. Durum	90s

Özellikle ağır araçların geçişi, kavşakta bekleme süresini etkileyebilir. Çünkü ağır araçların kavşak içinde daha yavaş hareket etmesi, gecikme süresinin artmasına neden olacaktır. Bu hesaplamalar, her bir yönden gelen araçların kırmızı ışıktaki geçirdiği süreye eklenerek toplam gecikme ve enerji kaybı hesaplamalarına dahil edilecektir.

Bu verilere dayanarak, her bir trafik ışığının kırmızı ışık süresi, kavşağa yaklaşan araçların hızlanma, yavaşlama ve bekleme süreçlerine ek olarak, enerji tüketimi ve trafik akışının daha verimli hale getirilmesi için analiz edilecektir.

Aşağıda Ağcalı ışıklı kavşağına 55km/h hızla giren bir araç için kavşak gecikmelerini göstermektedir.



Şekil 3.11. Ağcalı kavşağının mevcut kavşak gecikme durumu

Yukarıda görselde araçlar 55km/h hızla hareket halindeyken durması 2,59s de ve 31,3m de durur. 70m lik kavşağı 30km/h hızla 8,4s alır. Tekrar 31,3m de aynı hıza kavuşur. Toplamda bu süre 13,58s dir. Kırmızı ışık sürelerine bu süreyi ekleyerek hesaplamalar yapacağız. Birinci durumda kırmızı fasılalı yandığından araçlar durup kavşak boş ise yoluna devam edeceğinden yine de durması gerekmektedir. Genelde saat 00:00-06:00 arası kavşak sakın olacağından 13,58s'lik kavşak gecikmesinden daha kısa bir sürede kavşak geçişi tamamlanır. Burada zaman kayıp süresini 8s alacağız.

Bulunan 13,58s kavşak gecikmesinin kırmızı ışık bekleme sürelerine eklenmiş hali aşağıda verilmiştir.

Tablo 3.7. Ağcalı ışıklı kavşağına giren her bir aracın maruz kalacağı gecikme süreleri tablosu

Ağcalı yolu iniş istikameti		Oruç Reis mahallesinden çıkış ist.	
1. Durum	Kırmızı fasılalı	1. Durum	Sarı fasılalı
2. Durum	83,58s	2. Durum	103,58s
3. Durum	85,58s	3. Durum	85,58s
4. Durum	95,58s	4. Durum	95,58s
5. Durum	83,58s	5. Durum	103,58s
Ağcalı yolu çıkış istikameti		Oruç Reis mahallesine giriş ist.	
1. Durum	Kırmızı fasılalı	1. Durum	Sarı fasılalı
2. Durum	105,58s	2. Durum	103,58s
3. Durum	85,58s	3. Durum	85,58s
4. Durum	85,58s	4. Durum	95,58s
5. Durum	105,58s	5. Durum	103,58s

Yukarıdaki görselde Ağcalı kavşağına giren 4 farklı yolun günün farklı zamanlarında beş farklı durumlu ışık süresiyle çalıştırılmıştır. 5 farklı durumun karşılarında toplam zaman kayıpları da belirtilmiştir. Kavşağına giren her bir yoldan kavşağına giren araç sayıları saatlik, günlük ve haftalık olarak elde edilmiştir. Yukarıda bahsettiğimiz beş farklı durum

için bir haftalık ve 24 saatlik araç sayıları verilmiştir. 06.05.2024-12.05.2024 arası bir haftalık günlük ve saatlik geçen araçların sayıları liste halinde verilmiştir. Verilen bilgiler dahilinde bulgular ve tartışma bölümünde hesaplamalar yapılarak tablo halinde verilmiştir. Tabloyu değerlendirerek trafiğin en yoğun olduğu saatler, günler ve genel trafik eğilimleri hakkında bazı çıkarımlar yapabiliriz.

Aşağıdaki tablolarda, kavşağa giriş yapan Ağcalı yolu iniş – çıkış ve oruç reis mahallesi iniş-çıkış yapan araçların haftalık ve saatlik geçen araç sayıları, günün farklı zaman dilimlerine göre değişkenlik gösteren trafik yoğunluğu yer almaktadır. Bir aylık araç geçiş istatistiğiyle beraber tablolar değerlendirilerek ve enerji sarfiyatı hesabı yaparak Araştırmanın Bulguları ve Tartışma bölümünde değerlendirme ve hesaplamalar yapılmıştır.

Tablo 3.8. Ağcalı yolu iniş istikametine doğru saatlik olarak haftalık geçiş sayıları ve toplamı

Farklı zaman aralığı durumları	Saat	6.05.2024	7.05.2024	8.05.2024	9.05.2024	10.05.2024	11.05.2024	12.05.2024	Toplam
		Pazartesi	Salı	Çarş.	Perş.	Cuma	Cts.	Pazar	
1.durum	00:00	98	92	85	90	101	121	121	708
	01:00	47	35	30	32	45	64	88	341
	02:00	17	25	14	21	23	31	37	168
	03:00	15	12	10	7	21	28	19	112
	04:00	28	22	25	30	35	26	25	191
	05:00	84	64	70	86	72	66	43	485
2 durum	06:00	226	248	249	241	250	188	81	1483
	07:00	1112	999	1107	1076	1007	561	227	6089
	08:00	1117	1093	1119	1156	1084	702	226	6497
3. durum	09:00	670	601	644	620	696	538	339	4108
	10:00	531	515	517	479	511	487	362	3402
	11:00	483	447	512	453	517	483	491	3386
	12:00	514	501	513	508	415	505	483	3439
	13:00	488	507	475	495	574	565	590	3694
	14:00	483	501	511	446	570	527	547	3585
	15:00	528	515	564	450	516	462	496	3531
4. durum	16:00	507	539	570	490	524	441	441	3512
	17:00	478	568	501	544	660	485	388	3624
	18:00	388	438	465	482	482	482	320	3057

Tablo 3.8. (Devam) Ağcalı yolu iniş istikametine doğru saatlik olarak haftalık geçiş sayıları ve toplamı

	19:00	336	386	368	449	446	416	319	2720
5. durum	20:00	346	391	418	431	506	433	355	2880
	21:00	279	314	311	300	361	317	309	2191
	22:00	239	263	245	306	334	326	273	1986
	23:00	198	165	211	210	234	255	180	1453
Toplam		9212	9241	9534	9402	9984	8509	6760	62642

Tablo 3.9. Ağcalı yolu çıkış istikametine doğru saatlik olarak haftalık geçiş sayıları ve toplamı

Farklı zaman aralığı durumları	Saat	6.05.2024	7.05.2024	8.05.2024	9.05.2024	10.05.2024	11.05.2024	12.05.2024	Toplam
		Pazartesi	Salı	Çarş.	Perş	Cuma	Cts	Pazar	
1.durum	00:00	227	248	202	246	231	283	334	1771
	01:00	87	68	63	64	76	118	139	615
	02:00	36	46	31	40	27	64	57	301
	03:00	20	19	23	26	28	39	40	195
	04:00	31	34	20	44	26	28	28	211
	05:00	36	33	35	43	35	37	41	260
2 durum	06:00	150	124	135	111	117	113	61	811
	07:00	473	461	418	434	455	306	126	2673
	08:00	651	611	612	537	598	448	408	3865
3. durum	09:00	521	447	483	494	587	449	260	3241
	10:00	596	556	503	467	579	450	271	3422
	11:00	648	608	598	560	603	537	393	3947
	12:00	687	668	622	622	596	990	414	4599
	13:00	713	563	603	647	646	773	628	4573
	14:00	812	671	673	760	753	813	674	5156
	15:00	808	720	644	764	900	938	714	5488
4. durum	16:00	1129	992	921	1073	1088	1054	836	7093
	17:00	1524	1430	1378	1404	1371	1061	1029	9197
	18:00	1438	1430	1336	1453	1424	1079	1012	9172
	19:00	828	942	961	983	1058	948	866	6586
5. durum	20:00	614	606	704	767	773	637	629	4730
	21:00	532	428	455	599	595	508	610	3727

Tablo 3.9. (Devam) Ağcalı yolu çıkış istikametine doğru saatlik olarak haftalık geçiş sayıları ve toplamı

	22:00	406	345	384	559	629	528	566	3417
	23:00	280	268	227	353	377	349	290	2144
Toplam	Toplam	13247	12318	12031	13050	13572	12550	10426	87194

Tablo 3.10. Oruç Reis Mahallesinden çıkış istikametine doğru saatlik olarak haftalık geçiş sayıları ve toplamı

Farklı zaman aralığı durumları	Saat	6.05.2024	7.05.2024	8.05.2024	9.05.2024	10.05.2024	11.05.2024	12.05.2024	Toplam
		Pazartesi	Salı	Çarş.	Perş	Cuma	Cts	Pazar	
1.durum	00:00	142	131	139	141	151	184	238	1126
	01:00	52	55	46	48	56	75	103	435
	02:00	21	27	28	34	21	35	53	219
	03:00	17	19	15	16	18	24	25	134
	04:00	28	24	21	25	23	25	25	171
	05:00	47	69	69	55	69	61	103	473
2 durum	06:00	215	225	219	218	187	220	204	1488
	07:00	864	863	909	932	891	791	438	5688
	08:00	583	649	548	609	657	466	419	3931
3. durum	09:00	437	440	412	422	413	424	493	3041
	10:00	472	408	486	336	430	365	478	2975
	11:00	447	416	384	335	339	442	452	2815
	12:00	571	505	414	411	384	415	469	3169
	13:00	498	463	395	444	443	501	551	3295
	14:00	568	482	420	414	469	496	575	3424
	15:00	569	541	534	493	521	665	597	3920
4. durum	16:00	604	542	528	542	575	626	574	3991
	17:00	704	731	835	683	742	694	598	4987
	18:00	690	748	719	708	814	804	598	5081
	19:00	568	604	649	644	716	737	540	4458
5. durum	20:00	495	545	580	518	555	681	519	3893
	21:00	380	347	385	401	440	493	400	2846
	22:00	344	313	293	338	354	432	407	2481
	23:00	287	307	284	291	344	411	249	2173
Toplam		9603	9454	9312	9058	9612	10067	9108	66214

Tablo 3.11. Oruç Reis Mahallesi giriş istikametine doğru saatlik olarak haftalık geçiş sayıları ve toplamı

Farklı zaman aralığı durumları	Saat	6.05.2024	7.05.2024	8.05.2024	9.05.2024	10.05.2024	11.05.2024	12.05.2024	Toplam
		Pazartesi	Salı	Çarş.	Perş	Cuma	Cts	Pazar	
1.durum	00:00	189	194	215	246	226	261	287	1618
	01:00	49	55	64	56	55	92	108	479
	02:00	30	32	41	25	35	47	63	273
	03:00	14	16	17	12	16	17	29	121
	04:00	22	27	19	23	22	29	27	169

Tablo 3.11. (Devam) Oruç Reis Mahallesi'ne giriş istikametine doğru saatlik olarak haftalık geçiş sayıları ve toplamı

	05:00	36	41	38	43	37	45	38	278
2. durum	06:00	162	147	147	165	153	134	78	986
	07:00	598	589	470	599	547	348	161	3312
	08:00	735	657	607	714	703	361	247	4024
3. durum	09:00	498	451	371	396	381	266	191	2554
	10:00	484	430	268	409	380	327	245	2543
	11:00	527	307	248	440	429	411	320	2682
	12:00	536	370	301	440	309	432	331	2719
	13:00	418	315	292	368	347	391	367	2498
	14:00	393	340	308	414	415	516	401	2787
	15:00	418	336	328	451	418	483	455	2889
4. durum	16:00	583	414	362	670	539	640	497	3705
	17:00	781	578	459	790	696	572	579	4455
	18:00	777	540	579	715	731	616	586	4544
	19:00	450	447	416	483	513	604	646	3559
5. durum	20:00	311	498	479	448	514	516	508	3274
	21:00	308	392	366	353	380	390	505	2694
	22:00	218	333	323	346	413	422	470	2525
	23:00	232	277	278	281	300	410	290	2068
Toplam		8769	7786	6996	8887	8559	8330	7429	56756

Yukarıda verilen tablolarla ilgili olarak araştırmanın bulguları ve tartışma bölümünde tablolar yorumlanacak ve hesaplamalar yapılarak enerji sarfiyatı konusunda bilgiler edinilecektir.

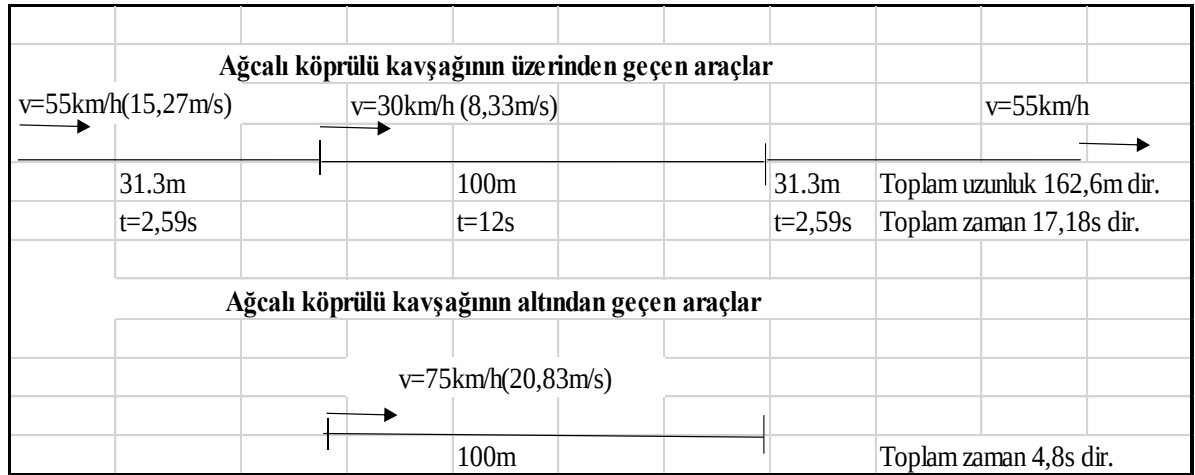
3.3.2. Ağcalı ışıklı kavşağının sabit ışıklı sistemle yönetildiği durumdaki yakıt sarfiyatı hesabı

Ağcalı ışıklı kavşağı yoğun bir kavşak olduğundan sabit ışıklı bir sistem uygulanması uygun bir sonuç vermez. Trafik yoğunluğu az olan kavşaklar için uygundur. Çünkü kavşağın bir araç depolama alanı vardır. Her bir yön için en fazla 2 ışıkta kavşağı boşaltması gerekmektedir. Diğer türlü yoğun akımlı tarafın ışık sürelerine müdahale edilir veya bir trafik ekibinin müdahale yardımıyla kavşak rahatlatılır. Aksi takdirde yoğun olan taraftaki yolun kavşak gerisine doğru araç sarkmaları uzayacak ve bir gerideki kavşağı da olumsuz etkileyecektir. Böyle yoğun trafikte kavşak içi kazaların olma olasılığı fazladır. Kavşak içi trafik kazaları olduğunda hemen müdahale edilmez ise kavşağa bağlanan tüm yollar tıkanmış olur. Tüm kamu hizmetleri toplu taşımalar, 112 sağlık hizmetleri gibi birçok hizmet aksaklığa uğrar. Asıl olan kavşağı geçte olsa makul bir sürede kavşağa bağlanan tüm yollar için faydalandırılarak çalıştırılabilir olmasını sağlamaktır. Burada belirtilen kırmızı ışık süreleri şu anda kavşağa uygun değildir. Kavşak yoğunluğun

şuandakine olanla çok daha az olması durumlarından kullanılır. Ama burada yine de kıyaslama adına bir hesap yapacağız. Kavşak çalışma sistemi karşılıklı akımlar çalıştırılarak düşünülmüştür. Yani karşılıklı yönler aynı anda kırmızıya veya yeşile geçer. Ağcalı iniş-çıkışlar daha yoğun olduğundan kırmızı ışık 90,58s dir. Diğer taraf az yoğun olduğundan 98,58 saniyedir.

3.3.3. Ağcalı Işıklı Kavşağının Köprülü Kavşak Olarak Tasarlanma Durumu

Ağcalı ışıklı kavşağına bir köprülü kavşak modeli yapılacak olsa en uygun model Ağcalı iniş ve çıkışları alttan direk geçiş verilmesi ve Oruç Reis mahallesi giriş ve çıkışları köprü üstünden modern dönel kavşak sistemiyle çalıştırılması, maliyet ve fiziki şartları da hesaba katılırsa en uygun bir köprülü kavşak modeli olabilir. En uygun tasarım için kavşak ada çapının ne kadar büyük yapılırsa uzun vadede daha iyi olacaktır. Kavşağa ada çapı 100m olan modern bir köprülü kavşak uygulandığını varsayarak hesaplamalar yapacağız. Buna göre Ağcalı iniş – çıkış istikametleri çok yoğun trafik olduğundan hız limitide artırılarak 70km/h olabilir. Daha sonraki zaman yıllarında kavşaktan geçen araç sayılarını artırarak trafiği rahatlatmak (araç debisini artırmak) için hız limiti UKM (Ulaştırma Koordinasyon Merkezi) tarafından genelde artırılacaktır.



Şekil 3.12. Ağcalı köprülü kavşağının kavşak gecikme durumu

Yukarıdaki görsele göre köprü altından geçen araçlar. 100m lik bir kavşağı 75km/h hızla bir araç 4,8s geçer. Zamanla hız limitleri artabileceğinden zaman dahada kısalacağından hesaplamalarda yaklaşık olarak 4s olarak alınacaktır. Köprü üzeri modern dönel kavşak modeli uygulayacağımızdan Oruç Reis giriş- çıkış istikametleri kavşak

gecikmesine maruz kalacaktır. Modern dönel kavşak çalışma sistemi kavşak içindeki aracın geçiş önceliği olması prensibine dayanır. Dolayısıyla köprü üzerini kullanan araçlar durma veya yavaşlama, kavşağı düşük hızla geçme ve tekrar hızlanıp aynı hıza gelinceye kadar bir zaman kaybı olacaktır. Buna göre hesap yapacağız. Şehir içi 55km/h hız sınırına tabi olduğundan aracın durması 2,59s zaman alacaktır. 100m’lik kavşağı ortalama 30km/h hız ile gittiğini varsaydığımızda bir araç 12s de kavşağı bitirir sonra hızlanarak 2,59s aynı hızına ulaşır. Toplam gecikme 17,18 s olur. Günün her saatinde aynı yoğunluğa sahip olmadığından ve özellikle gece saat 00:00 ile 06:00 arası yoğun olmadığından araçlar dur-kalk yapmadan da hızını düşürüp yoluna devam edebilir. O takdirde toplam gecikme 17,18s’ den daha kısa olabilir. Hesaplamalarda gecikmeyi **15saniye** olarak alınacaktır.



4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Altınşehir Köprülü Kavşağına İlişkin Bulgular

Kavşak öncesinde, Besni istikametine doğru üç şeritli bir yol bulunurken, köprülü kavşağın yapılmasının ardından, kavşağın alt kısmı iki şeritli, üst kısmı ise yine iki şeritli olarak inşa edilerek 4 şerit olarak kavşağa giriş vardır. Bu değişiklik, transit geçişlere olanak tanıyarak, kavşak yoğunluğunu daha verimli bir şekilde yönetmiştir. Yeni kavşak düzenlemesi hem şerit sayısını artırmış hem de trafik akışını hızlandırmıştır, bu da bölgedeki trafik sıkışıklığını azaltarak ulaşımı daha verimli hale getirmiştir. Altınşehir köprülü kavşağının tablo 3.2 de yugt değerlerinin oks, aas ve tas toplamaları verilmişti. Aşağıdaki tabloda ise tablo 3.2 ye ek olarak yakıt sarfiyatı ve yakıt sarfiyatlarının litresel ve parasal değerleri verilmiştir.

Tablo 4.1. Altınşehir köprülü kavşağı yapılmadan önceki yakıt sarfiyatı hesaplamaları

t:150 s

YIL	Araç sınıfı	Yugt	Yıllık	Yakıt sarfiyatı (lt)	Fiyat (tl)	Toplam sarfiyat (tl)	Toplam sarfiyat (\$)
2020	OKS	10966	4002590	166774,6	1197442	□1.453.490,83	\$ 212.188,44
	AAS	1512	551880	39091,5	256049,3		
	TAS	12478	4554470				
2021	OKS	11668	4258820	177450,8	2166675	□2.611.126,42	\$ 300.129,47
	AAS	1504	548960	38884,67	444451,7		
	TAS	13172	4807780				
2022	OKS	10639	3883235	161801,5	3109824	□4.003.632,56	\$ 239.882,12
	AAS	1494	545310	38626,13	893808,5		
	TAS	12133	4428545				
2023	OKS	14090	5142850	214285,4	7600704	□9.532.078,49	\$ 361.063,58
	AAS	1913	698245	49459,02	1931375		
	TAS	16003	5841095				
TOPLAM						17600386,58	\$ 1.113.263,61

Yukarıdaki tabloda köprülü kavşak yapılmadan önceki durum için oluşturulmuştur. (Hesaplamalarda araçların kavşak gecikmelerini köprülü kavşak yapılmadan önce 150saniye yapıldıktan sonra 60saniye olarak alınmıştır.) Birinci sütunda yıllar, 2. Sütunda araç sınıfları OKS , AAS ve TAS belirtilmiştir. 3.Sütunda YOGT değerleri verilmiştir. 4. Sütunda yugt değerini 365 ile çarparak yıllık araç sayıları bulunmuştur. Buraya kadar olan ilk 5 sütunla belirtilen bilgiler tablo 3.2 de verilmişti. 5. Sütunda yakıt tüketimi denklem

2.1 kullanılarak oluşturulmuştur. Örneğin 2020 yılında hafif araçların rölentideki saatlik yakıt tüketimi;

OKS için hesaplama yapılırsa;

$$Y_t = A_s \cdot B_s \cdot \frac{1}{3600} s \cdot R_t$$

$$Y_t = 4002590 \cdot 150s \cdot \frac{1}{3600} s \cdot 1,0 \text{ lt}$$

$Y_t = 166774,6L$ yıllık hafif taşıtlar için yakıt tüketimidir. Ağır araçlar içinde bir sarfiyat hesabı yapılabilir.

AAS için hesaplama yapılırsa;

$$Y_t = 551880 \cdot 150s \cdot \frac{1}{3600} s \cdot 1,7$$

$$Y_t = 39091,5L$$

Bu sarfiyatların toplamı 2020 yılındaki yakıt fiyatıyla çarparak 6. sütunu oluştururuz. Bunun için yakıt sarfiyatının o yılki yakıt fiyatıyla çarpılmasıyla bulunmuştur. Tablo 3.3. de yakıt ve dolar fiyat tablosu verilmişti. Bu tablo değerleri kullanılarak hesaplama yapılmıştır.

2020 yılında benzin 7,18tl ve dizel 6,55 tı olduğundan aşağıda litresel olarak bulduğumuz verileri o yılın yakıt fiyatıyla çarpacağız. 2024 yılı için yakıt fiyatları benzin ve dizel birbirine yakın olduğundan yaklaşık 44,5 tı olarak alınacaktır. 166774,6 litre yakıt tüketimini 2020 yılının benzin yakıt litre fiyatıyla (7,18) çarpılarak 1197442 TL olarak buluruz. 39091,5L yakıt tüketimiyle dizel fiyat (6,55 değerini çarparsak 256049,3 TL buluruz. Bulunan değerlerinin toplamı (1.453.490,83) yıllık yakıt sarfiyatının parasal değerini verir. Bu işlemler 7. sütunda verilmiştir. 8. sütunda ise 7. sütundaki verilerin o yıldaki dolar karşılıklarıdır. Hafif araç ve ağır araç rölenti tüketimleri toplanırsa 1453490,83tl yapar. Bu toplamı da o yılın döviz kuru fiyatına bölersek 212188,44\$ dolar karşılığını bulunur. Örnekte 2020 yılına ait hesaplamalar yapılmıştır. Diğer 2021,2022 ve 2023 yılları da aynı hesaplamalarla oluşturulmuştur.

Tablo 4.1 incelendiğinde, köprülÜ kavşak yapılmadan önceki yıllara ait araç sayıları ve yakıt tüketim değerlerini içermektedir. Bu tablodan, araç sayılarındaki artışa paralel olarak toplam yakıt sarfiyatının arttığı ve bunun doğrudan yakıt fiyatları ile ilişkili olduğu görülmektedir.

Araştırma verilerine göre, kavşaktan geçen araç sayılarındaki artış ile toplam yakıt sarfiyatının katlanarak arttığını görebiliyoruz. Örneğin, 2022 yılında kavşaktan geçen araç sayısı 4.428.545 iken, 2023 yılında bu sayı 5.841.095'e ulaşmış ve araç sayılarındaki yaklaşık 1.412.450'lik artışa rağmen toplam yakıt sarfiyatındaki parasal fark 5.528.445,93 TL olmuştur. Ayrıca 2021 ve 2022 yılı yolt değerleri 2020 yılından daha az olmasına rağmen yakıt gider fiyatlandırmasında artış olarak yansımıştır. Bu artış, özellikle yakıt fiyatlarındaki yıllık yükselişle doğrudan bağlantılıdır. KöprülÜ kavşak yapıldıktan sonraki durum için aşağıdaki tablo oluşturulmuştur.

Tablo 4.2. *Altınşehir köprülÜ kavşağı yapıldıktan sonraki yakıt sarfiyatı hesaplamaları*
t:60s

YIL	Araç sınıfı	Yolt	Yıllık	Yakıt sarfiyatı)lt	Fiyat tı	Toplam sarfiyat(tı)	Toplam sarfiyat (\$)
2020	OKS	10966	4002590	66709,83	478976,6	□581.396,33	\$ 84.875,38
	AAS	1512	551880	15636,6	102419,7		
	TAS	12478	4554470				
2021	OKS	11668	4258820	70980,33	866669,9	□1.044.450,57	\$ 120.051,79
	AAS	1504	548960	15553,87	177780,7		
	TAS	13172	4807780				
2022	OKS	10639	3883235	64720,58	1243930	□1.601.453,02	\$ 95.952,85
	AAS	1494	545310	15450,45	357523,4		
	TAS	12133	4428545				
2023	OKS	14090	5142850	85714,17	3040281	□3.812.831,40	\$ 146.422,10
	AAS	1913	698245	19783,61	772549,9		
	TAS	16003	5841095				
TOPLA						7040189,601	\$ 447.302,11
M							

Yukarıdaki tabloda Altınşehir köprülÜ kavşağının yapılmasından sonraki 4 yıllık veriler ve hesaplamalı verilmiştir. Toplamda dört yılda toplam sarifyat 7040189,60 tı'dır. Dolar karşılığı 447302,11 dolar dır. Aşağıdaki tablo, köprülÜ kavşak yapıldıktan sonra çeşitli araç sınıflarının yakıt sarfiyatını ve buna bağı maliyetleri göstermektedir. 2020 ile 2023 yılları arasındaki verileri içeren tablonun her bir yılı için:

- **Araç Sınıfları (OKS, AAS, TAS):** Farklı araç türlerinin (OKS, AAS, TAS) her yıl ne kadar yakıt harcadığını ve buna dayalı maliyetleri görsel olarak sunuyor.

- **YOGT (Yıllık Ortalama Günlük Trafik):** Araçların yıllık ortalama günlük trafiği.
- **Yıllık Yakıt Sarfıyatı (lt):** Yıl boyunca her bir araç sınıfının harcadığı yakıt miktarı (litre cinsinden).
- **Fiyat (TL):** Yıllık yakıt sarfıyatının TL cinsinden maliyeti.
- **Toplam Sarfıyat (TL):** İlgili araç sınıfı için toplam yakıt sarfıyatı maliyeti TL cinsinden.
- **Toplam Sarfıyat (\$):** Yukarıdaki TL maliyetlerinin dolar cinsinden karşılıkları hesaplanmaktadır.

Tablo 4.2 den çıkan önemli bulgular şu şekildedir.

1. Yıllık Yakıt Sarfıyatı:

- 2020 yılından 2023 yılına kadar, OKS sınıfının yakıt sarfıyatı her yıl artış göstermektedir. Bu durum, köprülü kavşak inşasının trafiği arttırmış veya araç kullanım sıklığını artırmış olabileceğini gösterebilir.
- AAS ve TAS sınıflarında ise yıllık yakıt sarfıyatı daha stabil bir seyir izliyor.

2. Yakıt Fiyatlarındaki Artış:

- 2020 yılından itibaren yakıt fiyatlarında artış gözlemlenmektedir. Özellikle 2023 yılında AAS sınıfı için fiyatın 26,04 \$'a yükselmesi, yakıt maliyetlerinin ciddi şekilde arttığını ortaya koyuyor.

3. Toplam Sarfıyat (TL ve \$):

- 2023 yılı, toplam sarfıyat açısından en yüksek yıllık değeri göstermektedir. OKS araçları için 2023'teki toplam sarfıyat TL cinsinden 3.81 milyon ₺, dolar olarak ise 146.422,10 \$ olarak hesaplanmıştır.
- Dolar bazında toplam sarfıyat ise, yıllar itibarıyla artış göstermektedir, fakat bu artışın TL cinsinden daha büyük olması, döviz kurlarındaki değişiklikten kaynaklanıyor olabilir.

4. Toplam Maliyet (TL ve \$):

- 2023 yılındaki toplam sarfıyatın TL karşılığı (yaklaşık 7 milyon TL) oldukça yüksekken, dolar bazında karşılığı (yaklaşık 447.302 \$) bir nebze daha düşük kalıyor. Bu da döviz kurlarındaki farkları ve yerel ekonomideki etkileri yansıtıyor.

Genel olarak tablo, köprülü kavşak yapımının ardından yakıt sarfiyatının yıllar içinde arttığını ve bu artışın hem TL hem de dolar bazında maliyetleri etkilediğini göstermektedir. Bu durum, kavşağın yapısal ve operasyonel etkilerinin yanı sıra, dışsal faktörlerin (yakıt fiyatları, trafik yoğunluğu vb.) da önemli rol oynadığını düşündürmektedir.

Aşağıda Altınşehir köprülü kavşağının yapılmadan önceki ve sonraki yakıt sarfiyatlarını yıllara göre karşılaştırmaktadır.

Tablo 4.3. *Altınşehir köprülü kavşağının öncesi ve sonrası yakıt sarfiyatı karşılaştırılması*

	Köprülü kavşak önce ve sonrası enerji sarfiyatı			
YIL	Öncesi (tl)	Öncesi (usd)	Sonrası	Sonrası
2020	□ 1.453.490,83	\$ 212.188,44	□ 581.396,33	\$ 84.875,38
2021	□ 2.611.126,42	\$ 300.129,47	□ 1.044.450,57	\$ 120.051,79
2022	□ 4.003.632,56	\$ 239.882,12	□ 1.601.453,02	\$ 95.952,85
2023	□ 9.532.078,49	\$ 361.063,58	□ 3.812.831,40	\$ 146.422,10

Bu tablodan elde edilen bazı önemli bulgular şunlardır:

1. Toplam Sarfiyat Artışı (TL Cinsinden):

- Köprülü kavşak yapılmadan önceki yıllarda (2020-2023) yakıt sarfiyatı önemli bir artış göstermektedir. 2020 yılında 1.45 milyon TL olan sarfiyat, 2023'te 9.53 milyon TL'ye kadar yükselmiştir. Bu durum, kavşağın öncesinde trafik yoğunluğunun yüksek olduğunu ve bu yoğunluğun enerji tüketimi üzerindeki etkisini göstermektedir.
- Kavşak yapıldıktan sonra ise, yıllık sarfiyatlar belirgin bir şekilde düşüş göstermektedir. 2020 yılında 581.396 TL olan sarfiyat, 2023'te 3.81 milyon TL'ye ulaşmıştır.

2. Toplam Sarfiyat Artışı (USD Cinsinden):

- Dolar bazında, 2020'de 212.188,44 \$ olan sarfiyat, 2023'te 361.063,58 \$'a kadar yükselmiştir. Burada önemli bir artış görülmektedir.
- Köprülü kavşak sonrasında, 2020'te 84.875,38 \$ olan sarfiyat, 2023'te 146.422,10 \$ olarak hesaplanmıştır. Dolayısıyla, dolar bazında toplam artış daha belirgindir.

3. Sarfiyatın Düşüşü:

hesaplamaların her yıl için yapılması, 2024 yılı itibariyle yaklaşık 44,5 TL olarak alınan benzin ve dizel fiyatlarıyla güncellenmiştir.

Son olarak, 2020, 2021, 2022 ve 2023 yılları için yapılan hesaplamaların sonucunda, dört yıl boyunca sağlanan yakıt tasarrufu toplamda 17.600.386,58 TL ve 1.113.263,61 USD olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar, köprülÜ kavşakın trafik akışını düzenlemekte sağladığı verimliliğin, sadece yakıt sarfiyatında değil, ekonomik açıdan da önemli tasarruflar sunduğunu ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar, kavşakın performansının ve ekonomik katkısının daha net anlaşılmasına yardımcı olurken, benzer projelerin gelecekteki faydalarını da göstermektedir.

Sonuç olarak, köprülÜ kavşakın inşası sonrası, özellikle TL cinsinden yakıt sarfiyatında belirgin bir azalma gözlemlenmiştir. Bu da kavşakın trafik akışını daha verimli hale getirdiğini ve yakıt tasarrufu sağladığını düşündürmektedir. Ancak, döviz kuru etkisi ve diğer ekonomik faktörler de toplam maliyetler üzerinde etkili olmuştur. Altınşehir KöprülÜ Kavşak'ının yapımı hem trafik akışını hem de kavşak yönetimini önemli ölçüde iyileştirmiştir

4.2. Arsan KöprülÜ Kavşakına İlişkin Bulgular

Arsan KöprülÜ Kavşak'ına ilişkin incelemeler, kavşakın yapımının trafik akışı, yakıt sarfiyatı ve gecikme süreleri üzerinde önemli etkiler yarattığını göstermektedir. Yapılan analizlere göre, köprülÜ kavşak inşası ile kavşaka giriş şerit sayısı artırılarak trafik akışı büyük ölçüde iyileştirilmiştir. Kavşak altından 3, kavşak üzerinden 2 olmak üzere toplamda 5 şeritlik giriş imkânı sağlanmış, bu da trafik sıkışıklığını ve bekleme sürelerini önemli ölçüde azaltmıştır.

Aşağıdaki tabloda arsan köprülÜ kavşakından geçen araçlar için yakıt sarfiyatı hesabı yapılmıştır. Burası yoğun bir kavşak olduğundan gecikme süresini kavşak yapılmadan önce 180s ve şekil 3.8 de hesaplamalar ışığında köprülÜ kavşak yapıldıktan sonra gecikmeleri 15 saniye olarak alacağız. Tablo 3.5 de arsan köprülÜ kavşakından geçen araçların oks, aas ve tas topları verilmiştir.

Aşağıdaki tabloda ise yakıt sarfiyatı hesabının litresel ve parasal değerleri verilmiştir.

Tablo 4.4. Arsan köprülÜ kavşağının yapılmadan önceki yakıt sarfiyatı hesaplamaları

t:180s	Arsan köprülÜ kavşağı						
YIL	Araç sınıfları	Yogt	Yıllık	Yakıt sarfiyatı)lt	Fiyat tı	Toplam sarfiyat (tı)	Toplam sarfiyat (\$)
2020	OKS	11101	4051865	202593,3	1454620	□1.743.386,27	\$ 254.508,95
	AAS	1421	518665	44086,53	288766,7	6,85	
	TAS	12522	4570530				
2021	OKS	13048	4762520	238126	2907518	□3.640.509,22	\$ 418.449,34
	AAS	2067	754455	64128,68	732990,8	8,7	
	TAS	15115	5516975				
2022	OKS	12864	4695360	234768	4512241	□5.897.105,75	\$ 353.331,68
	AAS	1929	704085	59847,23	1384865	16,69	
	TAS	14793	5399445				
2023	OKS	14255	5203075	260153,8	9227654	□12.220.123,35	\$ 462.883,46
	AAS	2470	901550	76631,75	2992470	26,04	
	TAS	16725	6104625				
TOPLAM						□23.501.182,87	\$ 1.489.173,42

Araştırma bulgularına göre KöprülÜ kavşak yapılmadan önce 180 saniye olan gecikme süresi, köprülÜ kavşağın yapılmasının ardından 15 saniyeye düşmüştür. Bu değişim, kavşağın verimliliğinin arttığını ve trafik akışının daha düzenli bir hale geldiğini göstermektedir.

Ayrıca, yıllık ortalama günlük trafik (YOGT) değerleri kullanılarak yapılan yakıt sarfiyatı hesaplamaları da bu iyileştirmeyi doğrular niteliktedir. KöprülÜ kavşak yapılmadan önceki dönemde yıllık yakıt sarfiyatı ve buna bağlı maliyetler oldukça yüksekken, kavşağın inşasından sonra bu maliyetlerde ciddi bir azalma sağlanmıştır. Örneğin, 2020 yılında köprülÜ kavşak yapılmadan önce yıllık yakıt sarfiyatı 1.45 milyon TL (212.090 \$) iken, kavşak yapıldıktan sonra bu değer 145.282 TL (21.209 \$) olarak hesaplanmıştır.

Sonuç olarak, Arsan KöprülÜ Kavşağı'nın inşası:

- Trafik Akışını İyileştirmiş,
- Gecikme Sürelerini Azaltmış,
- Yakıt Sarfiyatında ve Maliyetlerde Kayda Değer Azalmalar Sağlamıştır.

Bu veriler, kavşak tasarımının hem ekonomik hem de çevresel faydalar sağladığını açıkça ortaya koymaktadır. Gelecekte benzer projelerde de benzer uygulamalar ile trafik akışını iyileştirme ve maliyetleri düşürme hedeflenebilir.

Arsan köprülü kav a ı yapıldıktan sonra yakıt sarfiyatını aşağıdaki tablodaki gibi buluruz.

Tablo 4.5. Arsan köprülü kav a ının yapıldıktan sonraki yakıt sarfiyatı hesaplamaları

t:15s	Arsan köprülü kav�a�ı					
Yıl	Yogt	Yıllık*365	Yakıt sarfiyatı)lt	Fiyat t�	Toplam sarfiyat (tl)	Toplam sarfiyat (\$)
2020	Oks	11101	4051865	16882,77	121218,3	�145.282,19
	Aas	1421	518665	3673,877	24063,89	6,85
	Tas	12522	4570530			Usd
2021	Oks	13048	4762520	19843,83	242293,2	�303.375,77
	Aas	2067	754455	5344,056	61082,56	8,7
	TAS	15115	5516975			
2022	OKS	12864	4695360	19564	376020,1	�491.425,48
	AAS	1929	704085	4987,269	115405,4	16,69
	TAS	14793	5399445			
2023	OKS	15023	5483395	22847,48	810400,1	�1.025.849,84
	AAS	2134	778910	5517,279	215449,8	26,04
	TAS	17157	6262305			
TOPLAM					�1.965.991,55	\$ 124.919,32

A a ıda Arsan köprülü kav a ının öncesi ve sonrası karşılaştırması verilmiştir.

Tablo 4.6. Arsan Köprülü Kav a ının Yapılmadan  nceki ve Sonraki Yakıt Sarfiyatı Karşılaştırılması

Yıl	Köprülü kavşak önce ve sonrası enerji sarfiyatı			
	Yokken (tl)	Yokken (usd)	Varken (tl)	Varken
2020	�1.452.821,89	\$ 212.090,79	�145.282,19	\$ 21.209,08
2021	�3.033.757,68	\$ 348.707,78	�303.375,77	\$ 34.870,78
2022	�4.914.254,79	\$ 294.443,07	�491.425,48	\$ 29.444,31
2023	�10.183.436,13	\$ 385.736,22	�1.025.849,84	\$ 39.395,16

Arsan Köprülü Kav a ı'nın in asından sonra yapılan analizler, trafik akışının iyile tirilmesiyle birlikte yakıt sarfiyatında ciddi azalmalar sağlandığını göstermektedir. 2020-2023 yılları arasındaki verilere göre, köprülü kav a ın in asıyla yıllık yakıt sarfiyatı 1.965.991,55 TL'ye (124.919,32 \$) d  m  t r. Bu, köprülü kavşak yapılmadan önceki dönemle karşılaştırıldığında önemli bir maliyet tasarrufuna işaret etmektedir.

- 2020 yılında, köprülü kavşak sonrası yakıt sarfiyatı TL bazında 145.282,19 TL (21.209,08 \$) olarak hesaplanmıştır. Bu, kavşak yapılmadan  nceki 1.452.821,89 TL (212.090,79 \$) değerine kıyasla %90'nın üzerinde bir tasarruf sağlamıştır.
- 2021-2023 yıllarında da yıllık yakıt sarfiyatlarının aynı oranda d  t    ve toplam maliyetlerin TL ve dolar bazında önemli ölçüde azaldığı görülmektedir.

Bu iyileşme, kavşağın altından ve üstünden sağlanan toplam 5 şeritli trafik akışı ile gecikme sürelerinin 180 saniyeden 15 saniyeye düşürülmesi sayesinde mümkün olmuştur. Daha az bekleme süresi ve daha düzenli bir trafik akışı, yakıt tüketiminin azalmasına ve dolayısıyla ekonomik faydaların yanı sıra çevresel etkilerin de iyileştirilmesine olanak tanımıştır.

Sonuç olarak, Arsan Köprülü Kavşağı'nın yapılması, trafik verimliliğini artırarak hem bireysel hem de toplumsal düzeyde büyük faydalar sağlamıştır. Bu tür projelerin, şehir içi trafiği düzenlemede ve enerji tasarrufu sağlamada etkili olduğu açıkça görülmektedir.

Yapılan analiz ve hesaplamalar ışığında, Arsan Köprülü Kavşağı'nın inşa edilmeden önceki ve sonraki yakıt sarfiyatları arasındaki farklar belirgin bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Kavşağın inşasından önce, 2020 yılında yıllık yakıt sarfiyatı TL cinsinden 1.45 milyon , dolar cinsinden ise 212.090 \$ olarak hesaplanırken, köprülü kavşağın yapılmasının ardından bu değerlerde ciddi bir azalma gözlemlenmiştir. 2020 yılında köprülü kavşağın yapıldığı durumda, yıllık yakıt sarfiyatı TL cinsinden yalnızca 145.282 'ye düşmüş, dolar cinsinden ise 21.209 \$'a gerilemiştir.

Bu durum, kavşağın inşa edilmesinin trafik akışını büyük ölçüde iyileştirdiğini ve araçların daha verimli bir şekilde seyrettiğini göstermektedir. Trafik yoğunluğunun azaltılması ve gecikme sürelerinin kısılması, yakıt sarfiyatını doğrudan etkilemiş ve toplam maliyetlerde kayda değer bir azalma sağlanmıştır. Özellikle, köprülü kavşağın yapıldığı 2021-2023 yıllarında, yakıt sarfiyatı TL bazında yaklaşık 1.96 milyon ₺'ye, dolar bazında ise 124.919 \$'a düşmüştür.

Kavşağın yapımının trafik akışını hızlandırarak, araçların dur-kalk yapma süresini önemli ölçüde azalttığı görülmektedir. Bu değişiklik, yıllık toplam yakıt sarfiyatının daha düşük bir seviyeye inmesine neden olmuş ve bunun sonucunda çevresel etkilerle birlikte ekonomik tasarruflar elde edilmiştir. Ayrıca, kavşağın yapılmasından önceki yıllarda görülen 180 saniye olan gecikme süresi, sonrasında 15 saniyeye kadar düşmüştür. Bu da kavşağın verimliliğini bir kez daha pekiştiren bir bulgudur.

Aşağıda yıllara göre Arsan köprülÜ kavşağındaki meydana gelen kaza sayıları verilmiştir.

Tablo 4.7. Arsan köprülÜ kavşağıının yıllara göre kaza istatistiğı (Kaynak: Kahramanmaraş trafik şube verileri)

Arsan KöprülÜ Kavşağıının Yıllara Göre Kaza İstatistiğı								
Yıllar	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Oluşan Kaza sayıları	7	11	7	11	5	0	2	6
Geçen araç sayıları	11795	12777	13400	13850	12522	15115	14793	16725

Yukarıdaki tabloda Kahramanmaraş Trafik Denetleme Şube Müdürlüğünden alınan bilgilere göre Arsan köprülÜ kavşağıının yıllara göre kaza istatistiğı verilmiştir. Yıllar itibariyle kavşaktan geçen araç sayılarında artma söz konusudur. Buna rağmen kaza sayılarında azalma olduğu gözlenmektedir. Mesela 2016 yılında 11795 araç kavşaktan geçmiş ve 7 adet kaza olmuştur. 2023 yılında ise 16725 araç kavşağı kullanmasına rağmen 6 adet kaza olmuştur. Buradan köprülÜ kavşakların kazaları azaltmada olumlu sonuçlarının olduğu ve bu sayede maddi kayıpların azaltması noktasında faydalı olduğu anlaşılmaktadır.

Toplamda, kavşak yapılmadan önceki yıllarda gerçekleşen toplam yakıt sarfıyatı 23.5 milyon TL iken, kavşağıın yapılmasının ardından bu değer yalnızca 1.97 milyon TL'ye düşmüştür. Bu, köprülÜ kavşağıın sağladığı tasarrufların ne kadar büyük olduğunu gösteren önemli bir göstergedir. Sonuç olarak, Arsan KöprülÜ Kavşağıının inşası, trafik akışını düzenleyerek hem ekonomik hem de çevresel açıdan önemli faydalar sağlamıştır.

4.3. Ağcalı Işıklı Kavşağıına İlişkin Bulgular

Ağcalı Kavşağı'nın trafik verileri incelendiğinde, özellikle sabah işe gidiş ve akşam işten dönüş saatlerinde yoğun bir trafik akışı olduğu dikkat çekmektedir. Sabah saatlerinde 07:00 ile 09:00 arasında ve akşam saatlerinde 16:00 ile 19:00 arasında trafik belirgin bir şekilde artmaktadır. Özellikle sabah 08:00'de 4.024 araç ile en yüksek saatlik geçiş sayısına ulaşılmıştır. Akşam saatlerinde ise 17:00 ve 18:00'de sırasıyla 4.455 ve 4.544 araç geçişi gerçekleşerek trafik yükünün bu saatlerde yoğunlaştığını göstermektedir. Tablo 3.6 ve tablo 3.11 arası tablolarda ağcalı kavşağıyla ilgili bilgiler verilmiştir.

4.3.1 Ağcalı ışıklı kavşağının günün farklı saatlerinde farklı ışıklandırma durumunda elde edilen bulgular

Kavşağa her bir yönden katılım sağlayan araçlar için aylık ve saatlik ve haftalık veriler elde edilmiştir.

Tablo 4.8. Ağcalı yolu iniş istikametine doğru günlük ve aylık geçiş tablosu

Günler		Araç sayıları		Günler		Araç sayıları
1.05.2024	Çarşamba	8119		17.05.2024	Cuma	10254
2.05.2024	Perşembe	9254		18.05.2024	Cumartesi	9470
3.05.2024	Cuma	9856		19.05.2024	Pazar	6704
4.05.2024	Cumartesi	8787		20.05.2024	Pazartesi	7218
5.05.2024	Pazar	5756		21.05.2024	Salı	6883
6.05.2024	Pazartesi	9212		22.05.2024	Çarşamba	7711
7.05.2024	Salı	9241		23.05.2024	Perşembe	8656
8.05.2024	Çarşamba	9534		24.05.2024	Cuma	9569
9.05.2024	Perşembe	9402		25.05.2024	Cumartesi	8494
10.05.2024	Cuma	9984		26.05.2024	Pazar	6673
11.05.2024	Cumartesi	8509		27.05.2024	Pazartesi	9121
12.05.2024	Pazar	6760		28.05.2024	Salı	9408
13.05.2024	Pazartesi	9357		29.05.2024	Çarşamba	9328
14.05.2024	Salı	9218		30.05.2024	Perşembe	9583
15.05.2024	Çarşamba	9651		31.05.2024	Cuma	9996
16.05.2024	Perşembe	9616		Toplam		271324

Yukarıda ki tablo incelendiğinde cumartesi pazar hariç diğer günler yoğun bir trafik olduğu görülüyor. En yoğun gün ise haftanın son iş günü olan Cuma günüdür.

Aşağıdaki tabloda yukarıda bahsettiğimiz 5 farklı durum için bir haftalık ve 24 saatlik araç sayıları verilmiştir. Ağcalı ışıklı kavşağının 06.05.2024-12.05.2024 arası bir haftalık günlük ve saatlik geçen araçların sayıları liste halinde verilmiştir. 1. Sütunda 5 farklı saat aralığı durumunu, 2. Sütunda saat aralıklarını, 3-9 sütunları bir haftalık geçişleri verilmiştir. 10. Sütunda ise bunların toplamaları verilmiştir. Tablo 4.8 Ağcalı yolu iniş istikametine doğru saatlik olarak haftalık geçiş sayıları ve toplamı verilmiştir.

Aşağıdaki tabloda ise tablo 3.8. verilerine ek olarak 11. Sütunda tas, oks ve aas araç sayılarını ayırımı verilmiştir. 12. Sütunda araç bekleme sürelerini, 13. Sütunda ise tablo 4.9 ve denklem 4.9 kullanılarak yakıt sarfiyatını OKS, AAS toplamının ayrı ayrı olarak litresel bazda hesabı yapılmıştır. 14. Sütunda yakıt sarfiyatının haftalık değeri verilmiştir. 15. ve son sütunda ise yıllık parasal değeri verilmiştir.

Tablo 4.9. Ağcalı yolu iniş istikametine doğru saatlik ve haftalık geçen araçları yakıt sarfiyatı hesabı

Ağcalı yolu iniş yönüne doğru hesaplamalar

Farklı zaman aralığı durumu	Saat	6.05.2024	7.05.2024	8.05.2024	9.05.2024	10.05.2024	11.05.2024	12.05.2024	Toplam	Araç toplam ları (Tas-Oks-Aas)	Bekleme süresi toplamı (s)	Yakıt sarfiyatı (lt) (Oks-Aas)	Haftalık yakıt sarfiyatı (tl)	Yıllık yakıt sarfiyatı (tl)
1. durum	00:00	98	92	85	90	101	121	121	708				78308,853	4072060
	01:00	47	35	30	32	45	64	88	341		8	3,33		
	02:00	17	25	14	21	23	31	37	168	2005		1,91		
	03:00	15	12	10	7	21	28	19	112	OKS: 1500				
	04:00	28	22	25	30	35	26	25	191	AAS: 505				
	05:00	84	64	70	86	72	66	43	485					
2. durum	06:00	226	248	249	241	250	188	81	1483	14069		217,77		
	07:00	1112	999	1107	1076	1007	561	227	6089	9380	83,58	185,07		
	08:00	1117	1093	1119	1156	1084	702	226	6497	4689				
3. durum	09:00	670	601	644	620	696	538	339	4108		85,58	457,50		
	10:00	531	515	517	479	511	487	362	3402			238,44		
	11:00	483	447	512	453	517	483	491	3386					
	12:00	514	501	513	508	415	505	483	3439	25145				
	13:00	488	507	475	495	574	565	590	3694	19245				
	14:00	483	501	511	446	570	527	547	3585	5900				
	15:00	528	515	564	450	516	462	496	3531					
4. durum	16:00	507	539	570	490	524	441	441	3512		95,58	223,37		
	17:00	478	568	501	544	660	485	388	3624	12913		203,11		
	18:00	388	438	465	482	482	482	320	3057	8413				
	19:00	336	386	368	449	446	416	319	2720	4500				
5. durum	20:00	346	391	418	431	506	433	355	2880	8510	83,58	152,30		
	21:00	279	314	311	300	361	317	309	2191	6560		76,96		
	22:00	239	263	245	306	334	326	273	1986	1950				
	23:00	198	165	211	210	234	255	180	1453					
Toplam		9212	9241	9534	9402	9984	8509	6760	62642			1.759,75	78308,853	4072060

Yukarıdaki tabloya göre haftalık toplamda, Ağcalı iniş yönünden geçen araç sayısı

62.642'dir. Bu, oldukça yüksek bir trafik hacmini işaret eder. Özellikle hafta içi ve hafta sonu arasındaki trafik yoğunluğunun farklılaştığını görmek mümkündür. Cuma günü 9.984 araç ile en yoğun gün olmuştur. Ardından Çarşamba (9.534) ve Salı (9.241) gelmektedir. Bu durum, haftanın ortası ve sonuna doğru trafiğin arttığını göstermektedir. Pazar günü 6.760 araç ile en az yoğun gün olarak dikkat çekmektedir. Cumartesi günü de 8.509 araçla nispeten daha az yoğun bir gün olmuştur. Hafta sonu, hafta içine göre daha düşük bir trafik hacmi yaşanmaktadır. Sabah saatleri özellikle 7:00-9:00 arası, çok yoğun bir trafik gözlemlenmektedir. Örneğin, 7:00-8:00 saat diliminde Pazartesi günü 1.112, Salı günü 999, ve Çarşamba günü 1.107 araç geçmiştir. Bu saatler genellikle iş başlangıç saatleri olup, işe gitme trafiği nedeniyle yoğunlaşmıştır. Gece yarısı (0:00-6:00) trafik yoğunluğu oldukça düşüktür. Özellikle 2:00-4:00 arası, en az yoğun saatlerdir. Örneğin, Pazartesi günü 3:00'te yalnızca 15 araç geçmiştir.

Ağcalı iniş yönü trafiği, özellikle sabah ve akşam saatlerinde yoğunlaşmaktadır. Hafta içi günlerinde trafik yoğunluğu hafta sonuna göre belirgin şekilde daha yüksektir. Trafik yönetimi açısından, sabah ve akşam zirve saatlerinde oluşan bu yoğunlukları hafifletmek amacıyla alınabilecek önlemler (örneğin alternatif güzergahlar, toplu taşıma seçeneklerinin artırılması) incelenebilir. Ayrıca hafta sonu trafiğinde yaşanan farklılıklar, şehir içi ulaşım planlamasında dikkate alınmalıdır. Aşağıdaki tabloda gösterilen veriler de bu bulguları destekler niteliktedir.

Yukarıdaki tabloya göre, en fazla yoğunluğun gün içinde 07-09 saatleri arasında olduğu görülmektedir. Gün olarak ta en fazla geçiş olduğu gün Pazartesi ile cuma günü olduğu görülmektedir. Bir aylık araç geçişlerinde görüldüğü gibi her haftanın Pazartesi ve Cuma günlerinde daha fazla geçiş olduğu görülmüyor.

Yukarıdaki tabloda da görülmüyor ki gün olarak da en fazla Cuma günü Ağcalı kavşağının binevlerden Kayseri yoluna iniş yönünde yoğun olduğu görülmüyor. Bir ayda elde ettiğimiz verilerde haftanın her Cuma gününün yoğun olduğu görülmektedir. Cuma günü ve diğer günlerde de saat 07:00-09:00 arası araç geçişleri daha fazladır.

Tablo 4.10. Ağcalı yolu çıkış istikametine doğru günlük ve aylık geçiş tablosu

Gün		Araç sayısı	Gün		Araç sayısı
1	Çarşamba	11618	16	Çarşamba	12465
2	Perşembe	12348	17	Perşembe	12835
3	Cuma	13148	18	Cuma	12157

Tablo 4.10. (Devam) Ağcalı yolu çıkış istikametine doğru günlük ve aylık geçiş tablosu

4	Cumartesi	12050	19	Cumartesi	9881
5	Pazar	9519	20	Pazar	13098
6	Pazartesi	13247	21	Pazartesi	12417
7	Salı	12318	22	Salı	12386
8	Çarşamba	12031	23	Çarşamba	12695
9	Perşembe	13050	24	Perşembe	14110
10	Cuma	13572	25	Cuma	12161
11	Cumartesi	12552	26	Cumartesi	9790
12	Pazar	10426	27	Pazar	13393
13	Pazartesi	13269	28	Pazartesi	12155
14	Salı	12418	29	Salı	11842
15	Çarşamba	13175	30	Çarşamba	11883
			31	Perşembe	12410
				Toplam	380419

Ağcalı Kavşağı çıkışındaki araç geçişlerinin aylık bazda incelendiği yukarıdaki tabloda, her gün farklı yoğunluklar gözlemlenmektedir. Hafta içi günlerde (Pazartesi-Cuma), trafik genellikle daha yoğundur. Özellikle Pazartesi, Çarşamba ve Cuma günleri en yoğun günler arasında yer alıyor. Hafta sonu araç trafiği genellikle hafta içi kadar yoğun değildir. Ancak ilginç bir şekilde bazı hafta sonlarında, özellikle ****Pazar**** günlerinde yüksek bir trafik gözlemlenmiştir. Yine Ağcalı Kavşağı'ndan geçen toplam araç sayısı 380.419 olarak verilmiştir. Bu rakam, kavşağın stratejik önemi ve yüksek kullanım oranını yansıtmaktadır. Genel olarak hafta içi günleri, özellikle iş günlerinin başlangıç ve bitişlerinde (Pazartesi ve Cuma), trafik en yüksek seviyede. Ancak hafta sonlarında beklenenden daha fazla araç geçişi görülen Pazar günleri de dikkat çekicidir. Aşağıdaki tabloda da benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Aşağıdaki tablo, 6-12 Mayıs 2024 tarihleri arasında Ağcalı Kavşağı'ndan Oruç Reis Mahallesi'ne yapılan araç geçişlerini saatlik bazda göstermektedir. Toplamda yedi gün boyunca gerçekleşen 56.756 geçiş, zaman dilimlerine göre incelendiğinde, sabah ve akşam saatlerinde belirgin bir yoğunluk yaşandığını ortaya koymaktadır.

Tablo 3.9'da ağcalı yolu çıkış istikametine doğru saatlik olarak haftalık geçiş sayıları ve toplamı verilmiştir.

Tablo 4.11. Ağcalı yolu çıkış İstikametine Doğru Saatlik ve Haftalık Geçen Araçları yakıt Sarfiyatı Hesaplamaları

Ağcalı çıkış hesaplamaları

Ağcalı yolu çıkış yönüne doğru hesaplamalar

Farklı zaman aralığı	Saat	6.05.2024	7.05.2024	8.05.2024	9.05.2024	10.05.2024	11.05.2024	12.05.2024		Araç toplamı (tas-oks-aas)	Bekleme süresi toplamı (s)	Yakıt sarfiyatı (L) (oks-aas)	Haftalık yakıt sarfiyatı (tl)	Yıllık yakıt sarfiyatı (tl)
		Pazar	Salı	Çarş.	Perş	Cuma	Cts	Pazar	Toplam					
1. durum	00:00	227	248	202	246	231	283	334	1771				11338,1	5895974
	01:00	87	68	63	64	76	118	139	615		9	6,71		
	02:00	36	46	31	40	27	64	57	301	3353		2,85		
	03:00	20	19	23	26	28	39	40	195	2682				
	04:00	31	34	20	44	26	28	28	211	671				
	05:00	36	33	35	43	35	37	41	260					
2. durum	06:00	150	124	135	111	117	113	61	811	7349		143,68		
	07:00	473	461	418	434	455	306	126	2673	4899	105,58	122,15		
	08:00	651	611	612	537	598	448	408	3865	2450				
3. durum	09:00	521	447	483	494	587	449	260	3241		85,58	542,48		
	10:00	596	556	503	467	579	450	271	3422			307,38		
	11:00	648	608	598	560	603	537	393	3947					
	12:00	687	668	622	622	596	990	414	4599	30426				
	13:00	713	563	603	647	646	773	628	4573	22820				
	14:00	812	671	673	760	753	813	674	5156	7606				
	15:00	808	720	644	764	900	938	714	5488					
4. durum	16:00	1129	992	921	1073	1088	1054	836	7093		85,58	507,87		
	17:00	1524	1430	1378	1404	1371	1061	1029	9197	32048		431,77		
	18:00	1438	1430	1336	1453	1424	1079	1012	9172	21364				
	19:00	828	942	961	983	1058	948	866	6586	10684				

Tablo 4.11. (Devam) Ağcalı yolu çıkış İstikametine Doğru Saatlik ve Haftalık Geçen Araçları yakıt Sarfıyatı Hesaplamaları

5. durum	20:00	614	606	704	767	773	637	629	4730	1401 8	105,5 8	308,32		
	21:00	532	428	455	599	595	508	610	3727	1051 3		174,75		
	22:00	406	345	384	559	629	528	566	3417	3505				
	23:00	280	268	227	353	377	349	290	2144					
Toplam	Topla m	1324 7	1231 8	1203 1	1305 0	1357 2	1255 0	1042 6	8719 4			2.547,9 6	113384 ,1	589597 4

Yukarıdaki tabloya göre haftalık toplam araç geçiş sayısı 87.194'tür. Bu sayı, Ağcalı Kavşağı'nın önemli bir trafik akışına ev sahipliği yaptığını göstermektedir. Araç sayıları, hafta içinde belirli günlerde daha yoğun olup hafta sonları bir miktar azalma göstermektedir. Özellikle sabah ve akşam saatlerinde, 07:00-09:00 ve 16:00-18:00 arası trafik zirve yapmaktadır. Örneğin, 17:00-18:00 saat dilimlerinde araç geçişleri çok yüksek seviyelere çıkmıştır. Bu dilimde 6.05.2024 tarihinde 1.524 araç geçmiştir. Diğer günlerde de benzer şekilde yoğunluk gözlenmiştir (örneğin 7.05.2024'te 1.430 araç). Sabah saatlerinde (07:00-09:00), işe gidiş saatleri olduğu için trafik yoğunluğunun arttığını görmekteyiz. Özellikle 08:00 civarında araç sayıları önemli ölçüde yüksektir (örneğin 6.05.2024'te 651 araç geçmiştir). Gece saatlerinde trafik yoğunluğu düşüktür. Özellikle gece yarısı ile sabahın erken saatleri arasında (00:00-06:00) araç geçişleri oldukça azdır. Örneğin, 02:00 civarında araç sayıları genellikle 20-40 arasında kalmıştır (örneğin 6.05.2024'te 36 araç geçmiştir). Haftanın en yoğun günü 10.05.2024'tür. Bu gün, toplamda 13.572 araç geçişi ile diğer günlere kıyasla en yüksek trafik hacmine sahiptir. 09.05.2024 ve 06.05.2024 de oldukça yoğun günlerdir (sırasıyla 13.050 ve 13.247 araç). Hafta sonu, özellikle 12.05.2024 (Pazar) günü, haftanın en düşük trafik hacmine sahip günü olmuştur. Bugünde toplam 10.426 araç geçmiştir. Hafta içi iş trafiği ile kıyaslandığında bu düşüş dikkat çekicidir. Sabah 07:00-09:00 aralığında tüm günlerde yoğun bir trafik söz konusu olmuştur. Bu zaman dilimi, iş ve okul trafiğinin zirve yaptığı saatlerdir. Örneğin, 6.05.2024'te sabah 08:00'de 651 araç geçmiştir. Akşam saatlerinde, özellikle 16:00-18:00 aralığında trafik yoğunluğu belirgin şekilde artmaktadır. Bu saatler, iş çıkışı trafiği nedeniyle yüksek araç geçişlerine tanıklık etmektedir. 17:00-18:00 dilimi, en yoğun saat olarak öne çıkmaktadır (örneğin 6.05.2024 tarihinde 1.524 araç geçişi olmuştur).

Sonuç olarak Ağcalı Kavşağı, sabah ve akşam saatlerinde yoğun trafik akışına sahiptir. Özellikle iş saatlerinin başlangıcı ve bitişinde araç geçişleri zirve yapmaktadır. Bu veriler, trafik yönetimi ve planlaması için dikkate alınması gereken önemli noktaları ortaya koymaktadır. Yoğun saatlerde trafik sıkışıklığını azaltmak için alternatif yolların teşvik edilmesi veya toplu taşıma imkanlarının artırılması veya kavşağı köprülülük kavşak olarak dizayn etmek gibi çözümler düşünülebilir. Aşağıdaki tabloda sunulan veriler de bunu desteklemektedir.

Tablo 4.12. *Oruç Reis Mahallesi giriş istikametine doğru günlük ve aylık geçiş tablosu*

Gün		Araç sayıları	Gün		Araç sayıları
1	Çarşamba	7510	16	Perşembe	7517
2	Perşembe	7305	17	Cuma	7535
3	Cuma	7900	18	Cumartesi	7341
4	Cumartesi	8015	19	Pazar	7461
5	Pazar	7925	20	Pazartesi	7603
6	Pazartesi	8769	21	Salı	6961
7	Salı	7786	22	Çarşamba	6878
8	Çarşamba	6996	23	Perşembe	7049
9	Perşembe	8887	24	Cuma	8072
10	Cuma	8559	25	Cumartesi	7404
11	Cumartesi	8330	26	Pazar	7234
12	Pazar	7429	27	Pazartesi	8001
13	Pazartesi	8355	28	Salı	7109
14	Salı	7473	29	Çarşamba	7448
15	Çarşamba	7691	30	Perşembe	6192
			31	Cuma	6185
				Toplam	234920

Tablo 3.10 ‘da Oruç Reis Mahallesinden çıkış istikametine doğru saatlik olarak haftalık geçiş sayıları ve toplamı verilmişti.

Tablo 4.13. *Oruç Reis Mahallesi giriş istikametine doğru saatlik ve haftalık geçen araçların yakıt sarfiyatı hesabı*

Oruç Reis Mah. Giriş yönüne doğru hesaplamalar

Farklı zaman aralıkları	Saat	6.05.2024	7.05.2024	8.05.2024	9.05.2024	10.05.2024	11.05.2024	12.05.2024	Toplam	Araç toplamı (tas-oks-aas)	Bekleme süresi toplamı (s)	Yakıt sarfiyatı (lt) (oks-aas)	Haftalık yakıt sarfiyatı (tl)	Yıllık yakıt sarfiyatı (tl)
		Pazar	Salı	Çarş.	Perş	Cuma	Cts	Pazar						

1. durum	00:00	189	194	215	246	226	261	287	1618				76225,99	3963751
	01:00	49	55	64	56	55	92	108	479		7	4,57		
	02:00	30	32	41	25	35	47	63	273	2938		1,94		
	03:00	14	16	17	12	16	17	29	121	2351				
	04:00	22	27	19	23	22	29	27	169	587				
	05:00	36	41	38	43	37	45	38	278					
2 durum	06:00	162	147	147	165	153	134	78	986	8322	103,58	159,63		
	07:00	598	589	470	599	547	348	161	3312	5548		135,68		
	08:00	735	657	607	714	703	361	247	4024	2774				
3. durum	09:00	498	451	371	396	381	266	191	2554		85,58	332,91		
	10:00	484	430	268	409	380	327	245	2543			188,65		
	11:00	527	307	248	440	429	411	320	2682					
	12:00	536	370	301	440	309	432	331	2719	18672				
	13:00	418	315	292	368	347	391	367	2498	14004				
	14:00	393	340	308	414	415	516	401	2787	4668				
	15:00	418	336	328	451	418	483	455	2889					
4. durum	16:00	583	414	362	670	539	640	497	3705		95,58	287,86		
	17:00	781	578	459	790	696	572	579	4455	16263		244,68		
	18:00	777	540	579	715	731	616	586	4544	10842				
	19:00	450	447	416	483	513	604	646	3559	5421				
5. durum	20:00	311	498	479	448	514	516	508	3274	10561	103,58	227,90		
	21:00	308	392	366	353	380	390	505	2694	7921		129,13		
	22:00	218	333	323	346	413	422	470	2525	2640				
	23:00	232	277	278	281	300	410	290	2068					
Toplam		8769	7786	6996	8887	8559	8330	7429	56756			1.712,94	76225,99	3963751

82

17:00 ve 18:00 saatleri arası 4455 ve 4544 araç geçiş sayıları diğer zamanlara göre dikkat çekici şekilde yüksektir). Gece yarısından sonra geçişler azalmakta ve sabah saatlerine kadar düşük seviyelerde devam etmektedir. Ancak sabah 06:00'dan itibaren geçiş sayılarında artış gözlemlenmektedir.

Yukarıdaki tablo, iş günü yoğunluklarının özellikle sabah işe gidiş ve akşam işten dönüş saatlerinde zirveye ulaştığını göstermektedir. Bu saatler, trafik sıkışıklığının daha fazla olabileceği kritik saatler olarak değerlendirilebilir. Hafta sonları ise araç trafiğinde nispeten bir azalma olmasına rağmen akşam saatlerinde bu yoğunluk tekrar artış göstermektedir. Bu tür veriler, trafik yönetimi ve yol planlaması açısından önemli bilgiler sunar. Özellikle sabah ve akşam saatlerinde oluşan yoğunluklar göz önünde bulundurularak kavşak düzenlemeleri veya trafik ışıklarının süresi optimize edilebilir.

Aşağıdaki tablo, Ağcalı Kavşağı'ndan Oruç Reis Mahallesi'ne aylık araç geçişlerini gün bazında göstermektedir.

Aşağıdaki tablo, Ağcalı Kavşağı'ndan Oruç Reis Mahallesi'ne günlük ve aylık çıkış geçişlerini göstermektedir. Toplamda 287.080 araç geçişi kaydedilmiştir.

Tablo 4.14. Oruç Reis Mahallesinden çıkış istikametine doğru günlük ve aylık geçiş tablosu

	Gün	Araç sayıları		Gün	Araç sayıları
1	Çarşamba	8994	16	Perşembe	8802
2	Perşembe	9165	17	Cuma	10049
3	Cuma	10084	18	Cumartesi	10092
4	Cumartesi	9990	19	Pazar	8996
5	Pazar	8125	20	Pazartesi	9598
6	Pazartesi	9603	21	Salı	9265
7	Salı	9454	22	Çarşamba	9535
8	Çarşamba	9312	23	Perşembe	9258
9	Perşembe	9058	24	Cuma	9896
10	Cuma	9612	25	Cumartesi	10220
11	Cumartesi	10067	26	Pazar	9292
12	Pazar	9108	27	Pazartesi	9535
13	Pazartesi	9286	28	Salı	7548
14	Salı	9268	29	Çarşamba	7716
15	Çarşamba	9712	30	Perşembe	7694
			31	Cuma	8746
				Toplam	287080

Yukarıdaki tabloya göre 25. gündür (en yüksek geçişe sahip: 10.220 araç). En düşük günler 28. gün ve 29. gün en düşük geçişlere sahiptir (sırasıyla 7.548 ve 7.716 araç). Hafta içi günlerde, özellikle Cuma (10.084 araç) ve Cumartesi (9.990 araç) günlerinde trafik yoğunluğu yüksektir. Hafta içi ve özellikle iş çıkışı saatlerinde araç geçişleri artış göstermektedir. Hafta sonlarında, özellikle Cumartesi (10.220 araç) ve Pazar (9.996 araç) günlerinde yüksek geçiş sayıları gözlemlenmektedir. Bu durum, hafta sonu etkinlikleri ve alışverişin trafik yoğunluğunu artırabileceğini gösterir. Çarşamba (15.05.2024) ve Perşembe (16.05.2024) günlerinde araç geçişleri yüksektir (sırasıyla 9.712 ve 8.802 araç). Hafta içi günlerde genellikle trafik yoğunluğu sabah ve akşam saatlerinde artar. Hafta sonlarında ise bu artış biraz daha düzensiz olabilir ancak genellikle gün içinde yoğun geçişler gözlemlenir.

Tablo 4.15. Oruç Reis Mahallesinden çıkış istikametine doğru saatlik ve haftalık geçen araçların yakıt sarfiyatı hesabı

Ağcalı kavşağı Oruç Reis Mahallesinden çıkış yönüne doğru hesaplamalar

Farklı zaman aralığı durumları	Saat	6.05.2024	7.05.2024	8.05.2024	9.05.2024	10.05.2024	11.05.2024	12.05.2024	Toplam	Araç toplamı (Tas-Oks-Aas)	Bekleme süresi toplamı (s)	Yakıt sarfiyatı (lt)(Oks-Aas)	Haftalık yakıt sarfiyatı (tl)	Yıllık yakıt sarfiyatı (tl)
1. durum	00:00	142	131	139	141	151	184	238	1126				90054,04	4682810
	01:00	52	55	46	48	56	75	103	435		7	3,98		
	02:00	21	27	28	34	21	35	53	219	2558		1,69		
	03:00	17	19	15	16	18	24	25	134	2046				
	04:00	28	24	21	25	23	25	25	171	512				
	05:00	47	69	69	55	69	61	103	473					
	06:00	215	225	219	218	187	220	204	1488	11107		213,03		
2. durum	07:00	864	863	909	932	891	791	438	5688	7404	103,58	181,12		
	08:00	583	649	548	609	657	466	419	3931	3703				
3. durum	09:00	437	440	412	422	413	424	493	3041		85,58	403,65		

Tablo 4.15. (Devam) Oruç Reis Mahallesinden çıkış istikametine doğru saatlik ve haftalık geçen araçların yakıt sarfıyatı hesabı

	10:00	472	408	486	336	430	365	478	2975		228,70			
	11:00	447	416	384	335	339	442	452	2815					
	12:00	571	505	414	411	384	415	469	3169	22639				
	13:00	498	463	395	444	443	501	551	3295	16980				
	14:00	568	482	420	414	469	496	575	3424	5659				
	15:00	569	541	534	493	521	665	597	3920					
4. durum	16:00	604	542	528	542	575	626	574	3991		95,58	327,73		
	17:00	704	731	835	683	742	694	598	4987	18517		278,62		
	18:00	690	748	719	708	814	804	598	5081	12344				
	19:00	568	604	649	644	716	737	540	4458	6173				
5. durum	20:00	495	545	580	518	555	681	519	3893	11393	103,58	245,86		
	21:00	380	347	385	401	440	493	400	2846	8545		139,30		
	22:00	344	313	293	338	354	432	407	2481	2848				
	23:00	287	307	284	291	344	411	249	2173					
Toplam		9603	9454	9312	9058	9612	10067	9108	66214			2023,69	90054,04	4682810

Bir haftalık toplamda kavlağa bu istikametten 66.214 araç geçişi kaydedilmiştir. Haftanın en yoğun genelde Pazartesidir. Toplam yakıt sarfıyatı yıllık olarak 4682810 tı olarak hesaplanmıştır.

Tabloya göre en yoğun gün 11. gün (en yüksek araç geçişine sahip: 10.067 araç), en düşük günler 9. gündür (en düşük geçişe sahip: 9.312 araç). En yoğun saatler 17:00 (5.587 araç) ve 18:00 (5.081 araç) saatlerinde en yüksek araç geçişleri gözlemlenmiştir. Bu saatler genellikle iş çıkış saatlerine denk gelir. En düşük saatler 02:00 (219 araç) ve 03:00 (134 araç) saatlerinde en düşük araç geçişleri gözlemlenmiştir. Bu saatler gece geç saatlerdir ve genellikle trafik yoğunluğu düşüktür. Hafta içi günlerde, özellikle pazartesi (6.05.2024) ve çarşamba (8.05.2024) günlerinde trafik yoğunluğu genellikle yüksek görünmektedir. İş günlerinde araç geçişleri daha yoğundur. Cumartesi (11.05.2024) ve Pazar (12.05.2024) günlerinde araç geçişlerinde artış gözlemlenmektedir. Hafta sonları genellikle alışveriş ve sosyal etkinlikler nedeniyle trafik artar. 06:00'da başlayan geçiş artışı, günün ilerleyen saatlerinde devam etmektedir. Sabah saatleri trafik yoğunluğunun arttığı saatlerdir. 16:00

ve 17:00 saatlerinde yüksek geçişler, iş çıkış saatlerini ve akşam yoğunluğunu yansıtmaktadır.

Yukarıdaki anlatılan ve tablolar halinde verilen Ağcalı ışıklı kavşağında ; kavşaktan ağcalı iniş-çıkış istikametlerine ve Oruç Reis mahallesi giriş-çıkış istikametlerine göre ayrı ayrı verilen tablolar birlikte tek tablo halinde verilmiştir.

Tablo 4.16. Ağcalı ışıklı kavşağının mevcut ışıklandırma sistemiyle yakıt sarfiyatı özeti

Klasik Ağcalı ışıklı kavşağı modeli geçen araç sayıları ve yakıt sarfiyatları									
Kavşağa katılım sağlayan yollar	Gün içindeki farklı durumlar (Saat aralıkları)					Her bir yöne günlük toplam geçiş	Toplam Yakıt Kaybı	Haftalık Kayıplar (tl)	Yıllık kayıplar (tl)
	1.durum	2.durum	3.durum	4.durum	5.durum				
	(00-06)	(06-09)	(09-16)	(16-20)	(20-00)				
Ağcalı çıkış ist.	3353	7349	30426	32048	14018	87194	2547,96	113.384,12	5.895.974,33
Ağcalı iniş ist.	2005	14069	25145	12913	8510	62642	1759,75	78.308,85	4.072.060,34
Oruç Reis mah. Giriş	2938	8322	18672	16263	10561	56756	1712,94	76.225,99	3.963.751,42
Oruç Reismah. çıkış	2558	11107	22639	18517	11393	66214	2023,69	90.054,04	4.682.810,23
Toplam	10854	40847	96882	79741	44482	272806	8044,34	357.973,01	18.614.596,32
Toplam	10854	40847	96882	79741	44482	272806	8044,34	357.973,01	18.614.596,32

Yukarıdaki tabloda ağcalı ışıklı kavşağına katılım sağlayan yollarından geçip kavşağı kullanan araçların gecikme sürelerine göre bazı hesaplamalar yapılmıştır. Yukarıdaki tabloda hepsinin özeti verilmiştir. Buradaki toplam yıllık yakıt sarfiyatını 18614596,32 tl'dir.

4.3.2. Ağcalı ışıklı kavşağının günün farklı saatlerinde sabit ışıklandırma durumu

Ağcalı ışıklı kavşağı yoğun bir kavşak olduğundan sabit ışıklı bir sistem uygulanması uygun bir sonuç vermez. Trafik yoğunluğu az olan kavşaklar için uygundur. Çünkü kavşağın bir araç depolama alanı vardır. Her bir yön için en fazla 2 ışıktaki kavşağı boşaltması gerekmektedir. Diğer türlü yoğun akımlı tarafın ışık sürelerine müdahale edilir veya bir trafik ekibinin müdahale yardımıyla kavşak rahatlatılır. Aksi takdirde kavşak içi trafik kazaları olduğunda kavşağına bağlanan tüm yolları tıkanmış olur. Burada belirtilen kırmızı ışık süreleri şu anda kavşağına uygun değildir. Kavşak yoğunluğun şuanaki olanla %50 daha az olması durumlarından kullanılır. Ama burada bir yine de kıyaslama adına bir hesap yapacağız. Kavşak çalışma sistemi karşılıklı akımlar çalıştırılarak

düşünülmüştür. Yani karşılıklı yönler aynı anda kırmızıya veya yeşile geçer. Ağcalı iniş-çıkışlar daha yoğun olduğundan kırmızı ışık 90,58sn dir. Diğer taraf az yoğun olduğundan 98,58 saniyedir.

Ağcalı kavşağını günün her saatinde aynın ışıklandırma sistemiyle çalışma uygulansaydı aşağıdaki tablo oluşurdu.

Tablo 4.17. Ağcalı ışıklı kavşağının sabit ışıklandırma sistemiyle yakıt sarfiyatı

Ağcalı Işıklı kavşağının sabit ışıklı olması durumunda									
Kavşağa katılım sağlayan yollar	Haftalık Kavşak tan eçen Tas sayıları	Farklı yönlere giden oks araçların toplamı	Farklı yönlere giden aas araçların toplamı	Kavşak bekletme süresi	Oks araçlarının yakıt sarfiyatları (lt)	Aas araçlarının yakıt sarfiyatları (lt)	Oks ve aas araçlarının yakıt sarfiyat toplamı (lt)	Aylık sarfiyat toplamı (tl)	Yıllık sarfiyat toplamı (tl)
Ağcalı çıkış ist.	87194	62278	24916	90,58	1566,98	1065,75	2632,74	117.156,84	19.798.192,01
Ağcalı iniş ist.	62642	45098	17544	90,58	1134,72	750,43	1885,14	83.888,77	
Oruç Reis mah. Giriş	56756	40666	16090	98,58	1113,57	749,02	1862,59	82.885,12	
Oruç Reis mah. çıkış	66214	47318	18896	98,58	1295,72	879,64	2175,36	96.803,74	
Toplam	272806	62278	24916		5110,99	3444,84	8555,83	380.734,46	19.798.192,01

Yukarıdaki tabloda karşılıklı yönler aynı ışıklı zamanlamasıyla çalıştığından haftalık tas,oks ve aas sayıları verildiğinden ayrı ayrı hesaplar yapılmıştır.8. sütunda tas araçların yakıt sarfiyatları verilmişti. Yıllık yakıt sarfiyatı 19798192,01 tl olarak bulunmuştur.

4.3.3. Ağcalı ışıklı kavşağının köprülül kavşak olması durumu

Meteryal ve metod bölümünde köprülül kavşak altı e üstündeki araçların kavşakta kaçır saniye kaybettiklerini belirtmiştik. O bilgilere göre aşağıdaki tablo oluşturulmuştur.

Tablo 4.18. Ağcalı ışıklı kavşağının köprülülük kavşak olması durumundaki yakıt sarfiyatları

Ağcalı Işıklı kavşağının köprülülük kavşak olması durumundaki hesaplamalar.									
Kavşağa katılım sağlayan yollar	Kavşak tan geçen taşıyıcıları	Farklı yönlerde giden oks araçların toplamı	Farklı yönlerde giden aas araçların toplamı	Kavşak bekletme süreleri	Oks araçlarının yakıt sarfiyatı (lt)	Aas araçlarının yakıt sarfiyatı (lt)	Oks ve aas araçlarının yakıt sarfiyatı toplamı (lt)	Haftalık sarfiyat toplamı (tl)	Yıllık sarfiyat toplamı (tl)
Ağcalı çıkış ist.	87194	62278	24916	4	69,20	47,06	116,26	5.173,63	1.883.425,66
Ağcalı giriş ist.	62642	45098	17544	4	50,11	33,14	83,25	3.704,52	
Oruç Reis mah. Giriş	56756	40666	16090	15	169,44	113,97	283,41	12.611,86	
Oruç Reis mah. çıkış	66214	47318	18896	15	197,16	133,85	331,01	14.729,72	
Toplam	272806	62278	24916		485,91	328,02	813,93	36.219,72	1.883.425,66

Köprülülük kavşak yapıldığında köprü altı 77km hızla ile 4s geçerken köprü üzeri 15s geçtiğinden hesaplama yapıldığında;

TAS sarfiyatı 813,93 litredir. Yakıtın bugünkü parasal değeri 1.883.425,66 tl dir.

Aşağıda ağcalı kavşağına ait sabit ışıklı, günün belli saatlerinde değişken durumlu ve köprülülük kavşak durumlarındaki yakıt sarfiyatları hesabı bir tablo halinde verilmiştir.

Tablo 4.19. Ağcalı ışıklı kavşağının üç farklı kavşak durumlarının yakıt sarfiyatı karşılaştırması

Yıllık karşılaştırma tablosu			
	Toplam yakıt sarfiyatı (L)	Toplam yakıt sarfiyatı (TL)	Toplam yakıt sarfiyatı (\$)
Ağcalı ışıklı kavşağı sabit ışıklı	444.903,19	19.798.192,01	573.860,64
Ağcalı ışıklı kavşağı farklı ışıklı	418.305,54	18.614.596,32	539.553,52
Köprülülük kavşak olması durumu	813,93	1.883.425,66	54.592,05
Sabit ışıklı ile farklı ışıklı kavşak arası fark	-26.597,66	-1.183.595,69	-34.307,12
Köprülülük kavşak ile farklı ışıklı kavşak arası fark	-417.491,61	-16.731.170,66	-484.961,47

Yukarıdaki tabloda enerji sarfıyatı yönünden en az verimin sabit ışıklı kavşakta, en fazla verimin köprülü kavşakta olduğu görülmektedir.

Tabloyu incelediğimizde, Ağcalı Kavşağı'nın üç farklı trafik düzenleme durumunun yıllık yakıt sarfıyatı açısından ne kadar farklılık gösterdiği açıkça ortaya çıkmaktadır. Sabit ışıklı kavşak düzenlemesinde yıllık toplam yakıt sarfıyatı 444.903,19 litre, maliyet ise 19.798.192,01 TL'ye ulaşmaktadır. Bu durumda, yıllık yakıt sarfıyatı dolar cinsinden ise 573.860,64 \$'dır.

Daha esnek trafik yönetimi sağlayan farklı ışıklı kavşak düzenlemesi ile yakıt sarfıyatı 418.305,54 litreye düşerken, maliyet 18.614.596,32 TL'ye ve dolar cinsinden de 539.553,52 \$'a gerilemiştir. Bu durum, sabit ışıklı kavşağa göre 26.597,66 litre daha az yakıt tüketildiğini ve maliyetin 1.183.595,69 TL daha düşük olduğunu göstermektedir.

Köprülü kavşak tasarımı ise en dikkat çekici farkı ortaya koymaktadır. Bu düzenleme ile yıllık yakıt sarfıyatı sadece 813,93 litre olarak hesaplanırken, toplam maliyet yalnızca 1.883.425,66 TL'dir. Dolar cinsinden de 54.592,05 \$'a denk gelen bu miktar, sabit ışıklı kavşak düzenlemesiyle karşılaştırıldığında 417.491,61 litre daha az yakıt tüketildiği ve maliyetin 16.731.170,66 TL daha düşük olduğu anlamına gelir.

Özetle, köprülü kavşak tasarımı, diğer iki düzenlemeye göre büyük bir yakıt tasarrufu sağlamak ve maliyet açısından çok daha verimli bir seçenek olarak öne çıkmaktadır. Bu karşılaştırma, köprülü kavşak yapımının hem çevresel hem de ekonomik anlamda en avantajlı çözüm olduğunu ortaya koymaktadır.

Yapılan analizlerde, Kahramanmaraş Ağcalı Işıklı Kavşağı'nın mevcut trafik düzeni ve yakıt sarfıyatı açısından detaylı değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Kavşak, özellikle şehrin kuzey-güney aksında önemli bir trafik akışını sağlamaktadır ve şehir merkezi inşaatlarının yoğun olduğu dönemde kritik bir öneme sahiptir. Deprem sonrası dönemde artan trafik yoğunluğu, kavşağın stratejik önemini daha da artırmıştır.

1. Trafik Yoğunluğu Bulguları:

- Saatlik Yoğunluklar: Sabah (07:00-09:00) ve akşam (16:00-18:00) saatleri trafik yoğunluğunun en fazla olduğu zaman dilimleridir. Bu saatlerde işe gidiş ve işten dönüş trafiği öne çıkmaktadır.
- Haftalık Yoğunluk: Pazartesi ve Cuma günleri, hafta içi en yoğun günlerdir. Hafta sonları trafik nispeten azalsa da Pazar günlerinde beklenenden yüksek bir trafik akışı gözlemlenmiştir.

- Gece Yoğunluğu: 00:00-06:00 saatleri arasında trafik yoğunluğu en düşük seviyelerdedir.

2. Mevcut Işıklandırma Sistemi Sonuçları:

- Kavşağın mevcut ışıklandırma sistemiyle, farklı saat aralıklarında trafik akışını yönetmek üzere beş farklı durum uygulanmaktadır. Bu sistem, yoğun saatlerde trafik akışını düzenlemeye yardımcı olurken, bekleme sürelerini azaltmayı amaçlamaktadır.
- Toplamda kavşaktan geçen aylık araç sayısı 272.806'dır. Bu yoğunluğun yıllık yakıt sarfıyatı ise yaklaşık 18.614.596 TL olarak hesaplanmıştır.

3. Sabit Işıklandırma Sistemi Senaryosu:

- Sabit ışıklandırma sisteminin uygulanması durumunda, bekleme süreleri uzamakta ve araçların yakıt sarfıyatı artmaktadır. Bu senaryoda yıllık yakıt sarfıyatı yaklaşık 19.798.192 TL'ye çıkmaktadır.
- Bu durum, mevcut sistemin sabit bir düzenle kıyaslandığında daha etkin olduğunu göstermektedir.

4. Genel Değerlendirme:

- Ağcalı Işıklı Kavşağı, sabah ve akşam saatlerinde yoğun trafiğe ev sahipliği yapmaktadır. Bu yoğunlukların yönetimi için alternatif güzergahların teşvik edilmesi ve toplu taşıma olanaklarının artırılması önerilebilir.
- Mevcut ışıklandırma sistemi, farklı yoğunluklara göre optimize edilmiş bir düzen sunarken, yıllık yakıt sarfıyatı açısından sabit bir sisteme göre daha avantajlıdır. Ancak, bu maliyetler trafik sıkışıklığını azaltacak uzun vadeli çözümlerle daha da düşürülebilir.
- Kavşağın köprülü kavşak olarak yeniden tasarlanması hem trafik yoğunluğunu azaltmak hem de yakıt tasarrufunu artırmak açısından etkili bir çözüm olabilir.

Sonuç olarak, Ağcalı Işıklı Kavşağı'nın mevcut durumu, trafik yönetimi ve enerji verimliliği açısından önemli bulgular ortaya koymaktadır. Bu veriler ışığında yapılacak iyileştirme çalışmaları, kavşağın performansını artırabilir ve sürdürülebilir ulaşım hedeflerine katkıda bulunabilir.

5.SONUÇ

Araştırmalardan ve hesaplamalardan anlaşıldığı üzere kavşak yönetiminde en iyi performans ve verimliliği köprülÜ kavşakların verdiğı anlaşılmıştır. En az kazanın tablo 1.9 da belirtildiğı üzere köprülÜ kavşaklarda olduğı anlaşılmıştır. Maddi kayıplar olarak bakıldığında insan uzuv ve can kaybının bir bedeli olamayacağından köprülÜ kavşak yapımının biraz maliyetli olsa da uygulanması gereken bir hizmet olduğı anlaşılmıştır.

Altınşehir köprülÜ kavşağı, Adıyaman ilinin önemli bir transit ve şehir içi ulaşım noktası olarak, inşasından önceki dönemde şehrin batıya açılan tek yolu olma özelliğı taşıyan yoğun bir trafik noktasına sahipti. Kavşak, şehirlerarası yol ile Adıyaman Üniversitesi ve küçük sanayi sitesi gibi önemli yerleşim alanlarına yakın konumlanmıştır. Bu sebeple, kavşak bölgesi sabahları batıya, akşamları ise doğuya yönelen yoğun araç akışına ev sahipliğı yapıyordu. Kavşağın yapımından sonra, Karaali köprüsünün yapılması ile batıya ulaşımında alternatif bir yol sağlansa da Altınşehir kavşağı hala en hareketli noktalardan biri olma özelliğini korumuştur.

Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) verilerine göre, Altınşehir köprülÜ kavşağı, Adıyaman'ın şehir içi ve transit trafik yoğunluğunu hafifletmek amacıyla inşa edilmişti. 1.410 metre uzunluğunda, 2x2 şeritli bölünmüş yol standardına sahip olan kavşak hem yerli hem de yabancı turizm açısından Adıyaman'ın önemli bir geçiş noktasıydı. Kavşağın yapımından sonra, ulaşımın güvenliğı ve konforu önemli ölçüde artmış, bölgedeki trafik yükü hafifletilmiştir.

Kavşak ile ilgili yapılan trafik analizlerinde, araçların yıllık geçiş sayıları ve araç sınıfları belirlenmişti. KGM'nin sağladığı YOGT verileri ışığında, kavşaktan geçen araçların yıllık ortalama günlük taşıt sayıları hesaplanmış ve bu verilere göre yakıt sarfıyatı hesaplanmıştır. Hafif araçlar (otomobil ve kamyonet) ile ağır araçlar (otobüs, kamyon, çekici vb.) ayrı ayrı incelenmiş, her bir araç türünün yıllık geçiş sayısına göre yakıt tüketimleri hesaplanmıştır. Ayrıca, kavşakta bekleme süreleri ve kırmızı ışıktaki bekleyen araçların tükettiğı yakıt gibi faktörler dikkate alınarak, her aracın rölantideki yakıt tüketimi ve toplam enerji sarfıyatı belirlenmiştir.

Kavşağın trafik akışını iyileştiren yapısı, araçların kırmızı ışıktaki geçirdikleri zaman kaybını ve bu kaybın yakıt tüketimine olan etkisini de ortaya koymuştur. 70 km/s hızla ilerleyen araçların kırmızı ışıktaki durma ve ardından hızlanarak eski hızlarına ulaşma süreçleri incelenmiştir. Bu süreçte araçların hızlanma ve durma esnasında geçirdiğı zaman kaybı ve buna bağılı yakıt tüketimi hesaplanmıştır. Örneğın 2023 yılında kavşaktan geçen

TAS 5841095 dır. AAS da 698245 araçtır. Bu araçların kavşakta geçirdiği zamanın yakıt sarfiyatı 263744,42 litre ve 2023 teki parasal değeri 9532078,49 tl dir. 2024 yılı için 263744,42 litrenin parasal karşılığı yaklaşık 11077265,65 tl dir. Yıllar geçtikçe araç sayısı artacağından ve yakıtın fiyat listesi de artacağından dolayı parasal karşılığı artarak devam edecektir. En sonunda eş düzey ışıklı kavşaklar araç ve yaya yoğunluğunu kaldıramayacağından bir köprülü kavşak yapılması veya başka alternatifler düşünülmesi zaruri olacaktır. 2023 yılında köprülü kavşak yapılmamış olsaydı maddi kayıp olarak yakıt sarfiyatının ABD doları karşılığı 361063,58 iken köprülü kavşak olduğundan dolayı bu kayıp 146422,10 dolardır. Yaklaşık %50 tasarruf sağlarken, türk lirası olarak kıyaslandığında yaklaşık %66 oranında tasarruf sağlamıştır. Bu veriler ve kıyaslamalar, kavşağın gecikme sürelerinin toplam enerji sarfiyatına olan etkilerini gözler önüne sermiştir.

Araştırmamızın sonucunda köprülü kavşakların, trafik kazalarını azaltmada etkili olduğu tespit edilmiştir. Arsan Köprülü Kavşağı'ndan geçen araç sayısında her yıl artış gözlemlenirken, kaza sayılarında belirgin bir azalma yaşanmıştır. Trafik kazaları, maddi kayıpların yanı sıra can kaybı, yaralanma, iş gücü kaybı, sanayi ve sigorta giderleri gibi pek çok olumsuz etkiye yol açmaktadır. Kazaların ardından aile bireylerinin maruz kaldığı ruhsal ve psikolojik travmalar da dikkate alındığında, köprülü kavşakların ilerleyen yıllarda daha yaygın hale getirilmesi gereken bir kavşak modeli olduğu anlaşılmaktadır.

Köprülü kavşakların amortisman hesabının yapılabilmesi için birçok değişkenin dikkate alınması gerekmektedir. Örneğin, kavşağı kullanan araçların yakıt tüketimi, kazaların yol açtığı ölüm ve yaralanma maliyetleri, sigorta ve sanayi giderleri, kazadan etkilenen bireylerin ekonomik ve psikolojik kayıpları, sağlık harcamaları ve kamu hizmetlerinde (polis, jandarma, itfaiye, ambulans, belediye, adliye vb.) çalışan personelin iş gücü kayıpları gibi faktörlerin parasal karşılığının belirlenmesi gerekmektedir. Ayrıca, ölümlü trafik kazalarında hayatını kaybeden bireylerin maddi değeri nasıl hesaplanabilir sorusunun yanıtı da netleşmelidir. Bu tür maliyet unsurlarının rakamsal olarak hesaplanması ve toplam giderlerin belirlenmesi, köprülü kavşakların maliyetleri ile kıyaslanmasını daha sağlıklı hale getirecektir. Ancak bu çalışmada yalnızca araçların yakıt tüketimi üzerinden bir hesaplama yapılmıştır. Üstelik, enflasyon koşulları da göz önüne alındığında, yalnızca bu veriye dayanarak sağlıklı bir amortisman hesabı yapmak mümkün değildir.

Sonuç olarak, Altınşehir köprülü kavşaaının inşası, trafik akışını optimize etmek ve enerji tüketimini azaltmak adına önemli bir katkı sağlamıştır. Kavşaaın yapımından önceki durumu ile sonrasındaki performans farkları, trafik yoğunluğunu azaltarak zaman ve maliyet tasarrufu sağlamış, bölgedeki ticaretin ve ulaşımın daha güvenli ve hızlı bir şekilde sağlanmasına olanak tanımıştır. Bu tür altyapı yatırımları, bölgedeki ulaşımın daha verimli hale gelmesini sağlamak açısından büyük önem taşımaktadır.

Kahramanmaraş Ağcalı Kavşaaı, Kayseri yolu üzerinde yer alan ve önemli bir ulaşım noktası olan bir kavşaktır. Kavşaaın trafik akışı, sabah ve akşam saatlerinde yoğunlaşan bir yapıya sahiptir. Bu yoğunluk, hafta içi günlerinde belirgin bir şekilde artarken, hafta sonlarında daha düşük seviyelerde kalmaktadır. Kavşak, PTS (Plaka Tanımlama Sistemi) ile izlenerek trafik verileri toplanmış ve bu veriler ışığında, trafik sinyalizasyon sisteminin farklı periyotlarla çalıştığı gözlemlenmiştir.

Kavşaaın trafik ışıklandırma sistemi, günün farklı saatlerine göre beş farklı periyotla çalışmaktadır. Işıklar, sabah 00:00 ile 06:00 arasında sarı ve kırmızı fasılalı, diğer saatlerde ise 70-102 saniye arasında dönen periyotlarla çalışmaktadır. Trafik ışıklarının ve her bir faz arasındaki geçiş sürelerinin toplam gecikmelere etkisi, araçların hızlanma ve durma süreçlerinde göz önünde bulundurulmuştur. Araçların, kırmızı ışıktaki beklerken kaybettikleri süre ve sonrasındaki hızlanma süreci hesaplanarak, toplam gecikme süreleri belirlenmiştir.

Ağcalı Kavşaaı'ndaki haftalık trafik verileri incelendiğinde, kavşaaıya gelen dört ana yoldan geçen toplam araç sayısının 1.173.743 olduğu tespit edilmiştir. Bu araçların, kavşaaıya geliş yönlerine göre dağılımı yapılmış ve her bir yöndeki araç sayıları hesaplanmıştır. Kavşakta, özellikle sabah saatlerinde yoğun trafik gözlemlenmiş, 07:00-09:00 saatleri arasında zirveye ulaşan trafik yoğunluğu, iş ve okul trafiğinin etkisiyle belirginleşmiştir.

Verilere göre, hafta içi günlerinde trafik yoğunluğu artarken, hafta sonlarında daha sakin bir trafik akışı yaşanmıştır. En yoğun günün Cuma günü olduğu, bununla birlikte Cumartesi ve Pazar günlerinde daha düşük trafik yoğunluğunun gözlemlendiği görülmüştür. Sabah saatleri, özellikle 07:00-09:00 arası ve akşam saatleri, 16:00-18:00 arasında kavşak üzerinde trafik sıkışıklığının arttığı dönemler olarak belirlenmiştir.

Ayrıca, Ağcalı Kavşaaı'ndaki trafik ışıklarının çalıştığı beş farklı periyot sırasında, kavşaaıya yaklaşan araçların bekleme süreleri ve hızlanma süreçleri göz önünde bulundurularak, her bir periyotta toplam gecikme süresi ve enerji tüketimi hesaplanmıştır.

Yapılan hesaplamalar sonucunda, bu yoğun trafik akışının enerjisel kayıplara neden olduğu, ancak bu kayıpların, kavşağın trafik akışını yönetmek için kullanılan ısklandırma sistemi ile minimize edilmeye çalışıldığı ortaya çıkmıştır.

Sonuç olarak, Ağcalı Kavşağı'ndaki trafik yoğunluğu, özellikle sabah ve akşam saatlerinde önemli ölçüde artmakta ve hafta içi günlerinde daha yoğun bir trafik akışı yaşanmaktadır. Bu yoğunluk, sabah ve akşam saatlerinde alternatif güzergâhların oluşturulması ve toplu taşıma seçeneklerinin artırılması gibi önlemlerle azaltılabilir. Ayrıca, kavşağın ısklandırma sisteminin optimize edilmesi ve kavşağın daha verimli hale getirilmesi için çözüm önerileri tartışılabilir.

Ağcalı Kavşağı'ndan Oruç Reis Mahallesi'ne yapılan araç geçiş verilerinin incelenmesi, kavşağın trafiği düzenleme ve yönetme açısından oldukça önemli bir işlev gördüğünü ortaya koymaktadır. Kavşağın yüksek trafik yoğunluğu, özellikle iş günlerinde sabah ve akşam saatlerinde belirginleşmektedir. Hafta içi günlerde, özellikle Pazartesi, Çarşamba ve Cuma günleri, trafik yoğunluğu zirveye ulaşırken, hafta sonları daha düşük olsa da özellikle Pazar günlerinde beklenmedik artışlar gözlemlenmiştir.

Araştırma bulguları, Ağcalı Kavşağı'nda trafik ışık sürelerinin optimize edilmesi gerektiğini ve sabit ışıklı sistemlerin yoğun kavşaklarda verimli bir çözüm sunmayacağını göstermiştir. Mevcut sabit ışıklı sistemin verimsizliği, trafiğin sıklıkla sıkışmasına ve yakıt sarfiyatının artmasına yol açmaktadır. gün içinde sabit ışıklı kavşağa göre gün içinde 5 farklı zamanlı ışıklı kavşak yönetimi daha verimli ve tasarrufludur ancak bir akıllı kavşak tasarlamasında daha verimli olacağı düşünülmektedir. Akıllı kavşağın mantığı kavşağa yoğun gelen akıma daha fazla yeşil ışık süresi vererek trafiği rahatlatmaktır. Kavşağa gelen araçların kavşağın depolama alanı dışına taşmadan trafiği yönlendiren otonom bir sistemdir. Kavşak içindeki araç depolama alanının dışına taşan araçların kendinden önceki kavşağı olumsuz etkilediğini, araçlara yeşil ışık yansa bile hareket edemediği durumlarla karşılaşmıştır. Akıllı kavşaklarda yine de trafiğin çok yoğun olduğu durumlarda insan müdahalesi gerekmektedir. Nihai olarak en sonunda fiziki şarların müsait olmasından dolayı ağcalı kavşağına bir köprülü dönel kavşak tasarlamak uzun vadeli trafik sorununa çözüm olabilir. Köprülü kavşak yapılırsa ağcalı yolu iniş ve çıkışları direkt transit geçişe izin veren ve oruç reis mahallesi girişi ve çıkışlarına ise modern kavşak sistemiyle çalışmasına izin veren, kavşağa girmeden araçların U dönüşlerine izin verebilen ve kavşağa girmeden sağa bağlantı yollarına izin veren bir model uygulanabilir. Sağa bağlantı yolları ve U dönüşleri kavşak içini gereksiz işgal etmediğinden kavşak içi zaman

kayıplarını düşürecektir. Önerilen köprülü kavşak modeli ise, trafiği daha hızlı ve güvenli bir şekilde yönlendirecek, ayrıca önemli bir yakıt tasarrufu sağlayacaktır. Bu modelin uygulanması hem trafik akışını iyileştirir hem de enerji verimliliğini artırarak çevresel etkileri azaltır.

Araştırma bulgularına göre, sabit ışıklı kavşak sisteminin yıllık yakıt sarfiyatı 19.798.192 TL olarak hesaplanırken, köprülü kavşak modelinin yıllık yakıt sarfiyatı yalnızca 1.883.425 TL olarak belirlenmiştir. Bu ciddi fark, köprülü kavşağın trafik sıkışıklığını önemli ölçüde azalttığını ve daha verimli bir çözüm sunduğunu göstermiştir.

Sonuç olarak, Ağcalı Kavşağı'nda trafik yönetimi açısından köprülü kavşak modelinin uygulanması, trafik akışını daha verimli hale getirecek, kavşağın stratejik önemini daha iyi kullanacak ve enerji sarfiyatını büyük ölçüde azaltacaktır. Bu tür düzenlemeler hem trafiği rahatlatmak hem de çevresel sürdürülebilirlik sağlamak açısından kritik öneme sahiptir.

Yine Kahramanmaraş Arsan Köprülü Kavşağı'nın yapımından önceki durumu ve sonrasındaki gelişmeleri inceleyen bu çalışmada, kavşağın trafikteki etkilerini ve performansını kapsamlı bir şekilde değerlendirilmiştir. Kavşak, Kayseri-Kahramanmaraş-Gaziantep güzergâhını birbirine bağlayan stratejik bir nokta olup, şehirler arası ulaşımında büyük bir öneme sahiptir. Ayrıca, Gaziantep güzergâhında yer alan birçok kritik noktaya hizmet vermektedir. Kavşağın alt kısmı, üç şeritli duble yol olarak inşa edilerek direkt geçişe olanak sağlarken, üst kısmı ise modern dönel kavşak sistemi ile tasarlanmıştır. Bu yenilikçi tasarım, trafik akışını hızlandırmış ve bekleme sürelerini önemli ölçüde azaltmıştır.

Araştırma bulguları, köprülü kavşağın alt kısmında araçların 90 km/s hızla geçiş yaparak 4.8 saniyede kavşağı geçtiklerini, üst kısımdan geçen araçların ise toplamda 22.88 saniyede kavşağı geçtiklerini göstermiştir. Toplamda araçlar, kavşağı yaklaşık 14 saniyede geçmektedir. Bu, eski ışıklı kavşak sistemine kıyasla önemli bir iyileşme sağlamaktadır. Ayrıca, yoğun trafikli bir bölgede yapılan bu dönüşüm, trafikteki gecikme süresini ve yakıt sarfiyatını azaltarak, enerji verimliliği ve çevre dostu ulaşım açısından büyük katkı sağlamıştır.

Kavşağın trafik hacmi ve araç geçiş verileri, zaman içinde artış gösterdiği için bu tür bir altyapı değişikliğinin gerekliliği açıkça ortaya çıkmaktadır. Kavşağın önceki yapısındaki sıkışıklık ve uzun bekleme süreleri, köprülü kavşak sisteminin uygulanmasıyla çözülmüş, bu sayede hem ulaşımında zaman kazanılmış hem de trafik güvenliği

iyileştirilmiştir. Ayrıca, köprülü kavşak ile sağlanan düzenlemeler, çevreye olan olumsuz etkileri de önemli ölçüde azaltmış ve bölgenin ulaşım altyapısını modernize etmiştir.

Sonuç olarak, Arsan Köprülü Kavşağı'nın yapılması hem şehir içi hem de şehirler arası ulaşım açısından büyük bir fayda sağlamıştır. Bu çalışma, kavşağın mevcut durumunu analiz ederek, yapılan değişikliklerin etkilerini ortaya koymuş ve köprülü kavşakların trafik yönetiminde sağladığı avantajları gözler önüne sermiştir.

Araştırmalardan ve hesaplamalardan anlaşıldığı üzere kavşak yönetiminde en iyi performans ve verimliliği köprülü kavşakların verdiği anlaşılmıştır. En az kazanın tablo 1.9 da belirtildiği üzere köprülü kavşaklarda olduğu anlaşılmıştır. Maddi kayıplar olarak bakıldığında insan uzuv ve can kaybının bir bedeli olamayacağından köprülü kavşak yapımının biraz maliyetli olsa da uygulanması gereken bir hizmet olduğu anlaşılmıştır.