

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**KENT İÇİ YOLLARDA BİSİKLET-MOTORLU TAŞIT ETKİLEŞİMİNİN
YOL GÜVENLİĞİ AÇISINDAN İNCELENMESİ**



YÜKSEK LİSANS TEZİ

Emre SAK

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Ulaştırma Mühendisliği Programı

TEMMUZ 2024

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**KENT İÇİ YOLLARDA BİSİKLET-MOTORLU TAŞIT ETKİLEŞİMİNİN
YOL GÜVENLİĞİ AÇISINDAN İNCELENMESİ**



YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Emre SAK
(501191414)**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Ulaştırma Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Hüseyin Onur TEZCAN

TEMMUZ 2024

ISTANBUL TECHNICAL UNIVERSITY ★ GRADUATE SCHOOL

**ANALYSIS OF BICYCLE-MOTOR VEHICLE INTERACTION ON URBAN
ROADS IN TERMS OF ROAD SAFETY**



M.Sc. THESIS

**Emre SAK
(501191414)**

Department of Civil Engineering

Transportation Engineering Programme

Thesis Advisor: Assoc. Prof. Dr. Hüseyin Onur TEZCAN

JULY 2024

İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 501191414 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Emre SAK, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “KENT İÇİ YOLLARDA BİSİKLET-MOTORLU TAŞIT ETKİLEŞİMİNİN YOL GÜVENLİĞİ AÇISINDAN İNCELENMESİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Hüseyin Onur TEZCAN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Kemal Selçuk ÖĞÜT**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Üyesi Göker AKSOY
Gebze Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : 22 Mayıs 2024
Savunma Tarihi : 3 Temmuz 2024



ÖNSÖZ

Bisiklet güvenliği konusunda ülkemizde yapılan kapsamlı bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada, kent içi yollarda bisikletlinin güvenliğine etki eden unsurların belirlenmesi ve motorlu taşıt-bisiklet etkileşimlerindeki risk düzeyinin toplanan veriler ile model geliştirilerek açıklanması amaçlanmıştır. Tez çalışmam süresince her sorumu yanıtlayarak beni yönlendiren ve konu seçiminde beni cesaretlendiren tez danışmanım Doç. Dr. Hüseyin Onur Tezcan'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim hayatım boyunca beni her zaman destekleyen annem Cemile İnci SAK'a ve babam İhsan SAK'a, önerilerini ve deneyimlerini paylaşarak bana yol gösteren ablam Merve SAK YALMANOĞLU'na, tez süresi boyunca bana yardımcı olan ve beni hep destekleyen eşim Rabia SAK'a teşekkürlerimi sunuyorum.

TEMMUZ 2024

Emre SAK
İnşaat Mühendisi



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
2. BİR ULAŞIM TÜRÜ OLARAK BİSİKLET	5
2.1 Bisiklet Ulaşımının Özellikleri.....	5
2.2 Bisiklet Ulaşımının Yaygınlaşması.....	6
3. BİSİKLET KULLANIMINI ETKİLEYEN UNSURLAR	11
3.1 Bisiklet Ulaşımını Olumsuz Etkileyen Unsurlar.....	11
3.1.1 Arazi koşulları.....	11
3.1.2 Hava koşulları	12
3.1.3 Bisiklet hırsızlığı.....	12
3.1.4 Trafik ve yol güvenliği endişeleri	13
3.1.4.1 Bisiklette stres düzeyi	13
3.2 Yol Güvenliği Açısından Bisiklet Kullanımını Arttırıcı Uygulamalar.....	15
3.2.1 Trafik sakinleştirme	16
3.2.2 Paylaşımlı bisiklet yolları.....	17
3.2.3 Bisiklet şeritleri	17
3.2.4 Bisiklet sokakları.....	18
3.2.5 Ayrılmış bisiklet yolları	19
4. BİSİKLETTE GÜVENLİ SÜRÜŞ	23
4.1 Güvenli Sürüşün Temel Özellikleri.....	23
4.1.1 Koruyucu donanımlar	24
4.1.2 Görünürlük ve aydınlatma	25
4.2 Yasal Düzenlemeler	26
4.3 Kaza İstatistikleri.....	27
5. MOTORLU TAŞIT-BİSİKLET ETKİLEŞİMİNİN GÖZLEMLENMESİ... 31	
5.1 Çalışma Geçkisi.....	31
5.1.1 Geçki özellikleri	32
5.1.2 Geçki seçiminde dikkate alınan ölçütler	33
5.2 Verinin Açıklanması	33
5.2.1 Yakınlık.....	33
5.2.2 Güvenlik uzaklığı	35
5.2.3 Yol kenarı parklanması	35
5.2.4 Yol eğimi.....	36
5.2.5 Sürekli ızgara	38

5.2.6 Taşıt türü	39
5.2.7 Motorlu taşıt hızı	39
5.2.8 Taşıtın korna çalması	40
5.2.9 Şerit ihlali	40
5.2.10 Farklı yönde taşıt.....	41
5.3 Verinin İncelenmesi.....	42
6. RİSK DEĞERLENDİRME MODELİ	45
6.1 Rastgele fayda teoremi	45
6.2 Katsayıların Öngörülleri	46
6.3 Modellerin Değerlendirilmesi	47
6.3.1 Wald testi.....	47
6.3.2 Log-olabilirlik Oranı Testi	48
6.3.3 Uyum iyiliği testi.....	48
6.4 Model Kestirimi.....	49
6.4.1 Model katsayılarının belirlenmesi	50
6.4.2 Katsayıların yorumlanması	52
6.4.3 Senaryo uygulamaları.....	56
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	59
KAYNAKLAR.....	63
ÖZGEÇMİŞ.....	69

KISALTMALAR

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
BLOS	: Bisiklet Hizmet Düzeyi (Bicycle Level of Service)
BLTS	: Bisiklet Trafik Stres Düzeyi (Bicycle Level of Traffic Stress)
BLOS	: Bisiklet Hizmet Düzeyini (Bicycle Level of Service)
ÇIKIŞ	: Yol eğimi %1'den büyük ise 1 değil ise 0
ÇŞİDB	: Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
ÇTL	: Çok Terimli Lojit
DSÖ	: Dünya Sağlık Örgütü
ECF	: Avrupa Bisiklet Federasyonu (Europe Cycling Federation)
EGM	: Emniyet Genel Müdürlüğü
EĞİM	: Yol eğimi
EPA	: Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı
FYA	: Karşı yönde motorlu taşıt var ise 1 yok ise 0
GUV	: Güvenlik uzaklığını temsil eden değişken
HIZ	: Taşıt hızı
IZG	: Sürekli ızgara bulunuyorsa 1 bulunmuyorsa 0
İBB	: İstanbul Büyükşehir Belediyesi
İETT	: İstanbul Elektrik Tramvay ve Tünel
İNİŞ	: Yol eğimi %-1 küçük ise 1 değil ise 0
İUPM	: İstanbul Ulaşım Planlama Müdürlüğü
KGM	: Karayolları Genel Müdürlüğü
KOR	: Motorlu taşıt korna çalıyor ise 1 çalmıyor ise 0
LTS	: Trafik Stres Düzeyi (Level of Traffic Stress)
NTAS	: Birleşik Krallık Ulusal Ulaşım Tercihleri Araştırması (National Travel Attitudes Study)
NTS	: Birleşik Krallık Ulusal Ulaşım Araştırması (National Travel Survey)
OHIZ	: Sollama yapan taşıtın hızı orta ise 1 değil ise 0
OM	: Otobüs veya minibüs olduğunda 1 değil ise 0

PARK	: Yol kenarı parklanma mevcutsa 1 değilse 0
ŞİH	: Motorlu taşıt tarafından şerit ihlali var ise 1 yok ise 0
TAŞIT	: Taşıt türü
TTAK	: Ticari taşıt veya taksi ise 1 değil ise 0
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
YHIZ	: Sollama yapan taşıtın hızı yüksek ise 1 değil ise 0



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Boston Bisiklet Trafik Stres Ölçütleri.....	15
Çizelge 4.1 : ABD bisiklet kaza istatistikleri (NHTSA, 2020).....	28
Çizelge 4.2 : Türkiye bisiklet kaza istatistikleri (KGM, 2016-2023)	29
Çizelge 5.1 : Kesimlere ait uzunluk ve eğim değerleri.....	36
Çizelge 5.2 : Yol kesimlerine göre eğim durumları	37
Çizelge 5.3 : Toplanan verilerin risk düzeyleri içindeki dağılımı	43
Çizelge 6.1 : Değişkenin kısaltması	49
Çizelge 6.2 : Değişkenlerin korelasyon matrisi	50
Çizelge 6.3 : Model tahmin sonuçları.....	51
Çizelge 6.4 : Değişkenlerin risk düzeylerine etkisi	55
Çizelge 6.5 : Model ile kestirimi yapılan payların gözlem ile karşılaştırılması	56
Çizelge 6.6 : Mevcut durum ve senaryo uygulamalarının karşılaştırılması	57



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : 1920-1995 yılları arasında, çeşitli Avrupa kentlerinde, bisikletin türel dağılımdaki payı (De La Bruheze, 2000).....	7
Şekil 2.2 : Dünyadaki bisiklet paylaşım sistemi sayısı (PBSC Urban Solution, 2022)8	
Şekil 3.1 : Bisiklet Şeridi (ÇŞİDB, 2022)	18
Şekil 4.1 : Bisikletteki el işaretleri (İBB, 2017)	24
Şekil 5.1 : Veri toplanan yol kesimi	32
Şekil 5.2 : Yakınlık düzeylerinin gösterimi	34
Şekil 5.3 : Güvenlik uzaklığı	35
Şekil 5.4 : Park durumu	36
Şekil 5.5 : Kuzguncuk yönü eğim kesimleri.....	38
Şekil 5.6 : Sürekli ızgara örneği	39
Şekil 5.7 : Şerit ihlalini gösteren örnek görsel.....	41
Şekil 5.8 : Farklı yönde taşıt geçmesi.....	42



KENT İÇİ YOLLARDA BİSİKLET-MOTORLU TAŞIT ETKİLEŞİMİNİN YOL GÜVENLİĞİ AÇISINDAN İNCELENMESİ

ÖZET

Bisiklet, düşük çevresel etkileri ve insan sağlığı açısından sağladığı katkılar ile sürdürülebilir ulaşımın temel unsurlarından biridir. Bisiklet kullanımının yaygınlaştırılması, ulaşımın çevresel ve ekonomik etkilerini, kentlerdeki trafik tıkanıklığını, park talebini ve fosil yakıtlara bağımlılığı önemli ölçüde azaltmaya katkı sağlayabilir. Ancak, bisikletin faydalarına karşın, yol güvenliği ile ilgili endişelerin bisiklet kullanımının yaygınlaşmasında önünde önemli bir engel olduğu söylenebilir.

Birçok kent içi yolda, bisiklet yolu/şeridi ve hız denetimli güvenli geçiş noktaları gibi temel altyapı eksikleri, bisiklet kullanıcılarının motorlu taşıtlar ile aynı yolu paylaşmasına neden olmaktadır. Özellikle böyle yollarda, bisiklet ile motorlu taşıtlar arasındaki etkileşim artmakta ve bu durum, bisikletlilerin güvenliğini olumsuz olarak etkilemektedir. Yol kullanıcıları arasında motorlu taşıtlara göre daha korunmasız ve hassas bir özellik gösteren bisikletliler, bu etkileşimlerde daha yüksek yaralanma veya ölüm riskiyle karşı karşıya kalabilmektedir. Bu yönüyle değerlendirildiğinde, bisiklet-motorlu taşıt etkileşimlerinin incelenmesi, bisiklet kullanıcılarının güvenliğini sağlamak açısından yaşamsal öneme sahiptir. Bu tez çalışmada, bisiklet-motorlu taşıt etkileşimlerindeki motorlu taşıt, yol ve etkileşim özelliklerinin, bisiklet yol güvenliğine olan etkisini model geliştirilerek belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışmada, İstanbul'da, uzunluğu 2 km olan Üsküdar-Kuzguncuk sahil yolu kesiminde, bisiklet ile çeşitli gün ve saatlerde, toplam 2 saatlik saha gözlemi ile toplam 13 sürüş gerçekleştirilmiş ve sürüşler kamera ile kayıt altına alınmıştır. Gerçekleştirilen sürüşlerde, 437 motorlu taşıtın bisikletliyi sollama verisi analiz edilip, bisiklet sürücülerinin risk düzeyleri, motorlu taşıtın bisikletliye olan uzaklığına bağlı olarak düşük, orta ve yüksek olmak üzere 3 düzeyde belirlenmiştir.

Saha gözlemi ile birlikte kamera görüntülerinden yararlanılarak 10 değişken için veri toplanmıştır. Bu değişkenler, motorlu taşıtın bisikletliye yatay uzaklığı başta olmak üzere; güvenlik uzaklığı, park eden taşıt olması, eğim özellikleri, sürekli ızgaranın varlığı, bisiklet ile etkileşime giren taşıt hızı, taşıtın türü, taşıtın korna çalması, taşıt sürücüsünün şerit ihlali yapması ve karşı yönden taşıt geçmesidir. Bisiklet risk düzeyinin bu değişkenler altındaki durumunu değerlendirmede kesikli seçim modellerinden biri olan çok terimli logit model (CTL) kullanılmıştır.

Gözlemler sonucunda; 100 etkileşimin (%23) düşük, 208 etkileşimin (%47) orta ve 129 etkileşimin ise (%30) yüksek risk düzeyinde olduğu belirlenmiştir. Model katsayı kesitirim sonuçlarına göre ise; yolun çıkış veya iniş eğimli olmasının, etkileşim sırasında karşı şeritten taşıt geçmesinin ve sürekli ızgara bulunmasının bisiklet risk düzeyini arttırdığı görülürken, güvenlik uzaklığının artmasının, taşıt hızının yüksek olmasının ve taşıtın şerit ihlali yapmasının risk düzeyini azaltarak bisiklet yol güvenliğine olumlu etkisi olduğu görülmüştür. Sollama yapan taşıt türleri

incelendiğinde, en riskli grubun otobüs ve minibüsler olduğu, en düşük riskli grubun ise otomobil olduğu belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında oluşturulan model kestirim sonuçlarına ek olarak, elde edilen değişkenlerdeki gözlemlerin bazılarında değişiklik olduğu varsayıp iki farklı senaryo uygulamasının bisiklet güvenliğine etkisi araştırılmıştır. Senaryo-1, model girdilerinden olan sürekli ızgaraların yol boyunca yerleştirilmesinin engellenmesi olarak belirlenmiştir. Senaryo-2’de ise, çalışma bölgesindeki çıkış eğimli yol kesimlerde güvenlik uzaklığının en az 0,90 m yapılması öngörülmüştür. Her iki senaryoda da yüksek risk düzeyinde kısmen azalma olurken, düşük risk düzeyinde bir miktar artış olmuştur. Bu senaryolar sonucunda, her iki senaryonun da risk düzeyini azaltmada olumlu etkisi olduğu görüldürken, yol boyunca konumlanan sürekli ızgaraların aralıklı olması veya kaldırım tipi ızgara uygulaması ile yol kaplamasında sürüş sürekliliğini engelleyebilecek yapıların önüne geçilmesi ve çıkış eğimli yol kesimlerindeki güvenlik uzaklığının artırılmasının bisiklet güvenliğini arttırmada etkin bir çözüm olabileceği belirlenmiştir.

ANALYSIS OF BICYCLE-MOTOR VEHICLE INTERACTION ON URBAN ROADS IN TERMS OF ROAD SAFETY

SUMMARY

Cycling is one of the key elements of sustainable transport with its low environmental impacts and contributions to human health. Bicycle continues to be an important option, especially for urban trips, thanks to its flexibility and economy as well as being environmentally friendly. Many countries in the world are developing various policies to increase the share of cycling among all modes of transport. The widespread use of bicycles can contribute by helping to significantly reduce the environmental and economic impacts of transport, traffic congestion in cities, parking demand and dependence on fossil fuels. However, despite the benefits of cycling, road safety concerns create significant barriers to increase its share. High travelling speeds and heavy traffic can lead to various risks for cyclists.

On many urban roads, the lack of basic infrastructure, such as bike lanes and safe crossing points with speed controls, results in cyclists' sharing the same road with motorised vehicles. Especially on such roads, the interaction between bicycles and motor vehicles increases and this situation negatively affects the safety of cyclists. Cyclist are vulnerable users and they may face a higher risk of injury or death during these interactions. From this point of view, analysing bicycle-motor vehicle interactions is of critical importance to ensure the safety of bicycle users. In this thesis, it is aimed to determine the effect of vehicle, road and overtaking characteristics in bicycle-motor vehicle interactions on bicycle road safety by developing a model.

The study was conducted on the Üsküdar-Kuzguncuk coastal road section, which is 2 km long in Istanbul, with a total of 13 rides and 2 hours of field observations on various days and hours. A camera was placed on the back of the cyclist to obtain the data about road, vehicle and driver characteristics, especially the risk levels during the interaction. Throughout the rides, 437 motor vehicles overtaking cyclists were observed and the risk levels of cyclists were determined at 3 levels as low, medium and high by taking into account the distance to the cyclist of the motor vehicle at the moment of the overtaking.

In determining the observation road, attention was paid to the fact that the selected section is a road used by bicycle users, there is one lane for each direction of traffic and the road is suitable for overtaking vehicles. In this way, it was aimed that motor vehicle-bicycle interaction would occur more frequently. At the same time, the fact that the road has different characteristics, the distance between the road edge line and the sidewalk varies continuously, there is a continuous grid at some parts of the road, parking spots are present and the slope of the road vary. All of these factors were effective in the route selection.

Data collection was conducted by observations to identify road and environmental characteristics. In addition, the road edge line was followed primarily during the ride to provide that the motor vehicle interaction was independent of the position of the bicycle on the road. Furthermore, with the help of the on-road computer, the speed of the bicycle was kept at approximately 15 km/h, taking into account the average cyclist behaviour, except for small decelerations and accelerations on ramps and descents. By this way, it is aimed that the bicycle speed does not affect the overtaking process in motor vehicle-bicycle interactions. In addition, the beginning of the bicycle-motor vehicle interaction is determined as the situation when the vehicle following the cyclist approaches 15 metres to the bicycle.

Data were collected for 10 variables by utilising camera footages together with field observations. These variables are sidewalk safety distance, presence of parked vehicles, slope characteristics, presence of continuous grating, speed and proximity of the vehicle interacting with the bicycle, type of vehicle, honking by the vehicle, lane violation of the vehicle and vehicles passing from the opposite direction.

In this study, the discrete choice model was used to evaluate the bicycle risk level in motor vehicle-bicycle interactions by utilizing selected variables. In this framework, model inputs were created according to vehicle types, road and interactions characteristics. Since the dependent variable consists of three options corresponding to different risk levels, the multinomial logit model (MNL), which is one of the discrete choice models that deals with the choice of a set of options based on random utility theory, was used. With the dummy variables, 11 variables were generated to provide input to the model.

As a result of the observations, it was determined that 100 interactions (23%) were low risk, 208 interactions (47%) were medium risk and 129 interactions (30%) were high risk. According to the coefficient estimates, it was observed that the uphill and downhill slope of the road, passing vehicles from the opposite lane during the interaction and the presence of a continuous grating increased the bicycle risk level, while the lane violation of the motor vehicle, the increase in the sidewalk safety distance and vehicle speed had a positive effect on bicycle road safety by decreasing the risk level. Considering the overtaking vehicle types, it was found that the most risky group in terms of bicycle safety was buses and minibuses, while the lowest risk group was cars.

In addition to the model estimation results, the effect of two different scenarios on cycling safety was investigated by assuming that some of the variables were manipulated and modified. Scenarios were determined in such a manner that the changes considered are measures to reduce the level of cycling risk and have a practical aspect that can be applied in the real world. Accordingly, in scenario-1, it has been determined that some measures can be taken such as preventing the continuous gratings, which are one of the model inputs, from being positioned along the road. In Scenario-2, in order to provide a safe space between the bicycle and the sidewalk, it is considered that the safety distance between the road edge line and the sidewalk is at least 0.90 m on the uphill slope sections. Due to the fact that the 0.90 m safety distance may be difficult to be applied in the field along the entire road and this may also cause narrowing of the sidewalk width, it was considered that this application can only be applied on the uphill slope road sections. Thus, 2 different scenarios were determined as removing the continuous gratings in the safety distance and making the safety distance at least 0.90 m on the uphill slope sections on the study route.

According to the estimation results, in two scenarios, there was a partial decrease in the high risk level and a slight increase in the low risk level. As a result of these scenarios, it is seen that both scenarios have a positive effect on reducing the risk level. In Scenario-1, it was concluded that bicycle safety can be increased by continuous gratings prevented from being located along the road with increasing spacing between the gratings or vertically set in the kerbs. In Scenario-2, due to the partial increase in the speed difference between bicycles and motor vehicles on uphill sloping road sections, motor vehicles tend to pass close to cyclists, negatively affecting bicycle safety, whereas providing a safe distance between the roadside line and the pavement increases bicycle safety by providing manoeuvring space for the cyclist during close interaction.

In this thesis, the factors affecting road safety in bicycle-motor vehicle interactions were identified and scenarios for improvement applications were developed. In order to examine these factors, the video footages were analysed. The limitation of the study is these footages were analysed by a single user and the dependent variable used to determine the risk level was only the distance between the bicycle and the motor vehicle. In further studies, the more cyclist camera footages can be analysed from more cyclist to find an average risk perception level for each interaction by a group of cyclist. In addition, methods that can utilise more numerical data can be developed by reducing dummy variables during data collection.



1. GİRİŞ

Çevresel ve toplumsal sorunların hızla artması ile birlikte, ulaşımda sürdürülebilirlik kavramı önemini arttırmaktadır. Ulaşım sektörü, hava kirliliğinin ve sera gazı (GHG) salımlarının en önde gelen nedenlerinden biridir ve kentsel yaşam kalitesi ile sağlık üzerindeki olumsuz etkileri giderek artan bir endişe kaynağıdır (UN Environmental Programme, 2024). Fosil yakıtlarla çalışan taşıtlar, karbon salımlarındaki artışı ve hava kirliliğini tetikleyerek, iklim değişikliği ve sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı'na (EPA) göre, ülke kentlerindeki tüm karbon monoksit (CO) salımlarının yaklaşık %95'i motorlu taşıtlardan kaynaklanmaktadır (U.S. EPA, 2018). Ülkemizde ise son yıllarda ekonomik büyüme, kentleşme, altyapı yatırımları ve kültürel etmenler nedeniyle motorlu taşıt sayısı hızla artmakta ve bu durum, trafik sıkışıklığına neden olup sera gazı salımlarının artmasına yol açmaktadır. İstanbul'da 2020 yılında 1.000 kişi başına 191 otomobil düşerken, bu sayı 2024 yılında 230'a yükselmiştir (TÜİK, 2024). Son yıllardaki artış dikkate alındığında, özel taşıt kullanımını azaltmaya yönelik politikalar uygulanmaması durumunda, otomobil sahipliğinin yükseleceği öngörülmüştür (İUPM, 2022).

Günümüzde artan çevresel sorunlar, enerji kaynaklarının sınırlı olması ve trafik tıkanıklığı gibi etmenler, ulaşım sektöründe motorlu taşıt odaklı yaklaşımdan sürdürülebilir seçeneklere yönelmeye neden olmuştur. Sürdürülebilir ulaşım, çevresel, ekonomik ve toplumsal etkileri en aza indirerek uzun vadede sürdürülebilir bir ulaşım sistemi oluşturmayı amaçlar. Sürdürülebilir bir ulaşım sisteminin en önemli öğeleri arasında hareketlilik, uygun fiyatlı ulaşım ve toplu taşımaya erişim olanakları sağlayan ve ayrıca, kendi başlarına da etkin olarak kullanılabilen motorsuz ulaşım türleri yer almaktadır. Bu türlerden biri olan bisikletler, özellikle, kent içinde ve kısa-orta uzunluktaki yolculuklar için hızlı ve esnek bir ulaşım sağlamaktadır. Bu bağlamda, bisiklet kullanımının yaygınlaştırılması, ulaşımın çevresel ve ekonomik etkilerini, kentlerdeki trafik tıkanıklığını, park talebini ve fosil yakıtlara bağımlılığı önemli ölçüde azaltmaya yardımcı olmakla birlikte, sürdürülebilir bir ulaşım sistemi oluşturulmasına katkı vermektedir (Cole-Hunter ve diğ., 2015). Bisiklet ulaşımının

Avrupa’da yılda 150 milyar avroluk küresel fayda sağladığı, bunun 90 milyar avrodan fazlasının çevre, halk sağlığı ve hareketlilik açılarından olumlu dışsallık olduğu öngörülmektedir (EPA, 2018). Buna karşılık, Avrupa Komisyonu tarafından yapılan bir araştırmaya göre, motorlu taşıtların olumsuz dışsallıklarının maliyetleri yılda 800 milyar avro olarak öngörülmektedir (Steenberghen T ve diğ., 2017). Ancak, yapılan araştırmalar, bisikletin faydalarına karşın trafik güvenliği ile ilgili endişelerin bisiklet için önemli bir benimseme engeli oluşturduğunu göstermiştir (DiGioia ve diğ., 2017).

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), dünya çapında ilk 10 ölüm nedeninden birinin trafik kazaları olduğunu ve kazaların yılda yaklaşık 1,19 milyon kişinin ölümüne yol açtığını belirtmektedir. Trafik kazaları açısından en fazla risk altında olan gruplardan biri bisiklet kullanıcılarıdır (DSÖ, 2023). Yalnızca ABD’de 2021 yılında 1.230 bisikletli trafik kazalarında ölmüş ve bu kazaların 853’ü motorlu taşıt çarpması sonucu gerçekleşmiştir (National Safety Council, 2022). Türkiye’de ise 2022 yılında gerçekleşen 321.485 ölümlü ve yaralanmalı trafik kazasının 8.759’unu (%2,7) bisiklet kazası oluşturmuştur. Toplam trafik kazalarında ölen kişi oranı %0,73 (2.349) olurken bisiklet kazalarında, bu oran %1,22’ye (107) çıkmıştır (KGM, 2023).

Motorlu taşıt ve bisiklet arasındaki etkileşim, özellikle de sollama sırasında bisikletliler için endişe verici bir süreçtir. Bir taşıt kendisi ile aynı yönde ilerleyen bir bisikleti solladığında, bisiklet ek yanal kuvvet etkisi altında kalırken, bu da, bisikletlinin dengesini veya sürüşün sürekliliğini etkileyebilir. Sollama yapan taşıttan kaynaklanan yanal kuvvetler, bisikletlinin trafik veya park halindeki taşıtlarla çarpışma riskini artırabilir (Khan ve Bacchus, 1995). Bu güvenlik sorunu, bisiklet kullanıcılarının risk düzeylerini azaltmak için önlemler alınmasının önemini vurgulamaktadır. Bu nedenle, bisiklet-motorlu taşıt etkileşimlerinin incelenmesi, bisiklet güvenliği açısından önem arz etmektedir. Bu çalışmada, kent içi yollarda bisikletlinin güvenliğine etki eden unsurların belirlenmesi ve motorlu taşıt-bisiklet etkileşimlerindeki risk düzeyinin toplanan veriler ile model geliştirilerek açıklanması amaçlanmıştır.

Çalışma kapsamında, İstanbul’da, tek yön uzunluğu 2 km olan Üsküdar ilçesi sahil yolu kesiminde, bisiklet ile çeşitli gün ve saatlerde sürüş gerçekleştirilmiş ve sürüşler kamera ile kayıt altına alınmıştır. Gerçekleştirilen sürüşler sırasında elde edilen 437 motorlu taşıtın bisikletliyi sollama verisi incelenip, bisiklet sürücülerinin risk düzeyleri değerlendirilmiştir. Saha gözlemi ile birlikte kamera görüntülerinden

yararlanılarak, başta risk düzeyini belirleyen etkileşim yakınlığı olmak üzere; güvenlik uzaklığı, park eden taşıt olması, eğim özellikleri, sürekli ızgaranın varlığı vb. saptamaların yanı sıra bisiklet ile etkileşime giren taşıtın hızı, taşıtın türü, taşıt sürücüsünün şerit ihlali yapması gibi konularda veriler elde edilmiştir.

Bu çalışmanın diğer çalışmalardan genel olarak farkı; bisiklet yolu veya kırsal karayolu kesimleri yerine kent içi trafiğin yoğun olduğu bir caddede yapılması ve sollama sırasındaki bisikletliyi etkileyecek değişkenlerin kesit özelinde belirlenmesidir. Bunun yanı sıra, bisikletlinin arkasına kamera yerleştirilerek ilgili etkileşimdeki yol, taşıt ve etkileşim özellikleri ile ilgili veriler elde edilmesidir.

Tez çalışması 7 bölüm olarak düzenlenmiştir. 2. bölümde; bisiklet ulaşımının özellikleri ve yaygınlaşması süreci hakkında bilgiler açıklanmıştır. 3. bölümde ise, bisiklet ulaşımını olumsuz etkileyebilecek unsurlar ve bu unsurların etkilerini azaltarak bisiklet güvenliğini arttırıcı bazı altyapı düzenlemeleri anlatılmıştır. 4. bölümde; güvenli sürüşün temel özellikleri, bisiklet ile ilgili yasal düzenlemeler, dünyadaki ve Türkiye'deki kaza istatistikleri sunulmuştur. Motorlu taşıt-bisiklet etkileşiminin gözlemlenmesi bölümünde ise; çalışma geçkisi ile sahadan toplanan verinin açıklaması ve incelemesi yapılmıştır. 6. bölümde, etkileşimlerin risk düzeyi açısından modellenip, modele girdi sağlayan katsayıların yorumlanmasına ve çeşitli senaryolar altındaki bisiklet risk düzeyinin öngörülmesine yer verilmiştir. Son bölümde ise, sonuç ve öneriler sunulmuştur.

2. BİR ULAŞIM TÜRÜ OLARAK BİSİKLET

Bisiklet, kısa ve orta uzunluktaki yolculuklar için motorlu taşıtlar yerine kullanılabilecek çevre dostu bir ulaşım seçeneğidir. Özellikle yoğun kent trafiğinde veya dar sokaklarda bisiklet kullanmak, diğer ulaşım araçlarına göre daha hızlı olabilir. Aynı zamanda, fosil yakıtlara gereksinim duymadan hareket edebildiği için karbon ayak izini azaltmaya ve kentlerdeki hava kalitesini iyileştirmeye yardımcı olur.

Bu bölümde, bisiklet ulaşımının özellikleri, gelişimi ve yaygınlaşması hakkında bilgiler verilecektir.

2.1 Bisiklet Ulaşımının Özellikleri

Karayolları Trafik Yönetmeliği'ne (1997) göre bisikletler, insanlar tarafından kas gücüyle ve pedalla tekerleği çevirerek hareket eden, içinde motor bulunmayan taşıtlar olarak tanımlanmaktadır. 0,25 kilovattı geçmeyen, hızlandıkça gücü düşen ve hızı en fazla 25 km/saat değerine ulaştıktan sonra gücü tamamen kesilen elektrikli bisikletler de bu sınıfa girmektedir. Modern ulaşımın önemli bir parçası olarak günümüzde yaygın olarak kullanılan bisiklet, ilk olarak 19. yüzyılda Avrupa'da sosyal etkinlik olarak görülmüş, 20. yüzyıldan itibaren ise ulaşım amaçlı kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır (U.S. Department of Transportation, 2019). Bisikletin hızlı bir şekilde yaygınlaşmasında diğer ulaşım türlerine göre bazı üstünlükleri öne çıkmaktadır. Bu üstünlüklerden bazıları aşağıda sunulmuştur.

Bisiklet, kapıdan kapıya ve bir tarifeyle bağlı olmadan yolculuk yapmaya olanak tanıdığı için esnek ulaşım türleri arasındadır. Bu özellikleri özel taşıt ile benzerlik gösteren bu ulaşım türü, yolculukların anayol veya ulaşım türlerine erişim gerektiren ilk ve son ayaklarında (ilk/son kilometre), özel otomobile göre hızlı, verimli ve çevreci bir seçenek olarak ortaya çıkmaktadır (Uz ve Karasahin, 2004). İlk/son kilometre kavramı, yolculuğun başlangıç ve bitiş noktaları ile iniş veya biniş yapılan ulaşım türü arasındaki kısa uzunluktaki bağlantı yolculuklarını gösterirken, özellikle bisiklet gibi

mikrohareketlilik çözümleri, kentsel ulaşım ağlarındaki bu boşluklarının kapatılmasında önemli bir rol oynayabilir (Gamiz ve Wyant, 2020).

Bisiklet, hem hareket ederken hem de durduğunda diğer taşıtlara oranla çok daha az alan gerektirir. Bir karayolu kesitinde 3 m genişliğindeki bir şeritte saatte en fazla yaklaşık 1.500 otomobil ile 2.000-2.500 kişilik bir yolcu kapasitesi oluşurken, aynı şeritten 6.000-7.000 bisikletli geçiş yapılabilir. Aynı şekilde, otoparkların kent merkezlerinde kapladığı yer düşünüldüğünde, bisiklet kullanımının artması, değerli kamusal alanların daha verimli kullanılmasını sağlayabilir (Çağla ve diğ., 2016).

Bisiklet, trafiğe takılmadan çeşitli hedeflere ulaşma esnekliği sağlamaktadır. Belirli geçkilerden gitme ve duraklardan yolcu alma gibi zorunlulukların olmaması, bisikletin bazı durumlarda toplu taşıma sistemlerine göre daha hızlı olmasını sağlamaktadır. Aynı zamanda, bir bisiklet sürücüsünün yoğun trafikte motorlu taşıttan daha kısa sürede varış noktasına varması, onu önemli bir tercih nedeni yapabilir (Ceylan, 2022).

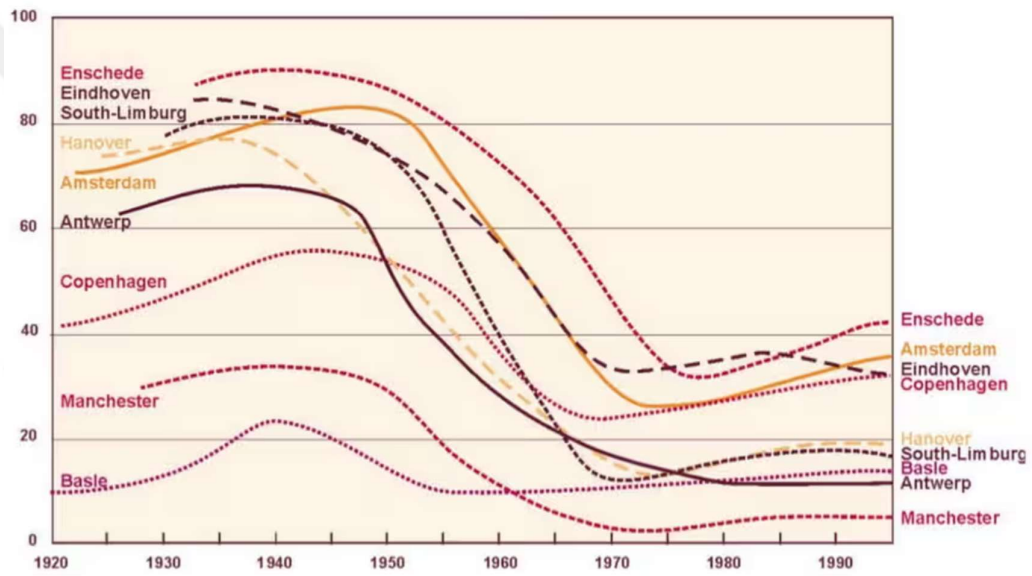
Bisiklet ekonomik anlamda da kullanıcılara pek çok fayda sağlamaktadır. Bisiklet ulaşımı, yaya türü dışında en düşük maliyetle gerçekleştirilen yolculuklardır. İlk yatırım maliyetleri açısından bakıldığında, bir bisikletin satın alma maliyeti özel taşıtlara göre çok daha düşüktür. Ayrıca, bisikletlerin bakımı ve onarımı da daha ucuzdur ve özel tesis gerektirmez. Bisikletlerin çalışması için yakıtı veya elektriğe gerek yoktur. Bu da bisikletin ekonomik bir ulaşım çözümü olarak önemli bir seçenek olmasını sağlar ve kentler için daha sürdürülebilir ve ekonomik bir ulaşım sistemi elde edilmesine katkıda bulunur (Oregon Bikeway/ Pedestrian Office, 1992).

Enerji verimliliği açısından değerlendirildiğinde ise bisiklet, kat edilen kilometre başına en az enerji gerektiren ulaşım türüdür. Yürüme ile karşılaştırıldığında, bisiklet ile 1 kilometreyi kat etmek için harcanan enerji, yürüyerek harcanan enerjini yaklaşık yarısıdır (Armstrong, 2022).

2.2 Bisiklet Ulaşımının Yaygınlaşması

Bisikletin icadıyla birlikte birçok olumlu etkisinin ortaya çıkması sonucunda, bu tür dünyada yaygın olarak kullanılan ulaşım türleri arasındaki yerini almıştır. Özellikle 19. yüzyılın sonundan motorlu taşıtların yaygınlaşmaya başladığı I. Dünya Savaşı'na kadar, bisiklet kullanımı yüksek düzeylere ulaşmıştır (Elbeyli, 2012).

Motorlu taşıtların önem kazanmasıyla birlikte, bisiklete karşı bakış açısı değişmeye başlamıştır. Konfor ve hız sağlama konusunda üstünlükleri olması nedeniyle motorlu taşıtlar bisikletlere göre daha çekici hale gelmiştir. Bunun sonucunda, toplumda bisiklet kullanımı prestij kaybına uğramış ve ilerleyen yıllarda bisiklet, daha alt gelir gruplarının tercih ettiği bir ulaşım aracı haline gelmiştir (Forester, 1994). II. Dünya Savaşı'ndan sonra ise, ülkeler motorlu taşıt odaklı yatırımlara odaklanılırken, özellikle bazı Avrupa kentlerindeki bisiklet kullanım payı çarpıcı bir şekilde azalış göstermiştir. Avrupa'nın bazı kentlerine ait tüm yolculuklar içindeki bisikletin payının 19. yüzyıldaki değişimi Şekil 2.1'de gösterilmektedir.



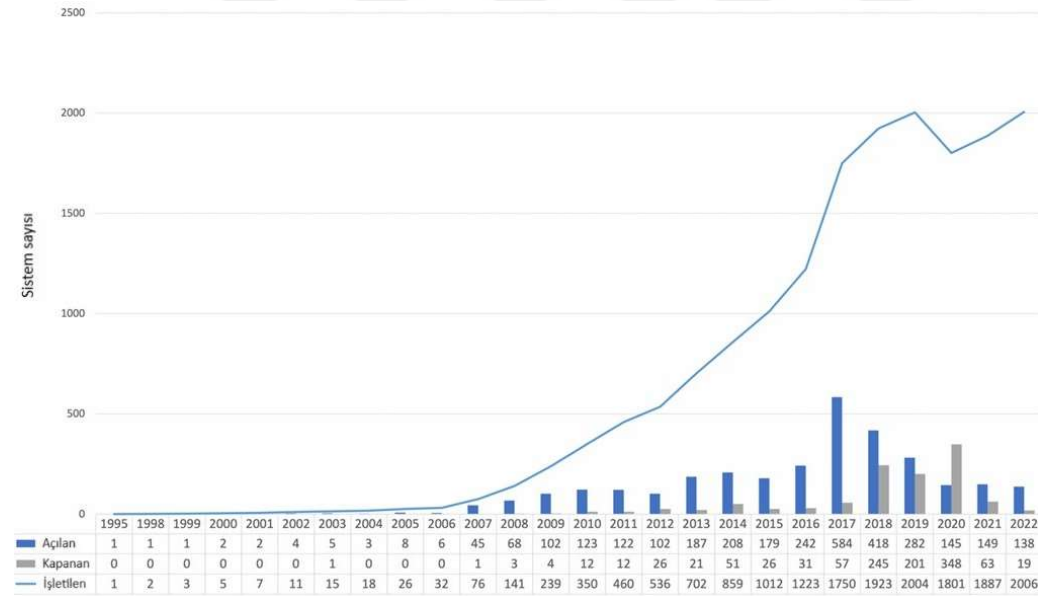
Şekil 2.1 : 1920-1995 yılları arasında, çeşitli Avrupa kentlerinde, bisikletin türel dağılımdaki payı (De La Bruheze, 2000).

Yıllar içerisinde, motorlu taşıt trafiğindeki artış sonucunda trafik kazalarının sayısında yükselme görülmüştür. Özellikle, bisikletli ölümlerindeki artış nedeniyle bazı Avrupa kentlerindeki bisiklet kullanıcıları, trafik kazalarındaki ölümleri protesto ederek motorlu taşıtların getirdiği trafik güvenliği sorunlara karşı farkındalık oluşturmuşlardır (Zee, 2015). Trafik güvenliği endişelerine ek olarak, 1974 yılında dünyada petrol krizinin yaşanması otomobil kullanımını azaltırken, bisikletin ulaşımındaki payının yine artmasına olanak sağlamıştır (Elbeyli, 2012).

Bu gelişmelerin ardından 1980'lerde, Århus, Odense ve Herning gibi Danimarka kentlerinde ilk defa deneysel ayrılmış bisiklet yolu projeleri başlatılmış ve Hollanda'da "Bisiklet Master Planı" kapsamında bisiklet yolları inşaa edilmeye başlanmıştır

(Maddox, 2001). Ayrılmış bisiklet yollarının yapılması, bisiklet kullanıcılarının büyük bir kesimi ve çevre hareketiyle ilişkili birçok kuruluş tarafından özendirilmiştir. Ayrıca, küresel ısınma ve iklim değişikliği konularındaki farkındalığın 1990'lardaki yükselişiyle birlikte, birçok ülkede bisiklet ağlarının inşasına yönelik talepler artmış ve birçok kentte önemli bisiklet ağlarının kurulması sağlanmıştır (Su ve diğ., 2010).

Bisiklet yollarının yaygınlaşmasının yanı sıra paylaşımlı bisiklet sistemlerinin ortaya çıkması, bisiklet kullanımını daha erişebilir hale getirmiştir. Paylaşımlı bisiklet sistemlerine sahip kentlerin sayısı 1990'lı yılların sonunda bir elin parmaklarını geçmezken, 2015 yılında kent sayısı 800'ün üzerine çıkmış ve bu kentlerde, 900.000'den fazla paylaşımlı bisiklet sayısına ulaşılmıştır (Guo ve diğ., 2022). Yalnızca Çin'de, 2016 yılında ilk kez hizmete giren paylaşımlı bisiklet sisteminden bir yıl sonra, ülke içinde paylaşımlı bisiklet sayısı 23 milyonun üzerine çıkmıştır (Guo ve diğ., 2022). 1995-2022 yılları arasındaki dünyada bisiklet paylaşım sistemi sayısını gösteren grafik, Şekil 2.2'de verilmiştir.



Şekil 2.2 : Dünyadaki bisiklet paylaşım sistemi sayısı (PBSC Urban Solution, 2022).

2000'li yılların başlarından sonra ise, geleneksel bisiklet sistemlerine seçenек olarak elektrikli bisikletler yaygınlaşmaya başlamıştır. İstenildiğinde pedal çevirerek normal bisiklet olarak kullanılabilen elektrikli bisikletler (e-bisiklet), kullanıcı yorulduğunda motor gücünün devreye alınmasıyla, özellikle arazi yapısının engebeli olduğu kentlerde önemli bir ulaşım seçeneği haline gelmiştir (Ceylan, 2022). Dünyanın en kalabalık ikinci ülkesi Çin'de 2020'de 130 milyon e-bisiklet olduğu

öngörülmektedir (Lindner, 2024). Benzer şekilde, bisiklet kullanımının yaygın olduğu Almanya'da da, 2020'de satılan bisikletlerin %38'inin e-bisiklet olması, bisiklet seçiminde büyük bir değişimin yaşandığını göstermektedir (Lindner, 2024).

2020 yılında başlayan Covid-19 salgınıyla beraber, insanların ulaşım davranışında köklü değişiklikler yaşanmıştır. Salgın süresince birçok insan, sosyal mesafeyi korumak amacıyla toplu taşımayı kullanmaktan vazgeçerek, bisiklet gibi aktif ulaşım türlerine yönelmiştir (Nikitas ve diğ., 2021). Bununla paralel olarak, bisiklet kullanımını arttırmak amacıyla birçok ülke “pop up” adı verilen düşük maliyetli ve az alan gereksinimi olan geçici bisiklet yolları oluşturmuşlardır. Kent içi yollar üzerine yapılan bazı işaretlemeler ve fiziksel ayırıcılar ile oluşturulan bu bisiklet yolları, başlangıçta geçici çözümler olarak düşünülse de, bu yolların bazıları kalıcı bisiklet yollarına dönüştürülmüştür (Rérat ve diğ., 2022). Bu örneklerden biri de, İBB Ulaşım Planlama Müdürlüğü (2020) tarafından yürütülen İstanbul'daki 4 km'lik ilk pop-up bisiklet yolu projesidir. Salgının ortaya çıkmasından kısa bir süre sonra, insanlar arasındaki fiziksel uzaklığın korunması ve bisikletli ulaşımın güçlendirilmesi amacıyla yapılan Kadıköy İlçesi Bağdat Caddesi'ndeki uygulama, daha sonra kalıcı hale gelmiştir (Url-1).



3. BİSİKLET KULLANIMINI ETKİLEYEN UNSURLAR

Bisiklet kullanım oranları; coğrafi konuma, kültürel etmenlere, altyapı olanaklarına ve bir dizi diğer unsura göre büyük farklılıklar göstermektedir. Genel olarak, kent planlaması, ulaşım politikaları ve toplumun genel kültürü gibi etmenler değerlendirilerek, bisiklet kullanımını özendirmeye yönelik stratejileri geliştirilebilir. Bu bölümde, bisiklet ulaşımını olumsuz etkileyen unsurlar ve nedenleri ile birlikte yol güvenliği açısından bisiklet ulaşımı talebini arttırıcı uygulamalar anlatılacaktır.

3.1 Bisiklet Ulaşımını Olumsuz Etkileyen Unsurlar

Kentlerde bisiklet kullanımı, çevre dostu ve sağlıklı bir ulaşım seçeneği olarak öne çıkmaktadır. Ancak, bisiklet ulaşımını kısıtlayan bazı unsurlar bulunmaktadır. Bu unsurlardan insan etkisinin bulunmadığı arazi ve hava koşulları gibi etmenler bisiklete olan talebi düşürebilirken; bunların sürüş güvenliği açısından da olumsuz etkileri olabilir. Bu olumsuz etkilerin yanında; bisiklet hırsızlığı, trafik ve yol koşulları gibi bazı etmenler ise insan değişkeni olarak ön plana çıkmaktadır.

3.1.1 Arazi koşulları

Kentsel topografya ve arazi koşulları, bisikletin bir ulaşım aracı olarak kullanılabilirliğini ve çekiciliğini belirlemede çok önemli etmenlerdir. Kentin arazi yapısı, bisiklet sürmenin kolaylığını ve rahatlığını önemli ölçüde etkileyebilir. Özellikle, İstanbul gibi kent merkezi engebeli arazi yapısına sahip olan kentlerde, eğim koşulları bisikletin bir ulaşım aracı olarak çekiciliğini azaltabilir. Avustralya'nın Adelaide kentindeki banliyölerde topografyanın bisiklet kullanımı üzerindeki etkileri konusunda yapılan bir çalışmada, engebeli arazinin düz alanlara göre bisiklet kullanım oranlarını önemli ölçüde azalttığı ortaya konulmuştur (Allan, 2013).

Bisikletliler, özellikle eğimin dik olduğu yerlerde, bir tepeye tırmanmaktan kaçınmak için farklı bir yol tercih edebilir. Ayrıca, belli bir yüksekliğe çıktıktan sonra, yükselti kaybetmekten de kaçınmaya çalışabilirler. Bu nedenle, dik eğimler içeren iniş-çıkışları fazla olan bir yol yerine dolaylı bir yol tercih edilebilir. Buna ek olarak, dik eğime

sahip yol kesimlerinde, bisiklet kullanıcıları yukarı doğru zikzak yaparak eğimi azaltma eğilimindedirler. Ancak bu durum, bisiklet güvenliğini olumsuz etkileyebilir (Department for Transportation, 2008).

Eğim, özellikle bisikletli davranışı ve hızı açısından, bisiklet güvenliği üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bisiklet altyapısı ve çevre ile ilişkili olarak, bisiklet becerilerinin bisiklet güvenliği ve konforu üzerindeki etkisi konusunda yapılan bir çalışma, eğitim değişikliklerinin, kavşakların ve farklı yol yüzeyi koşullarının bisiklet güvenliğini etkileyebileceğini ortaya koymuştur (Oh ve diğ., 2017).

3.1.2 Hava koşulları

Hava durumu, bisiklet kullanımı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Yağmur, soğuk havalar, aşırı sıcaklıklar, günlerin kısa olması ve sert rüzgarlar gibi unsurlar bisiklet yolculuklarının oranının azalmasına yol açabilir. Hava durumunun bisiklet kullanımı üzerindeki etkisini gözlemlemek için yapılan bir çalışmada, Finlandiya'nın Helsinki kentindeki önemli bisiklet yollarında yıl boyunca bisiklet sayımı gerçekleştirilmiş ve yaz aylarındaki bisiklet kullanımının kış aylarına göre 5,4 kat daha fazla olduğu bulunmuştur (Juga ve diğ., 2022). Soğuk ve rüzgârlı hava koşullarının bisiklet kullanımına olumsuz etkileri olsa da, Kuzey Avrupa ülkelerinde zorlu hava koşullarına karşın bisiklet kullanım oranı oldukça yüksektir. Bu nedenle, hava ve iklim koşullarının etkilerinin, bisiklet kullanımı engelleyici bir etmen olmaktan çok, bu koşullara nasıl uyum sağlanabildiğine bağlı olduğu görülmektedir. Örnek olarak, Kuzey Avrupa ülkelerinde bisiklet kullanıcılarının olumsuz hava koşullarında bile güvenle yolculuk etmeleri amacıyla, yüksek standartlı bisiklet yolları için yatırımları yapılmaktadır. Ayrıca, su geçirmez giysiler, ısı yalıtımlı eldivenler ve özel bisiklet lastikleri gibi donanımlar ise, olumsuz hava koşullarının etkisi en aza indirmeye katkı sağlamaktadır (Elbeyli, 2012).

3.1.3 Bisiklet hırsızlığı

Bisiklet ulaşımını olumsuz etkileyen etkenlerden biri de bisikletin çalınma endişesidir. Birçok çalışma, bisiklet hırsızlığı korkusunun bisiklet kullanımını caydırabileceğini ve bisiklet hırsızlığı mağdurlarının çoğunun yeni bir bisiklet satın almadığını göstermektedir (Scott, 2004). 2004 yılında ABD'de, yalnızca bisiklet hırsızlığı tüm hırsızlık olaylarının %3,6'sını oluşturmuştur (Sidebottom ve Johnson, 2008). Bu da her yıl 250.000'den fazla bisikletin çalınmasına eşittir. Amerika Ulusal Suç

Anketi’nden (2008) yapılan bir öngörüye göre, 2006 yılında bisiklet hırsızlığı veya bisiklet hırsızlığı olaylarının sayısı yaklaşık 1,3 milyondur (dakikada 2,5) (Sidebottom ve Johnson, 2008). Bisiklet hırsızlığını engellemek amacıyla bir çok kent; güvenli park yerleri inşa etmek, belirli noktalarda kilitli bisiklet dolapları yerleştirmek, bisiklet kayıtlarını tutmak ve bisiklet plakaları vermek gibi bazı önlemler almaktadır (Uz & Kardeşahin, 2004).

3.1.4 Trafik ve yol güvenliği endişeleri

Bir ülkedeki bisiklet kullanımının önündeki en büyük engellerden birisi, yüksek hacimli ve hızlı motorlu trafiği nedeniyle yolların çok tehlikeli ve konforsuz olduğu algısıdır (Cycling Embassy of Great Britain, 2021). Gerçekten de, yüksek yolculuk hızları ve yoğun trafik, bisiklet kullanıcıları için çeşitli risklerin ortaya çıkmasına yol açmaktadır.

İngiltere’de yapılan Ulusal Ulaşım Araştırması’nda (NTS), bisiklete binmemek konusunda belirtilen en yaygın gerekçeler arasında "bisiklete binmeye ilgi duymamak" (%28) ve "yol güvenliği endişeleri" (%24) belirtilmiştir. Bu gerekçeleri, "çok fazla trafik/çok hızlı trafik" (%16) ve “hava durumu” (%15) izlemektedir. 2020 yılında aynı ülkede yapılan Ulusal Ulaşım Tercihleri Araştırması’nda (NTAS) ise, 18 yaş üstü yetişkinlerin %66’sının "yollarda bisiklet sürmek çok tehlikeli" görüşüne katıldığı ortaya konmuştur. Bu oran kadınlar için, %71 ile daha da yüksektir (Department for Transport, 2020). Ülkemizde ise, üniversitelerde bisiklet kullanımının araştırılması ile ilgili bir anket çalışmasında, anketi yanıtlayan bisiklet sahibi öğrencilerin yaklaşık %40’ı yol güvenliği ile ilgili kaygılar nedeniyle okula bisikletle gelemediklerini belirlemişlerdir. Bisikleti olmayan öğrencilerin yaklaşık %15’i ise, aynı kaygılar nedeniyle bisiklet almadıklarını söylemişlerdir (Çağlar ve diğ., 2016).

3.1.4.1 Bisiklette stres düzeyi

Trafik Stresi; diğer ulaşım türleri ile etkileşime, trafik yönlendirmelerine (dur işaretleri, sinyaller vb.) ve bölgenin coğrafi özelliklerine dayalı olarak, bisiklet kullanıcısının sürüş sırasında hissettiği rahatsızlık düzeyi olarak tanımlanmaktadır (The Seattle Department of Transportation, 2018). Özellikle, bisiklet kullanıcılarının sürüş sırasında yaşadığı stres düzeyi, yol güvenliği ve konforunun değerlendirilmesinde ön plana çıkmaktadır.

Bisiklet kullanımında stres düzeyi konusunda literatürde farklı yaklaşımlar bulunmaktadır. Bisikletliler için yolların işletme koşullarını ölçmeye yönelik ilk çalışmalardan biri Davis Bisiklet Güvenlik Göstergesi'dir (Davis, 1987). Davis çalışmasında, yol ve kavşak özelliklerine dayalı olarak bisiklet güvenlik düzeyleri elde etmiştir. Sorton ve Walsh (1994) ise, "strese" odaklanan ilk araştırmacılar olmuş ve bisiklet stres düzeylerini Düzey-1'den Düzey -5'e kadar sınıflandırmışlardır. Düzey-1, bisiklet sürücüsü için sürüşün stresli olmadığını gösterirken, Düzey-5 stres düzeyinin çok yüksek olduğunu ve yol boyunca önemli sorunların yaşanabileceğine yönelik beklentiler olduğunu gösterir. Landis ve diğ. (1997), bir karayolunun veya bisiklet yolunun hizmet düzeyini tanımlamak için istatistiksel olarak kalibre edilmiş bir model olarak Bisiklet Hizmet Düzeyi'ni (BLOS) geliştirmiştir. Bu model, bir grup bisiklet kullanıcısına ait gözlemlere ve bu bireylerin algılarına dayanarak, motorlu taşıtların hızı, karışık trafik durumu, şerit başına motorlu taşıt trafik hacmi gibi trafik özelliklerini doğrusal regresyon girdisi olarak kullanıp, stres düzeyini tanımlamakta ve bunları altı hizmet sınıfına ayıran bir göstergeye dönüştürmektedir.

Bisiklet kullanımında stres ile ilgili önemli çalışmalardan biri ise, Mekuria ve diğ., (2012) tarafından yapılan, yol özelliklerine dayalı olarak Trafik Stres Düzeyi'nin (LTS) hesaplandığı Bisiklette Düşük Risk çalışmasıdır. Bu çalışmada, hesaplanan LTS değerleri, bisiklet kullanıcılarının yaşadığı stresi yol ağı özelliklerine göre 4 sınıfa ayıran bir gösterge olarak temsil edilmektedir. Düzey-1, bisiklet kullanıcısı için sürüşün stresli olmadığını gösterirken, Düzey-4'te stres düzeyinin çok yüksek olduğunu, geçki boyunca önemli sorunların yaşanabileceğini ve geçkinin yalnızca deneyimli bisikletçiler için uygun olduğunu belirtilmektedir. LTS göstergesi, düşük stres düzeyine sahip yolları belirleyip gerekli bisiklet altyapı yatırımlarının planlanması amacıyla birçok kentte kullanılmaktadır.

LTS göstergesini kullanan kentlerden biri olan Boston, kentte bulunan her cadde için bir Bisiklet Trafik Stres Düzeyi (BLTS) puanı geliştirmiştir. Bu puan, bisikletlilerin yolda yaşadıkları trafik stresini ölçmektedir. Her bir yol kesimi için BLTS puanı aşağıdakilere dayanmaktadır (City of Boston, 2020):

- Trafik hızı
- Günlük ortalama trafik hacmi
- Bisiklet yolu varlığı

- Yol kenarı park yeri bulunması
- Kesişim noktaları (okul bölgesi, otobüs şeridi vb.)

Boston Belediyesinin hazırladığı Bisiklet Trafik Stres Düzeyi tablosu, Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1 : Boston Bisiklet Trafik Stres Ölçütleri.

Günlük Trafik Hacmi			Hız Sınırı (mil/sa)			Özel Bölge (Okul, Sanayi vb.)	Bisiklet Güvenliğini Arttırıcı Uygulamalar		
			20	25	30 +		Ayrılmış Bisiklet Yolu	Paylaşımlı Bisiklet Yolu	Trafik Sakinleştirme
<1.500	Bisiklet Yolu	Park Yeri Olmayan	LTS 1	LTS 1	LTS 2	LTS 4'e kadar 1 eklenir	LTS 1LTS 1LTS 1		
		Park Yeri Olan	LTS 1	LTS 1	LTS 3				
	Bisiklet Yolu Olmayan	LTS 1	LTS 2	LTS 3					
1.500 – 3.000	Bisiklet Yolu	Park Yeri Olmayan	LTS 2	LTS 2	LTS 2		LTS 1LTS 1LTS 2		
		Park Yeri Olan	LTS 2	LTS 2	LTS 3				
	Bisiklet Yolu Olmayan	LTS 2	LTS 2	LTS 3					
3.000 – 6.000	Bisiklet Yolu	Park Yeri Olmayan	LTS 2	LTS 2	LTS 2		LTS 1......		
		Park Yeri Olan	LTS 2	LTS 2	LTS 3				
	Bisiklet Yolu Olmayan	LTS 3	LTS 3	LTS 4					
>6.000	Bisiklet Yolu	Park Yeri Olmayan	LTS 3	LTS 3	LTS 4	LTS 1......			
		Park Yeri Olan	LTS 3	LTS 4	LTS 4				
	Bisiklet Yolu Olmayan	LTS 3	LTS 4	LTS 4					

Çizelge 3.1’de görüldüğü üzere, yol kesimindeki günlük trafik hacmi ve hız sınırı arttığında, bisiklet trafik stres düzeyi artmıştır. Buna karşın; trafik sakınleştirme, ayrılmış ve paylaşımlı bisiklet yolları gibi bisiklet güvenliğini artırıcı uygulamaların olması, stres düzeyini azalttığı görülmektedir.

3.2 Yol Güvenliği Açısından Bisiklet Kullanımını Arttırıcı Uygulamalar

Bisiklet ulaşımını olumsuz etkileyen unsurları azaltmak ve bisiklet kullanımını özendirmek için çeşitli düzenlemeler yapılabilir. Özellikle yol güvenliği sorunları, bazı karayolu düzenlemeleri ile giderilmesi mümkün olan sorunlardır. Ulaşım talebinin

yüksek olduğu kent içi yollarda, trafik sakinleştirme uygulamaları, bisiklet yolları, korumalı şeritler, bisiklet dostu sokaklar, bisiklet park alanları vb. uygulamalar ile daha fazla kentlinin bisikleti bir ulaşım aracı olarak seçmesi sağlanabilir (Szell ve diğ., 2022). Bu bölümde, bisiklet güvenliğini artırıcı bazı altyapı düzenlemeleri açıklanmıştır.

3.2.1 Trafik sakinleştirme

Trafik sakinleştirme, sokakları tüm yol kullanıcıları için daha güvenli hale getirmek amacıyla, motorlu taşıtların kasıtlı olarak yavaşlatılmasıdır. Trafik sakinleştirmede, kent geneli veya sokak düzeyindeki tasarımlara kadar değişen farklı ölçeklerde bir dizi farklı uygulama kullanılabilir. Bisiklet ve yaya güvenliğinin artırılması amacıyla, Amsterdam kent merkezindeki ana yollarda hız sınırının saatte 50 km/sa değerinden 30 km/sa değerine düşürülmesi, kent çapında yapılan trafik sakinleştirmesine örnek olarak verilebilir (Url-2). İngiltere'nin uyguladığı Mini-Hollanda uygulamasında ise, Londra'nın çevresindeki bazı caddelerde motorlu taşıt trafiği kısıtlanarak bisiklet dostu kent yaratılması amaçlanmıştır (Url-3).

Bazı trafik sakinleştirme uygulamaları aşağıda verilmiştir:

- Tümsekler ve yükseltilmiş yaya geçitleri: Yol yüzeyine tümsek gibi engelleyiciler koyarak motorlu taşıtların yavaşlatılmasıdır.
- Sokak kapatma: Yaya ve bisiklet yoğunluğunun fazla olduğu yolların, tamamen veya belirli saatlerde, taşıt trafiğine kapatılmasıdır.
- Yol yüzeyi düzenlemeleri: Çeşitli yüzey dokuları kullanılarak farkındalığın artırılmasına ve sürücülerin dikkatinin çekilmesine yardımcı olmaktadır.
- Taşıt yolu alanının azaltılması: Yol genişliği ve dönüş yarıçapları azaltılarak motorlu taşıtların hızının azaltılması amaçlanmaktadır. Ağaçlandırma ve bariyer gibi fiziki yol genişliği azaltma uygulamaları, sürücü algısını değiştirerek taşıt hızının azaltılmasına yardımcı olur. Ek olarak, dönüş yarıçaplarının 90 derece olarak uygulanması, kavşaklarda taşıt hızının düşürülmesinin yanında, sürücünün güvenli geçiş yapmasına olanak sağlar.
- Trafik ışık süreleri: Bisiklet yolculuk hızına uygun trafik ışık süreleri belirlenerek, bisiklet kullanım konforunun iyileşmesinin yanında, motorlu taşıtların hızının da azaltılması amaçlanmaktadır.

- Dönel kavşaklar: Trafik hacminin az olduğu kavşakların ortasına yerleştirilen küçük yuvarlak adalar, yerleşim yerlerine yakın noktalarda motorlu taşıt hızlarını denetlemeyi sağlamaktadır (Turner ve diğ., 2006).

3.2.2 Paylaşımlı bisiklet yolları

Bisiklet Yolları Yönetmeliği'ne (2019) göre paylaşımlı bisiklet yolları; taşıt yolu düzeyinde, taşıt sürücüleri ile bisiklet kullanıcılarının faydalanabileceği ve yol zemininde yapılan işaretleme ile belirlenmiş şeritlere denir. Paylaşımlı bisiklet yolları, ayrı bir bisiklet yolu için yeterli genişliğe sahip olmayan yollarda bisiklet yolu ağının bütünlüğünün sağlanabilmesi ve bisikletlilerin bisiklet yolu dışındaki taşıt yolu kullanımlarının en aza indirilmesi amacıyla uygulanmaktadır. Böylece, bisiklet yolu ağının kesintisiz olması sağlanırken, bisikletlilerin taşıt yolunu kullanma gereksinimi azalmaktadır.

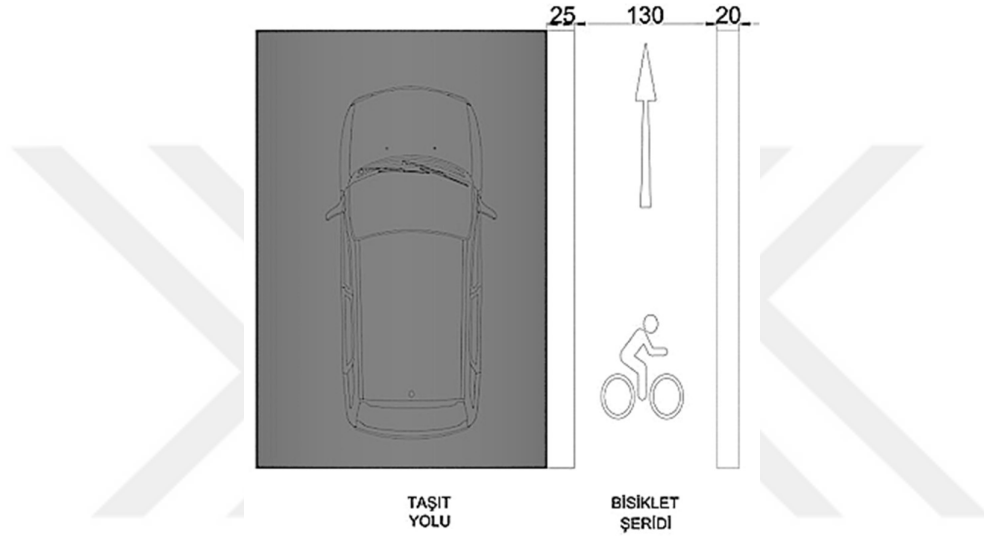
Birçok kent, motorlu taşıtların bisiklet güvenliğine olumsuz etkilerine yönelik bir çözüm olarak paylaşımlı bisiklet yolunu denemektedir. San Francisco Trafik Müdürlüğü'nün yaptığı bir çalışmada (2004), kent genelinde yapılan paylaşımlı bisiklet yolu uygulamalarından sonra, bisiklet ile motorlu taşıt arasındaki etkileşimlerde, ortalama yatay uzaklıkta yaklaşık 0,6 m artış gözlenmiştir. Bunun yanı sıra, sollama sırasında motorlu taşıt sürücülerinin saldırgan davranışlarının azaldığı belirtilmiştir.

Paylaşımlı bisiklet yolları motorlu taşıt sürücülerinde bisiklet farkındalığı oluştursa da, ayrılmış bir bisiklet yolunun bulunmaması ve karışık trafik akımı koşulları bisiklet güvenliğini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Özellikle trafik akımının yoğun olduğu yol kesimlerinde yapılan bu uygulamalar, bisikletlilerin stres düzeyini de arttırabilir.

3.2.3 Bisiklet şeritleri

Bisiklet şeritleri, park yerlerine veya kesişen sokaklara motorlu taşıtlar tarafından ara sıra yapılan olası ihlaller dışında, karayolu üzerinde yalnızca bisikletlerin özel kullanımı için işaretlerle belirlenmiş alanlardır. Yeterli genişliğe sahip oldukları ve trafiğin yavaş olduğu bir yol üzerinde konumlandırıldıkları durumlarda, bisikletlilere düşük stresli bir sürüş ortamı sunabilirler. Ancak bu tasarım, hız sınırının yüksek veya trafiğin yoğun olduğu ve kesişmelerin bulunduğu yol kesimlerinde, bisikletliler için

olumsuz koşullara yol açabilir. Bisiklet şeritlerine uygulanan ve bisikletlileri genellikle motorlu taşıt trafiği ile birleşmeye zorlayan kavşak tasarımları, bisiklet kullanıcılarının yol güvenliğini azaltıcı özelliktedir (Maaza ve diğ., 2012). Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın (ÇŞİDB) hazırladığı Bisiklet Yolları Kılavuzu'nda yer alan (2019) bisiklet şeritlerine ait örnek görsel Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1 : Bisiklet şeridi (ÇŞİDB, 2019).

Bisiklet şeritlerinin genellikle mevcut altyapıyı büyük ölçüde değiştirmemesi, bunların daha az maliyet ve süre ile uygulanmasına olanak tanımaktadır. Ancak bu tasarımda, bisikletliler motorlu taşıt trafiğinden fiziksel olarak ayrılmadığı için motorlu taşıtların kural ihlali yaparak bisiklet şeridine girmesi olasıdır. Özellikle bisiklet kültürünün gelişmemiş olduğu kentlerde; motorlu taşıt sürücöleri, trafik yoğun olduğunda bisiklet şeritlerini kullanabilir veya bisiklet şeridine park ederek bisiklet geçişine engel olabilirler (Elbeyli, 2012).

3.2.4 Bisiklet sokakları

Bisiklet sokakları, taşıt trafiğini sınırlayan veya yavaşlatan önlemlerin alındığı, bisikletlilerin motorlu taşıtlara göre öncelikli olduğu sokaklardır. Motorlu taşıtlar ile bisikletlilerin ortak kullanımına olanak sağlayan bu sokakların tasarımında, yolların motorlu taşıtlar tarafından yalnızca yol üzerinde bulunan yaşam alanlarına erişim sağlamak amacıyla kullanması hedeflenmektedir. Bisiklet sokaklarının aşağıdakilere özelliklere sahip olması beklenmektedir:

- Yerleşim yerlerinde bulunan bisiklet yol ağının bir parçası olması ve bisiklet kullanımının yoğun olması.
- Yol yüzeyinin pürüzsüz ve bisiklet kullanımına elverişli olması.
- Motorlu taşıt trafiğini caydıracak önlemler alınması.
- Bisiklet sürüş konforunu etkilemeyen, motorlu taşıtların hızını azaltacak önlemlerin uygulanması. Bu kapsamda, genellikle, motorlu taşıt hızının 30 km/sa'ten az olması sağlanmaktadır.
- Bisikletlerin, motorlu taşıtlar tarafından sollanmasını engelleyecek önlemlerin alınması.
- Motorlu taşıt trafiğinin az olması.

Bisiklet sokaklarının uygulanabilmesi için yolu kullanan bisikletlerin sayısının motorlu taşıtlardan daha fazla olması beklenmektedir. Eğer taşıt sayısı fazla ise, motorlu taşıt sayısını azaltıcı önlemler alınması veya ayrılmış bisiklet yolu gibi seçeneklerin uygulanması gerekmektedir (Url-4).

3.2.5 Ayrılmış bisiklet yolları

Ayrılmış bisiklet yolları, motorlu taşıt yollarından, özel olarak bisiklet için fiziki olarak ayrılmış ve tasarlanmış yollardır. Bisiklet yolları, bisikletlilere güvenli ve konforlu bir ortamda yolculuk yapma olanağı sağlarken, genellikle, taşıt trafiğinden ayrılan veya taşıt trafiğini sınırlayan ayrılmış alanlarda bulunur. Motorlu taşıt trafiğinden fiziksel olarak ayırma araçları arasında; yol kenar dikmeleri, yükseltilmiş orta ayrıcılar, yeşil bantlar, park şeritleri, kademe farklı ve esnek direkler yer almaktadır.

Ülkemizdeki Bisiklet Yolları Yönetmeliği'nde (2019), en yüksek hız sınırının 50 km/sa'nın altında olduğu kent içi yollarda, bisiklet ile taşıt yolunun aynı düzeyde olması durumunda, taşıt yolunun en sağdaki şerit çizgisinden itibaren en az 75 cm güvenlik aralığı bırakılması ve bu aralığın ortasında yol kenar dikmeleri konulması zorunluluğu bulunurken, bisiklet yolunun temiz genişliğinin 0,90 m olması gerekmektedir. Bu koşulları içeren ayrılmış bisiklet yolu örneği ve ayrılmış bisiklet yolları için ülkemizde belirlenen en düşük güvenlik aralıkları sırasıyla Şekil 3.2'de ve Şekil 3.3'te gösterilmiştir.

Bisiklet yolları güvenli sürüşe olanak sağlasa da, bazı zorunlu durumlarda bisiklet kullanıcısının yolu yaya veya motorlu taşıtlarla paylaşması, bisiklet risk düzeyini arttırabilmektedir. Yaya ve bisiklet hızlarının motorlu taşıt hızlarına göre daha düşük olması nedeniyle, bisiklet-yaya etkileşimlerinin bisiklet-motorlu taşıt etkileşimlerine göre daha az risk düzeyi içerdiği söylenebilir. Ancak, zorunlu durumlar dışında, tamamen ayrılmış bisiklet yolları bisiklet kullanıcılarının güvenliği ve konforunu arttırmak için önerilmektedir (Maaza ve diğ., 2012, Bisiklet Yolları Yönetmeliği, 2019).





4. BİSİKLETTE GÜVENLİ SÜRÜŞ

Yol kullanıcıları arasında motorlu taşıtlara göre daha korunmasız ve hassas bir yapı gösteren bisikletler, trafik güvenliği çalışmalarında “İncinebilir Yol Kullanıcıları” olarak adlandırılmaktadır (EGM, 2019). Birçok kent içi yolda, bisiklet yolu/şeridi ve hız denetimli güvenli geçiş noktaları gibi temel altyapı eksikleri, bisiklet kullanıcılarının motorlu taşıtlar ile aynı yolu paylaşmasına ve bisiklet sürücülerinin trafik kazalarında hayatlarını kaybetmesine yol açmaktadır. Bu yönüyle değerlendirildiğinde, güvenli bisiklet sürüşü, bisiklet kullanıcılarının güvenliğini sağlamak açısından yaşamsal öneme sahiptir.

4.1 Güvenli Sürüşün Temel Özellikleri

Bisiklet sürüşü öncesi ve sürüş sırasında güvenliğin sağlanmasına ilişkin bazı temel özellikler bulunmaktadır. İstanbul Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Planlama Müdürlüğü tarafından hazırlanan Bisiklet El Kitabında bu temel özellikler; sürüş hazırlık, görünürlük, dikkatli sürüş, diğer yol kullanıcıları ile doğru iletişim ve yol kurallarına uyma şeklinde sıralanmıştır (İUPM, 2021). Bu kaynakta, bisiklet kullanıcıları için sürüş öncesi ve sonrası ile sürüş sırasında güvenliğin sağlanmasına katkı veren bilgiler, alınması gereken önlemler ve faydalı sürüş teknikleri aşağıdaki gibi belirtilmiştir;

Sürüş Öncesi:

- Fiziksel duruma en uygun bisiklet seçilmelidir.
- Bisikleti kullanmadan önce, tamamen verimli çalışacağından (vida ve civataların emniyetli şekilde sıkıldığından, frenlerin ayarından ve lastik hava basınçlarından) emin olunması gerekmektedir.
- Bisiklette bulunan jantlar, frenler, lastikler, gidon, zincir ve aktarıcılar zamanla aşınabilir. Bu parçaların onarımı ve bakımı düzenli olarak yapılmalıdır.

- Sürüş sırasında tehlikeli düşmeler ve diğer rahatsızlıklardan korunmak için uygun kıyafet, gözlük ve koruyucu kask giyilmelidir.

Sürüş sırasında:

- Ayrılmış özel bir yol yok ise bisiklet taşıt yolunun en sağında sürülmelidir.
- Dönüşlerde, taşıtların ve yayaların fark edebilmesi için uygun el işaretleri verilmelidir. Uygun el işaretlerini gösteren görseller Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1 : Bisikletteki el işaretleri (İBB, 2017)

- Tren yolu rayları ve yol ızgaraları düşük hızlarda ve dikey olarak geçilmelidir.
- Sürüş için her zaman tek sıra halinde, öndeki taşıt ile güvenli uzaklık bırakarak ve düz hat izleyerek, yolun sağ tarafı kullanılmalıdır.
- Yokuş aşağı sürüşlerde frenleme sırasında vücudu sele üzerinden kaldırarak veya kaydırarak ağırlık bisikletin arka tarafına verilmelidir.
- Frenleme sırasında lastiklerin yolu tutuş gücünün azalacağı ve bisikletin kontrolünün kaybedileceği göz önüne alınarak dikkatli ilerlenmelidir. Frenleme sırasında her zaman öncelikle arka fren, daha sonra ön fren tercih edilmelidir.
- Lastikleri aşındıracak ve tutuş gücünü azaltacak çukurlara, rögar kapaklarına, çakıllara ve diğer tehlikelere karşı dikkatli olunmalıdır.

4.1.1 Koruyucu donanımlar

Sürüş sırasında tehlikeli düşmeler ve diğer rahatsızlıklardan korunmak için koruyucu donanımlar bulunması önem taşımaktadır. Bu donanımların başında; bisikletlinin kafa yapısında uygun, darbelere karşı dayanıklı, onaylanmış bir koruyucu kask gelmektedir (Bisiklet Yolları Yönetmeliği, (2019). Japonya'daki trafik kazası istatistik verilerine göre, bisikletli ölüm vakalarında en sık yaralanan bölge %63 ile baştır. (Katsuhara ve

diğ., 2014). Bu nedenle, sürüş sırasında kask takılması, kaza anında bisiklet kullanıcılarını ölümcül yaralanmalardan koruyabilir. Attewell ve diğ., (2001) tarafından yapılan bir çalışmada, bisiklet sürücülerinin kask kullanmasının kafa yaralanması riskini %60, beyin yaralanması riskini ise %58 oranında azalttığı bulunmuştur. Karayolları Trafik Yönetmeliği'ne (1997) göre bisiklet kullanıcılarının sürüş sırasında kask takmaları zorunludur.

Bisiklet gözlükleri ise, sürüş güvenliği açısından öneme sahip bir diğer koruyucu donanımdır. Bisiklet gözlükleri, gözleri yalnızca güneşten değil, toz, rüzgâr, kum, tuz, su gibi görünen ya da görünmeyen etkilere karşı da korumaktadır. Bu olumsuz etkilere karşı tam koruma sağlamak için bisiklet gözlüğünün yüzü tam sarması ve burna tam oturması gerekmektedir (Url-5). Ülkemizde 2022 yılında yapılan yönetmelik değişikliği ile beraber, koruma gözlüğü takılması zorunlu hale gelmiştir.

Bir diğer koruyucu donanım ise sürüş sırasında giyilen kıyafetlerdir. ÇŞİDB tarafından hazırlanan Güvenli Sürüş Teknikleri El Kitabı'nda (2019), bisiklet sürüşü için kıyafet seçiminde dikkat edilmesi gerekenler aşağıdaki gibi sıralamıştır:

- Zincire veya tekerleğe sıkışabilecek paçası veya kendisi bol kıyafetler giyilmemelidir.
- Pedaldan kayma olasılığı olduğundan, terlik ve sandalet türü giyeceklerle bisiklet kullanılmamalıdır. Bunun yerine, kapalı, kaymaz tabanlı veya ayaktan çıkamayacak ayakkabılar tercih edilmelidir.
- Giysilerin ceplerinde sert, batıcı, delici nesnelerin olmamalıdır.
- Zorunlu olmamakla birlikte sürüş konforu ve kavrayış açısından bisiklet eldivenleri kullanılabilir.

4.1.2 Görünürlük ve aydınlatma

Sürücülerin açıkça görünür durumda olan diğer yol kullanıcılarını algılayamamaları nedeniyle düştükleri hata anlamına gelen “Baktım-Ama-Göremedim” (Looked-But-Failed-to See), literatürde yer alan bir kavramdır (Özakay ve Koyuncu, 2020). Bisikletin boyutunun ortalama bir taşıta göre daha küçük olması, özellikle bisiklet-motorlu taşıt etkileşimlerinde, motorlu taşıt sürücüsünün bisikleti görememesine yol açabilir. İstatistiklerde yer alan çoğu kazada, trafikte bisikletlerin görünürlüğünün yüksek olduğu durumlarda bile, taşıt sürücüsü onları saptamada zorlanmıştır (Özakay

ve Koyuncu, 2020). Bu nedenle, bisiklet kullanıcılarının görünürlüğünün yüksek olması ve onların diğer yol kullanıcıları tarafından algılanması, bisiklet güvenliği açısından önem taşımaktadır.

Bisiklet kullanıcılarının görünürlüklerini arttırmak için daha açık ve yansıtıcı renkte kıyafetler giymeleri ve bisikletlerinin ön ve arkasında ışık bulundurmaları gerekmektedir (Johnson ve ark., 2010). Özellikle, gece sürüşlerinde bisikletlinin ve yolcusunun kendilerini görünür kılabilecek kıyafetler giymesi ve giysilerine yansıtıcı işaret takmaları (tercihen sarı veya turuncu) sürüş güvenliğini olumlu yönde etkileyebilir (ÇŞİDB, 2019). Ayrıca, Karayolları Trafik Yönetmeliği'ne (1997) göre bisikletlerin, gece yolculuklarında görünürlüklerini sağlayacak şekilde yansıtıcı yelek vb. giymeleri zorunludur.

4.2 Yasal Düzenlemeler

Ülkemizde sürücülerin uymakla yükümlü olduğu kurallar, düzenlemeler, almaları gereken eğitimler, karayolu üzerindeki hak, hürriyet ve sorumluluklar 2918 sayılı Karayolları Trafik Kanunu uyarınca belirlenmiştir. Bisiklet karayolu üzerinde seyrettiği için bu kanuna bağlıdır. Bisiklet ile ilgili Trafik Kanunu ve Trafik Yönetmeliği'nde (1997) yer alan maddeler aşağıda sıralanmıştır.

- Bisiklet bir ulaşım aracıdır ve bütün trafik kuralları bisikletliler için de geçerlidir.
- Bisiklet kullananların 11 yaşını bitirmiş olmaları, bedensel ve ruhsal bakımdan sağlıklı bulunmaları zorunludur.
- Bisiklet yolunun olmadığı tüm cadde ve sokaklarda bisiklet, yolun sağ şeridini kullanma hakkına yasal olarak sahiptir.
- Bisiklet için hız sınırı yerleşim yerlerinde 30 km/sa, yerleşim yerleri dışında 45 km/sa olarak belirlenmiştir. Otoyollarda bisiklet kullanımı yasaktır.
- Karayolunun sağ şeridinde iki bisikletli yan yana gidebilir.
- Ayrılmış bisiklet yolu varsa, bisikletlerin taşıt yolunda ve yayaların kullanmasına ayrılmış yerlerde kullanılması ile ikiden fazla bisikletin taşıt yolunun bir şeridinde yanyana sürülmesi yasaktır.
- Dar yollarda ve kavşaklarda bisikletli, motorlu taşıtlara geçiş kolaylığı sağlamalıdır.

- Sağa ve sola dönüşlerde, sürücüler kurallara uygun olarak geçiş yapan bisiklet yolundaki bisikletlilere ilk geçiş hakkını vermek zorundadırlar.
- Bisiklet sürerken en az bir elin gidonda olması zorunludur.
- Bisiklet sürücülerinin, sürücü arkasında yeterli bir oturma yeri olmadıkça, başka kişileri bindirmeleri ve 80 cm'den fazla yüksek yükleri taşımaları yasaktır. Sürücü arkasında ayrı oturma yeri olan bisikletlerde bir kişiden fazlası taşınamaz
- Bisikletlilerin kask takmaları ve gece yolculuklarında görünürlüklerini sağlayacak şekilde reflektif yelek vb. giymeleri zorunludur.
- Bisiklet kullanıcıları için; gözü dış etkilere karşı koruyacak, görüşe engel olmayacak, normal görüşü bozmayacak bir koruma gözlüğü takılması zorunludur.

4.3 Kaza İstatistikleri

Bisiklet kazaları, dünya genelindeki birçok ülkede önemli bir trafik güvenliği sorunudur. İncinebilir yol kullanıcıları arasında yer alan bisikletliler, özellikle motorlu taşıt sürücülerinin hataları sonucunda, ciddi yaralanma ve ölüm riski ile karşı karşıya gelebilmektedir. Bu nedenle, bisiklet kazalarına ilişkin verilerin derlenmesi ve analiz edilmesi, bu kazaların nedenlerini anlamak ve önleyici stratejiler geliştirmek açısından hayati önem taşımaktadır. Bu bölümde, dünyada ve ülkemizde gerçekleşen bisiklet kazaları hakkında istatistiki bilgiler verilecektir.

DSÖ'nün raporuna göre, trafik kazaları her yıl 1,19 milyondan fazla ölüme ve 50 milyona varan yaralanmaya yol açmaktadır. Ölüm sayıları, dünya çapında gerçekleşen ölümlerin %8'ine karşılık gelmektedir (DSÖ, 2023). Bu ölümlerin yarısından fazlası ise, incinebilir yol kullanıcıları olan yayalar, bisikletliler ve motosikletlilerden oluşmaktadır. Aynı rapora göre, bisikletli ölümleri son 10 yılda %20 artarak yılda yaklaşık 71.000'e ulaşmış ve trafik kazalarındaki ölümlerin %6'sını oluşturmuştur. Fransa'da yapılan bir araştırma, ulaşım da harcanan zaman göz önünde bulundurulduğunda, bir bisikletlinin trafik kazasında ölme riskinin bir otomobil sürücüsüne göre 1,5 kat daha fazla olduğunu göstermiştir (Haddak, 2016).

ABD'de, bisiklet yolculukları tüm yolculukların yalnızca %1'ini oluştururken, motorlu taşıtların karıştığı kazalarda hayatını kaybedenlerin %2'sinden fazlasını bisiklet kullanıcıları oluşturmaktadır (NHTSA 2020). Çarpışmalardan kaynaklanan bisiklet

yaralanmaları ve ölümlerinin maliyetinin ABD'de her yıl 23 milyar doları aştığı öngörülmektedir. Bu maliyetler, sağlık harcamaları ve iş verimliliği kaybının yanı sıra yaşam kalitesi kaybı ve kaybedilen hayatlar için yaklaşık maliyetleri de içermektedir (NHTSA 2020).

ABD’de 2020 yılında gerçekleşen kazalarda 100.000 kişi başına düşen bisikletli ölüm oranı erkeklerde kadınlara göre 7 kat daha yüksektir (NHTSA, 2020). 100.000 kişi başına yaralanma oranı ise erkeklerde kadınlara göre yaklaşık 4 kat daha yüksektir. Ülkede bisikletli ölümlerinin dörtte üçü kent içinde olmuştur. 2011'den 2020'ye kadar olan 10 yıllık dönemde, trafik kazalarında ölen bisikletlilerin yaş ortalaması 2011'de 43 iken 2020'de 48'e yükselmiştir (NHTSA, 2020). ABD’de 2011-2020 yılları arasında gerçekleşen tüm kazalarda ölüm ve yaralanma sayılarının bisiklet ile karşılaştırması Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 : ABD bisiklet kaza istatistikleri (NHTSA, 2020).

Yıl	Toplam Ölen		Ölüm Oranı (%)	Toplam Yaralanan		Yaralanma Oranı (%)
	Tüm Kazalar	Bisikletli		Tüm Kazalar	Bisikletli	
2011	32.479	682	2,1	2.227.209	48.134	2,2
2012	33.782	734	2,2	2.369.083	49.300	2,1
2013	32.893	749	2,3	2.318.992	48.088	2,1
2014	32.744	729	2,2	2.342.621	50.414	2,2
2015	35.484	829	2,3	2.454.778	45.066	1,8
2016	37.806	853	2,3	3.061.885	64.218	2,1
2017	37.473	806	2,2	2.745.268	49.698	1,8
2018	36.835	871	2,4	2.710.059	46.536	1,7
2019	36.355	859	2,4	2.740.141	49.057	1,8
2020	38.824	938	2,4	2.282.015	38.886	1,7

Çizelge 4.1’den görüleceği üzere, 2020 yılında ABD’de 938 bisiklet ölümü gerçekleşirken, bu rakam yıl içindeki tüm trafik kazası kaynaklı ölümlerinin %2,4’ünü oluşturmaktadır. Gerçekleşen kazalarda hayatını kaybeden bireylerin sayısında yıllar içinde genelde artış olmuştur. Özellikle, 2019-2020 yılları arasında artış %9 oranında olmuştur. Tüm ölümlü kazalarda bisikletli ölüm oranı ise, bu 10 yıl içinde %2,1’den %2,4 ile en yüksek düzeyine çıkmıştır. Öte yandan, kazaların sonucunda yaralanan bisikletli sayısı dalgalı bir seyir izlemiştir. Ancak, son 10 yılda tüm kazalarda yaralanan sayısına oranla bisiklet yaralanmalarında azalma olmuştur.

Çizelge 4.2’de 2015-2022 yılları arasında ülkemizde gerçekleşen yerleşim yerleri içi ve dışındaki ölümlü-yaralanmalı trafik kazasına karışan bisiklet sayıları, ölüm ve yaralanma sayıları paylaşılmıştır.

Çizelge 4.2 : Türkiye bisiklet kaza istatistikleri (KGM, 2016-2023).

Yıllar	Kazaya Karışan Taşıt Sayısı				Ölen Bisikletli Sayısı				
	Yerleşim yerleri içi	Yerleşim yerleri dışı	Toplam	%	Kaza yerinde	Kaza sonrası	Toplam	Tüm sürücüler içindeki payı (%)	Tüm ölümler içindeki payı (%)
2015	8.350	226	8.576	3,0	52	99	151	4,9	2,0
2016	8.591	197	8.788	3,0	41	100	141	4,4	1,9
2017	7.329	189	7.518	2,6	33	93	126	3,9	1,7
2018	8.291	223	8.514	2,8	45	80	125	4,4	1,9
2019	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2020	7.410	202	7.612	3,1	31	82	113	4,7	2,3
2021	8.693	212	8.905	2,9	33	90	123	4,8	2,3
2022	8.587	172	8.759	2,7	23	84	107	4,6	2,0

Not: 2019 yılına ait bisiklet kaza verisi elde edilememiştir.

Çizelge 4.2’de görüldüğü üzere, 2015-2022 yılları arası ölümlü-yaralanmalı trafik kazasına karışan taşıtların ortalama %2,9’unu (8.382) bisiklet oluşturmaktadır. Buna karşın, aynı zaman diliminde, bu kazalarda ölen sürücülerdeki bisikletli oranı ortalama %4,5’tir (127). Son 8 yıldaki bisiklet kazalarının önemli bir kısmı (%97,6’sı) kent içindeki yol kesimlerinde olmuştur. 2022 yılında ise gerçekleşen toplam 321.485 ölümlü ve yaralanmalı trafik kazasının 8.759’u (%2,7) bisiklet kazası olmuştur. Aynı yılda, toplam trafik kazalarında ölen kişi oranı %0,73 (2.349), otomobil kazalarında %0,53 (830) olurken, bisiklet kazalarında bu oran %1,22’ye (107) çıkmıştır. Bu sonuç, bisiklet kullanıcılarının trafik kazalarında en fazla risk altında olan gruplardan biri olduğunu göstermektedir.



5. MOTORLU TAŞIT-BİSİKLET ETKİLEŞİMİNİN GÖZLEMLENMESİ

Bu çalışmada, motorlu taşıtın bisikletliyi solladığı süreçteki etkileşim özellikleri, seçilen geçki boyunca bisiklet sürüşü yapılarak farklı yol özellikleri ve taşıt tiplerine göre, bisikletlinin arkasına yerleştirilen kamera görüntülerinden yararlanılarak gözlenmiştir. Saha çalışması, bir yön uzunluğu 2 km olan Üsküdar-Kuzguncuk sahil yolu kesiminde, trafiğin akıcı olduğu zirve saat dışı sabah 10.00-11.00 arası ve akşam 19.00-20.00 arası saatlerde yapılmıştır. Ortalama tek yön sürüşlerin süresi 9 dakika olup, toplam 13 sürüş gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen sürüşler sonucunda elde edilen 437 adet taşıt sollama verisi incelenmiştir. İncelenen veriler doğrultusunda, bisiklet güvenliğinin ana çıktısı risk düzeyi, motorlu taşıtın bisikletliyi sollama anındaki bisiklete olan uzaklığı olarak düşük, orta ve yüksek düzeylerinde belirlenmiştir.

Veri toplama işlemleri çerçevesinde, yol ve çevre özelliklerini belirlemek üzere toplanan veriler gözleme dayandırılmıştır. Ayrıca, sürüş sırasında öncelikli olarak yol kenarı çizgisi izlenerek, motorlu taşıt etkileşiminin bisikletin yolda bulunduğu konumdan bağımsız olması amaçlanmıştır. Ek olarak, yol bilgisayar yardımı ile çıkış ve iniş kesimlerindeki küçük yavaşlama ve hızlanmalar dışında bisiklet sürüş hızının ortalama bisiklet sürücüsü davranışını temsil edecek şekilde yaklaşık 15 km/sa olması sağlanmıştır. Bu şekilde, sabit bisiklet hızı ile motorlu taşıt-bisiklet etkileşimlerinde bisiklet hızının, sollama sürecine etkisi olmaması hedeflenmiştir. Bisiklet-motorlu taşıt etkileşiminin başlangıcı ise, bisikletliyi izleyen taşıtın bisiklete 15 metre yaklaşması durumu olarak belirlenmiştir.

5.1 Çalışma Geçkisi

Çalışma yapılan geçki İstanbul Üsküdar ilçesinde yer alan Mimar Sinan Mahallesi, Üsküdar İETT otobüs durağı ile Kuzguncuk Mahallesi Abdullahğa İETT otobüs durağı arasındadır. Geçki boyunca sahil yolunda bulunan Paşa Limanı Caddesi,

Kuzguncuk Çarşı Caddesi ve Abdullağa Caddesi takip edilmiştir. Şekil 5.1’de veri toplanan yol kesimi gösterilmiştir.



Şekil 5.1 : Veri toplanan yol kesimi.

5.1.1 Geçki özellikleri

Çalışma yapılan geçki, Üsküdar ile Beykoz ilçelerini bağlayan önemli bir karayolu bağlantısıdır. Üzerinde bisiklet yolu olmamasına karşın bisiklet kullanıcıları tarafından da yoğun olarak tercih edilen geçki, Harem Sahilyolu-Üsküdar bisiklet yolu ile Beylerbeyi-Beykoz paylaşımlı bisiklet yolunu birbirine bağlamaktadır. Geçki boyunca eğim değişken olsa da, yolun hiçbir kesiminde %5’ten büyük eğim olmaması nedeniyle, geçkinin bisiklet sürüşü açısından ideal şartlara sahip olduğu söylenebilir.

Çalışmanın başlangıç ve bitiş noktası olan Üsküdar Meydanı, farklı ulaşım türleri arasında aktarmaya olanak tanıyan; karayolu, denizyolu ve demiryolu istasyonlarının bulunduğu, İstanbul’un önemli bir aktarma merkezidir. Bu noktadan başlayan ve çalışma alanı içerisinde yer alan, 2 minibüs hattı ile 17 otobüs hattı bulunmaktadır.

Sürüş yapılan yol kesimi iki şeritli, çift yönlü, 1. derece anayoldur ve 2 km’lik yol kesimi boyunca yalnızca bir trafik ışığı bulunmaktadır. Üsküdar-Kuzguncuk yönünde bisiklet sürüş devamlılığını etkileyecek 9 sokak veya kesişim noktası bulunurken, Kuzguncuk-Üsküdar yönünde bulunmamaktadır. Geçki boyunca, özellikle de

Kuzguncuk-Üsküdar yönü boyunca yolun kaldırım ve kenar çizgisi arasındaki kısımda sürekli ızgaralar bulunmaktadır. Şerit genişliğinin genelde 3 m olmasının yanı sıra, yol kenar çizgisi ile kaldırım arasındaki uzaklık ise yol boyunca 0-1 m arasında değişkenlik göstermektedir. Bazı kesimlerde yaya geçidi, hız kesici tümsek ve yol kenarı parklanmalar bulunmaktadır.

5.1.2 Geçki seçiminde dikkate alınan ölçütler

Geçki belirlenirken, seçilen kesimin bisiklet kullanıcıları tarafından kullanılan bir yol olması, karayolunda trafiğin iki yönü için birer şerit bulunması ve yolun taşıt sollamaya uygun olmasına dikkat edilmiştir. Bu sayede, motorlu taşıt-bisiklet etkileşiminin daha sık gerçekleşmesi hedeflenmiştir. Aynı zamanda, yolun farklı özelliklere sahip olması, yol kenar çizgisi ile kaldırım arasındaki uzaklığının sürekli değişkenlik göstermesi, yolun bazı kesimlerinde sürekli ızgara bulunması, park eden taşıtların varlığı ve eğimin farklılaşması geçki seçiminde etkili olmuştur. Ek olarak, geçki boyunca trafik ışığı ve kesişim sayısının az olması, bu geçkinin seçiminde, sürüşün sürekliliğini sağlamak açısından önemli bir ölçüt olmuştur.

5.2 Verinin Açıklanması

Çalışma kapsamında, geçki boyunca bisikletlinin risk düzeyini belirleyen motorlu taşıt-bisiklet arasındaki uzaklık başta olmak üzere; güvenlik uzaklığı, park eden taşıt olması, karşı yönden taşıt gelmesi, taşıt hızı, eğim özellikleri, sürekli ızgaranın varlığı saptamaların yanı sıra bisiklet ile etkileşime giren taşıtın türü, taşıt sürücüsünün şerit ihlali yapması, korna çalması ile ilgili veriler toplanmıştır. Bu bölümde, geçki boyunca incelenen değişkenlerin özellikleri açıklanmıştır.

5.2.1 Yakınlık

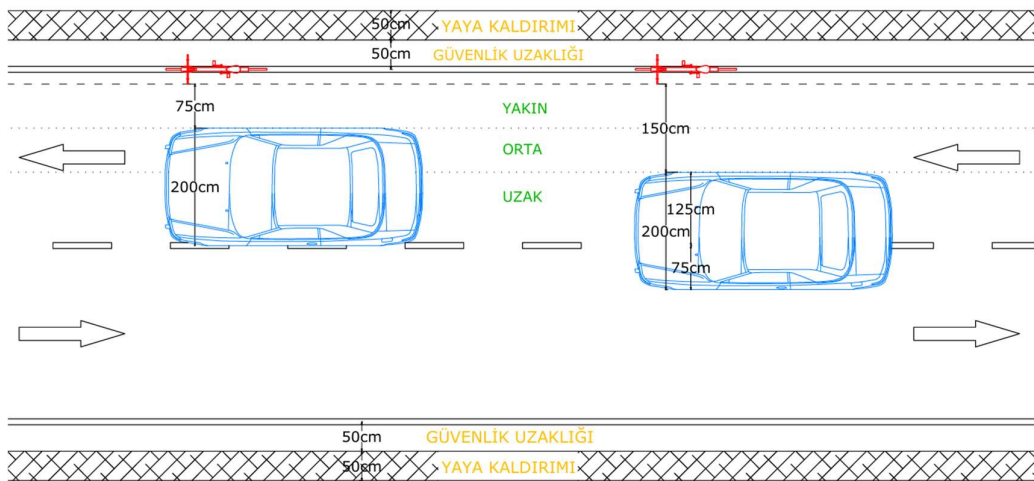
Taşıtın sollama sürecinde, bisikletliye olan yaklaşık uzaklığıdır. Taşıtın bisikliye yakınlık düzeyi; uzak, orta yakın ve yakın olarak sınıflandırılmıştır. Uzak, orta uzak ve yakın etkileşim sınıflandırmaları sırasıyla; düşük, orta ve yüksek risk düzeyleri ile tanımlanmıştır. Sınıflandırmanın belirlenmesinde etkili olan unsurlar aşağıda verilmiştir:

- Uzak: Motorlu taşıt ile bisiklet arasındaki uzaklığın 1,5 m'den daha fazla olduğu etkileşimlerde yakınlık değişkeni “uzak” olarak kabul edilmiştir. Birleşik Krallık

Karayolları Kanunu'nda (UK Highway Code, 2022) 48 km/sa (30 mil/saat) değerine kadar olan hızlarda, motorlu taşıtların bisikletlileri sollarken en az 1,5 m, taşıt hızı 48 km/sa değerinden yüksek ise daha fazla aralık bırakılması gerektiği belirtilmiştir. Bu nedenle çalışmada, 1,5 m'den daha uzak etkileşimlerin güvenli sollamaya olanak tanıyacağı düşünülmüştür. Uzak etkileşime örnek olarak, yol genişliğinin yaklaşık 3 m olduğu ve ortalama bir binek taşıtın 2 m, bisiklet gidonun 0,5 m genişlikte (bisikletlinin sağ kenar çizgisini ortalaması nedeniyle, hesaplamada bu değerin yarısı alınır) olduğu düşünüldüğünde, şeridinden 0,75 m çıkan bir aracın bisikletliyi geçişindeki yatay aralık 1,5 m'den daha fazla olacaktır.

- Orta yakın: Motorlu taşıt ile bisiklet arasındaki uzaklık 1,5 m-0,75 m arasındadır. Bisiklet Yolları Yönetmeliği'nde (2019) otomobil için en büyük hızın 50 km/sa olduğu taşıt yollarına bitişik olarak, ayrılmış bisiklet yolu projelendirilmesi durumunda; bisiklet yolu taşıt yoluyla aynı düzeyde ise taşıt yolunun en sağındaki şerit çizgisinden itibaren en az 0,75 m güvenlik aralığı bırakılması gerektiği belirtilmiştir. Bu nedenle, 1,5 metre yatay aralık olan taşıt-bisiklet etkileşimlerinin yönetmeliklerce önerilmese dahi, 0,75 m'ye kadar bisikletliye belli bir güvenlik aralığı bıraktığı değerlendirilmiştir.
- Yakın: Taşıt-bisiklet etkileşimlerinin 0,75 m'den daha kısa bir aralıkta gerçekleştiği sollamalardır. Yakın etkileşimler belirlenirken, sollama sırasında şerit ihlali yapmayan bir taşıtın, genelde bisikletliyi geçişindeki yatay aralığın 0,75 m'den daha az olacağı varsayılmıştır.

Yakınlık düzeylerini gösteren şematik görsel şekil 5.2'de verilmiştir.



Şekil 5.2 : Yakınlık düzeylerinin gösterimi.

5.2.2 Güvenlik uzaklığı

Karayolları Trafik İşaretleme Standartlarına göre (2020), yaya yolu ayrılmamış karayolunda, taşıt yolu kenarı ile şev başı veya hendek iç üst kenarı arasında kalan veya olağan olarak yayaların ve hayvanların kullanacağı, zorunlu hallerde de taşıtların faydalanabileceği kısım banket olarak belirtilmektedir. Kent içi yollarda banket bulunmamakla birlikte, çalışmanın yapıldığı geçki boyunca yer alan ve kaldırım ile yolu ayıran kenar çizgisi arasında güvenlik amacıyla bırakılan alan güvenlik uzaklığı olarak değerlendirilmiştir. Yol boyunca değişken olan güvenlik uzaklığı için belli kısımlarda ölçüm yapılarak, referans genişlik değerleri bulunmuş, taşıt-bisiklet etkileşimi sırasındaki ise bu referans değerler ışığında ve gözlem sonucunda genişlikler belirlenmiştir. Güvenlik uzaklığını gösteren görsel Şekil 5.3'te verilmiştir.



Şekil 5.3 : Güvenlik uzaklığı.

5.2.3 Yol kenarı parklanması

Çalışma kesiminde İspark'a ait 44 yol kenarı park yeri bulunmaktadır. Ancak, bu park yerleri dışında, park ihlalleri ve uygunsuz park etme gibi durumlar da söz konusudur. Bu çalışmada, parklanma durumunun bisiklet risk düzeyine olan etkisini görmek amacıyla bütün yol kenarı parklanmalar dikkate alınarak, taşıt-bisiklet etkileşimi başladığı sırada yol kenarında park etmiş taşıtların bulunma durumu gözlenmiştir. Yol kenarı parklanma durumuna örnek olarak verilen bir görsel Şekil 5.4'te sunulmuştur.



Şekil 5.4 : Park durumu.

5.2.4 Yol eğimi

Etkileşim sırasında seyredilen yolun eğimidir. Çalışmadaki geçki, eğimin değişkenlik gösterdiği noktalar göz önünde bulundurularak 50-200 m arası kesimlere ayrılmıştır. Üsküdar ve Kuzguncuk yönü ayrı olmak üzere kesimlere ait uzunluk ve eğim değerleri Çizelge 5.1’de verilmiştir. Toplam 18 kesim hakkında bilgi sunulan bu çizelgede, her kesim için yolun iki yönüne ait eğim değerleri yer almaktadır. Örneğin; kesim 3 ile 21 aynı kesitte yer alırken, eğim Kuzguncuk yönünde %3,3, Üsküdar yönünde ise %-3,3’tür. Burada (-) eğim, iniş yönünü göstermektedir.

Çizelge 5.1 : Kesimlere ait uzunluk ve eğim değerleri.

Kesim	Uzunluk(m)	Kuzguncuk Yönü Eğim	Kesim	Üsküdar Yönü Eğim
1	91,21	%0,8	19	%-0,8
2	151,51	%1,9	20	%-1,9
3	99,93	%3,3	21	%-3,3
4	175,14	%-3,2	22	%3,2
5	113,91	%-1,3	23	%1,3
6	194,72	%2,0	24	%-2,0
7	92,14	%-2,3	25	%2,3
8	50,6	%-0,4	26	%0,4
9	85,4	%1,1	27	%-1,1
10	130,93	%2,7	28	%-2,7
11	67,98	%3,8	29	%-3,8
12	103,61	%-5,6	30	%5,6
13	107,92	%-2,1	31	%2,1
14	174,25	%-0,3	32	%0,3
15	80,72	%3,1	33	%-3,1
16	58,94	%0,1	34	%-0,1
17	142,1	%-2,1	35	%2,1
18	92,48	%-0,1	36	%0,1

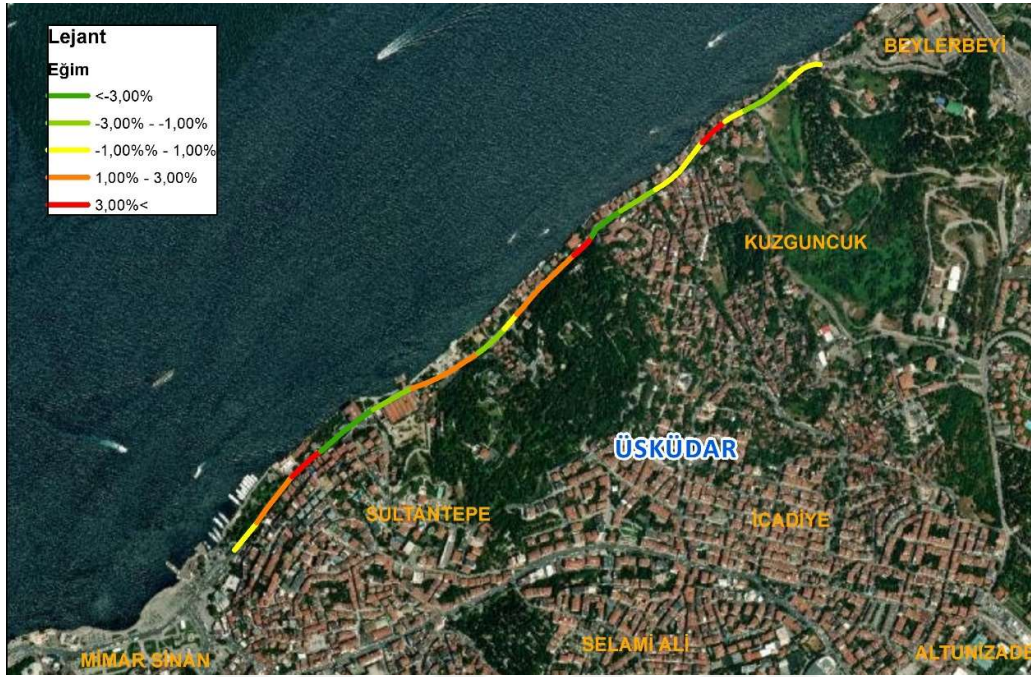
Eğim değerleri hesaplanırken, hâlihazır haritalardaki yükselti değerlerinden yararlanılmıştır. Kesimlerin; başlangıç ve bitiş noktaları arasındaki düşey uzaklık, yatay uzaklığa bölünerek yapılan hesaplama sonucunda eğim değerleri bulunmuştur. Bu kesimlerdeki eğim değerleri hesaplandıktan sonra, eğim değerlerini nitelendirmek için dik eğimli, çıkış eğimli, düz ve iniş eğimli olmak üzere 4 farklı eğim durumu belirlenmiştir.

Dik eğim sınıflaması yapılırken, genellikle bisiklet yollarında en fazla %3 eğim önerilmesi nedeniyle (Department for Transportation, 2008; Transport for London, 2014), eğimi %3 ve daha fazla olan yol kesimleri dik eğimli olarak kabul edilmiştir. Düz yol kesiminin alt sınırı olarak kabul edilen %1 eğimli yol için ise, saatte 15 km/sa hızla giden ortalama bir bisikletlinin hızını korumak için yaklaşık 60 Watt enerji harcaması gerekirken, enerji harcamadan gidebileceği en büyük eğimin yaklaşık -%1 olduğu hesaplanmıştır. Bu değerler doğrultusunda, yol kesiminin eğiminin %1'den fazla olması durumunda bisikletlinin eğimi hissetmeye başladığı, -%1 eğimde ise enerji harcamadan sürüşü gerçekleştirdiği anlaşılmaktadır (De Neef, 2013). Bu nedenle, düz yol kesiminin üst sınırı %1, alt sınırı olarak -%1 eğim değeri kabul edilmiştir. Buna ek olarak, iniş eğimi yönünde ise, eğimin artmasının sürüş özelliği açısından önemli bir değişkenlik göstermediği düşünülmüş olup, eğimi -%1 ve altında olan yol kesimleri iniş eğimli olarak belirlenmiştir. Çizelge 5.2'de yol kesimlerindeki kabul edilen eğim durumlarına göre eğim değerleri, toplam kesim sayısı ve toplam kesim uzunlukları verilmiştir.

Çizelge 5.2 : Yol kesimlerine göre eğim durumları.

Eğim durumu	Eğim değeri	Kesim sayısı	Toplam uzunluk (m)
Dik eğim	%3<	5	527
Çıkış eğimi	%3-%1	8	1.018
Düz	%1- (-%1)	10	934
İniş eğimli	(-%1)>	13	1.546

Çizelge 5.2'ye göre geçkide; 5 adet dik eğimli, 8 adet çıkış eğimli, 10 adet düz ve 13 adet iniş eğimli kesim bulunmaktadır. Çizelgeye bakıldığında, çalışma alanında eğimin değişkenlik gösterdiği, iki yönde uzunluğu 4 km olan yolun yalnızca 934 metresinin düz olduğu görülmektedir. Öte yandan, belirlenen geçkide toplam 527 metre uzunluğunda %3 ve daha fazla eğimli kesim bulunmaktadır. Kuzguncuk yönündeki kesimlere ait görsel, eğim büyüklüğüne göre farklı renkler ile temsil edilerek Şekil 5.5'te verilmiştir.



Şekil 5.5 : Kuzguncuk yönü eğim kesimleri.

5.2.5 Sürekli ızgara

Kent içi yollarda, kaldırım kenarlarında biriken yağış sularının yola zarar vermeden akaçlama şebekesine akmasını sağlayan yapılar rögar (baca) veya ızgara menholü olarak isimlendirilmektedir (Yayla, 2006; Ardıçlıoğlu, 2015). Yol kenarında bulunan ve akaçlama amacıyla kullanılan ızgaralar, bisiklet güvenliği açısından tehlike yaratabilmektedir. ÇŞİDB'nın hazırladığı Bisiklet Yolları Kılavuzu'nda (2019), baca ve ızgaraların mümkün olduğunca bisiklet yol ve şeridinde bulunmamasına dikkat edilmesi ve yola paralel, bisiklet kullanıcıları için risk arz eden ızgaralar yerine daha uygun ve güvenli ızgaralar kullanılması gerektiği belirtilmiştir. Özellikle deliklerin yola paralel yapılması, bisiklet lastiğinin ızgara deliğinin içine girmesine yol açmakta ve bu durum, sürüş güvenliğini azaltmaktadır. Çalışma alanındaki ızgara uygulamalarında, yola paralel ızgara delikleri bulunmamakla birlikte, delik genişlikleri azdır ve çapraz konumlandırılmıştır. Yolda bulunan bu ızgaraların bisiklet güvenliğinde etkisini görmek amacıyla, taşıt-bisiklet etkileşimi sırasında yolda sürekli ızgara bulunması durumu gözlenmiştir.

Yol kesimindeki her bir ızgaranın uzunluğu yaklaşık 60 cm'dir. Bisikletin boyutları dikkate alınarak, arka arkaya üç ızgara olması (yaklaşık 1,8 m) durumunun, sürüş güvenliğini azaltacak bir etki yarattığı kabul edilmiştir. Bunun nedeni, bu uzunluktaki sürekli ızgaraların bisiklet uzunluğundan fazla olması ve bisikletin iki tekerleğinin de

aynı anda ızgaraya değmesidir. Böylelikle, sollama sırasında, yol kesiminde 3 ve daha fazla sayıda ızgara bulunması durumunda, sürekli ızgara olduğu kabul edilmiştir. Sürekli ızgaranın var olduğu bir yol kesimine ait görüntü Şekil 5.6’da verilmiştir.



Şekil 5.6 : Sürekli ızgara örneği.

5.2.6 Taşıt türü

Sürüş görüntüleri incelenerek, bisiklet ile etkileşime giren taşıt türleri belirlenmiştir. Taşıt türleri; binek otomobil, taksi, hafif ticari, minibüs ve otobüs olarak ayrılmıştır. Çalışma geçkisinde, 40 ton üstü ağırlığı olan taşıtların 24 saat olmak üzere, kamyon ve kamyonetlerin girişinin 06.00-10.00 ve 16.00-22.00 arasında yasaklı olması ve yol özelliklerinin elverişli olmaması nedeniyle bu taşıtların sayısı çok azdır. Bu nedenle, kamyon, kamyonet ve diğer ağır taşıtlar ile ilgili veriler toplanmamıştır.

5.2.7 Motorlu taşıt hızı

Motorlu taşıtın, 15 metre uzaklıkta olan etkileşim başlangıcından itibaren sollama gerçekleşinceye kadar olan ortalama gözlenen hızdır. Gözlem hızı belirlenirken, etkileşim süresi ve bisiklete göre hız farkı gözetilmiş ve taşıt hızı düzeyi; az, orta ve yüksek olarak belirlenmiştir.

Karayolları Genel Müdürlüğü’nün (KGM) belirlediği kurallara göre yerleşim yerlerinde otomobil, minibüs ve otobüsün hız sınırı 50 km/sa, motorsuz bisikletin ise 30 km/sa değerindedir (Karayolları Trafik Yönetmeliği, 1997). Çalışmada bisiklet sürüş hızı ortalama yaklaşık 15 km/sa olmasına karşın, bazı motorlu taşıtlar hız sınırını

aşarak 50 km/sa üstüne çıkabilmektedir. Etkileşim sırasında motorlu taşıtın hız sınırını aşması, taşıt hızının yüksek olduğunu ortaya koymaktadır.

Bu çalışmada, otobüslerin diğer taşıtlara göre yaklaşık 10 metre daha uzun olması göz önünde bulundurularak, taşıt hızlarının düzeyleri aşağıda şekilde belirlenmiştir:

- Otobüs dışındaki taşıtların, sollama sırasında kamera açısında 2 sn'den kısa kalması durumu yüksek hızlı olarak kabul edilirken, otobüsler için ise bu süre 3 sn olarak kabul edilmiştir.
- Orta hızlı olarak kabul edilen süre aralığı otobüs dışındaki taşıtlar için 2-5 sn, otobüsler için ise 3-7 sn olarak belirlenmiştir.
- Düşük hız için otobüs dışındaki taşıtlarda 5 sn'den uzun süre kalması olarak belirlenirken, otobüsler için bu süre 7 sn olarak kabul edilmiştir.

Tüm süreler belirlenirken, yüksek hız düzeyi için 50 km/sa değerinin aşılması, düşük hız düzeyi için ise 30 km/sa değerinin altında kalınması esas alınmıştır. Bisikletliyi 15 m uzaklıktan sollamaya başlayan 50 km/sa hıza sahip bir taşıt, taşıtın uzunluğunun 4-5 m arasında olduğu da göz önünde bulundurularak, bu taşıt yaklaşık 2 sn sonra kamera açısından çıkacaktır. 50 km/sa hızla giden 15 m uzunluğa sahip otobüs için ise bu süre, yaklaşık 3 sn olacaktır.

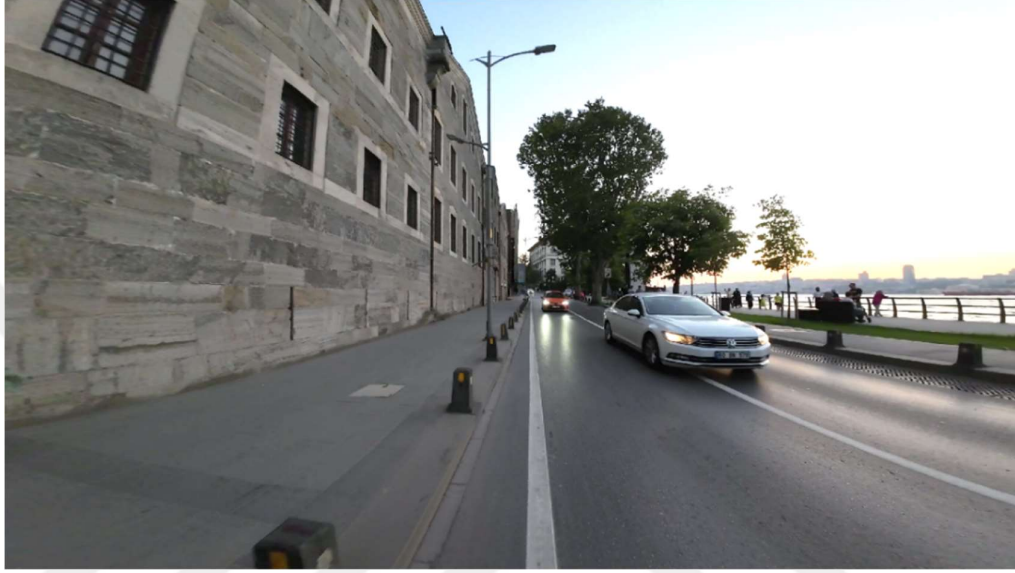
5.2.8 Taşıtın korna çalması

Trafikte, taşıtların bisikletlilere yaklaşırken korna çalmaları, genellikle bir uyarı ve dikkat çekme yöntemi olarak düşünülmektedir. Bazı korna çalan sürücüler, bisikletin güvenliğini düşünerek alan bırakma eğiliminde olabilirken bazı sürücüler ise, yolun kendisinin olduğunu belli etmek için korna çalarak bisiklete yakın da geçebilmektedir. Bu durumun etkisini gözlemek amacıyla, sollama yapan taşıt sürücüsünün kornaya basması durumu bir değişken olarak ele alınıp, bu durumun bisiklet sürüş güvenliğine olan etkisi incelenmiştir.

5.2.9 Şerit ihlali

Bisikletliyi takip eden taşıtın, 15 metre uzaklıktan başlayan etkileşim süresince bulunduğu şeritten çıkarak karşı şeride geçmesidir. Geçki boyunca genellikle sollamanın yasak olduğunu belirten düz şerit çizgisi bulunmaktadır. Bazı kesimlerde sollamaya izin verilen kesikli çizgi olsa da, etkileşime geçen motorlu taşıtın, trafik akımının yüksek olduğu kent içi bir yolda karşı şeridi işgal ettiği bilinmektedir. Bu

durum göz önüne alınarak, bisikletliyi sollayan taşıtın tekerleğinin sollama sırasında orta çizginin üstüne gelmesi veya diğer şeride geçmesi durumunda şerit ihlali yaptığı kabul edilmiştir. Etkileşim sırasında şerit ihlali yapan taşıt için bir örnek Şekil 5.7’de verilmiştir.



Şekil 5.7 : Şerit ihlalinin gösteren örnek görsel.

5.2.10 Farklı yönde taşıt

Motorlu taşıt-bisiklet etkileşimi sırasında, karşı şeritten taşıt geçmesi durumudur. Sollama sırasında, sollama yapan taşıtın, kamera açısından çıktıktan 3 saniye içinde karşı yönden taşıt gelmesi ve karşı yönden gelen taşıtın kamera açısına girdikten 2 saniye içinde sollama yapan taşıtın kamera açısından çıktığı durumlarda, farklı yönde taşıt bulunduğu kabul edilmiştir. 2 sn belirlenirken, 50 km/sa ile karşı yönden gelen taşıtın, bisiklet-taşıt etkileşimlerinde belirlenen 15 metrelik etkileşim başlangıç noktasını geçmesi ile birlikte, sollama yapacak taşıtı fiziksel olarak etkileyemeyeceği kabul edilmiştir. 3 saniye kabul edilen durumda ise, sollama sırasında karşı yönden taşıtın sollama yapan taşıtı etkileyebileceği uzaklık olarak yaklaşık 50 metre kabul edilmiştir. Örnek olarak, 50 km/sa hızla karşıdan gelen 50 metre uzaklıktaki bir taşıtın, kamera açısına girme süresi 3 sn olacaktır. Şekil 5.8’te motorlu taşıt-bisiklet etkileşimi sırasında farklı yönden taşıt geçmesi durumuna bir örnek sunulmuştur.



Şekil 5.8 : Farklı yönde taşıt geçmesi.

5.3 Verinin İncelenmesi

Kayıtların incelenmesi ve gözlemler sonucunda; 437 bisiklet-motorlu taşıt etkileşiminden 208 etkileşimin (%47) orta ve 129 etkileşimin (%30) yüksek risk düzeyinde olduğu, yalnızca 100 etkileşimde (%23) düşük risk gözlemlendiği görülmüştür. Diğer bir deyişle, her 4 motorlu taşıtın 3'ünde, bisiklet ile motorlu taşıt arasındaki yatay aralık; güvenli düzey olan yaklaşık 1,5 metreden az olmuştur.

Sahadan elde edilen verilerin her bir risk düzeyi içindeki toplamı ve yüzdeleri Çizelge 5.3'te verilmiştir. Bisiklet ile etkileşime geçen 437 taşıtın 301'i otomobil, 53'ü hafif ticari, 49'u taksi, 26'sı otobüs ve 8'i minibüs olmuştur. Çizelge 5.3 incelendiğinde, taşıt türleri arasında yüksek riskli sollama oranının en fazla minibüs (%63) ve otobüs geçişinde (%42) olduğu, en az ise otomobilde (%26) yaşandığı görülmektedir. Otobüs-bisiklet etkileşimlerinin yalnızca %4'ü düşük risk düzeyinde gerçekleşirken, bu oran otomobilde %39'a çıkmıştır. Taksi-bisiklet ve hafif ticari taşıt-bisiklet etkileşimlerinde ise en yüksek dağılım orta risk düzeyinde olmuştur.

Çizelge 5.3 : Toplanan verilerin risk düzeyleri içindeki dağılımı.

Değişken Adı		Risk Düzeyi					
		Toplam	Düşük Risk		Orta Risk		Yüksek Risk
Şerit İhlali	Var	212	95	(%45)	99	(%47)	18 (%8)
	Yok	225	5	(%2)	109	(%48)	111 (%49)
Parklanma	Var	35	12	(%34)	13	(%37)	10 (%29)
	Yok	402	88	(%22)	195	(%49)	119 (%30)
Karşı Yönde Taşıt	Var	218	14	(%6)	89	(%41)	115 (%53)
	Yok	219	86	(%39)	119	(%54)	14 (%6)
Sürekli İzgara	Var	62	12	(%19)	26	(%42)	24 (%39)
	Yok	375	88	(%23)	182	(%49)	105 (%28)
Korna Çalınması	Var	16	2	(%13)	8	(%50)	6 (%38)
	Yok	421	98	(%23)	200	(%48)	123 (%29)
Taşıt Türü	Otomobil	301	78	(%26)	145	(%48)	78 (%26)
	Taksi	49	8	(%16)	26	(%53)	15 (%31)
	Hafif Ticari	53	9	(%17)	24	(%45)	20 (%38)
	Minibüs	8	1	(%13)	2	(%25)	5 (%63)
	Otobüs	26	4	(%15)	11	(%42)	11 (%42)
Hız	Düşük	116	16	(%14)	51	(%46)	45 (%40)
	Orta	239	53	(%22)	114	(%48)	72 (%30)
	Yüksek	86	31	(%36)	43	(%50)	12 (%14)
Eğim	Dik	80	13	(%16)	36	(%45)	31 (%39)
	Çıkış	140	23	(%16)	71	(%51)	46 (%33)
	Düzlük	89	25	(%28)	47	(%53)	17 (%19)
	İniş	128	39	(%30)	54	(%42)	35 (%27)

* Yüzdelere satıra göredir.

Eğim açısından yapılan değerlendirmede, dik eğim kesimlerinde gerçekleşen 80 etkileşimin 31'inin (%39), çıkış eğimli kesimde gerçekleşen 140 etkileşimin 46'sının (%33) yüksek riskli olduğu saptanmıştır. İniş eğim kesiminde ise 128 etkileşimin 35'inin (%27) yüksek, 39'unun (%30) düşük riskli olduğu görülmüştür. Karşı yönden taşıt gelip gelmemesi durumu incelendiğinde; yüksek riskli etkileşimlerden 115'inde (%92) karşı yönden taşıt geçerken, yalnızca 10 durumda (%8) karşı yönden taşıt geçişi olmamıştır.

Etkileşim sırasında 16 kere korna çalınmıştır. Toplam etkileşimlerdeki yüksek risk düzeyi oranı %30 iken, korna çalınan etkileşimlerde bu oranın %38'e çıkması, korna çalan taşıtların bisikletliye daha yakın geçme eğiliminde olduğunu göstermektedir. Etkileşimin gerçekleştiği sürekli ızgara olan 62 yol kesiminin 24'ünde (%39) yüksek risk, 12'sinde (%19) düşük risk düzeyinde etkileşim gözlenmiştir.

Sollama yapan taşıtların 212'si (%49) şerit ihlali yaparken 225'i (%51) şerit ihlali yapmadan bu işlemini gerçekleştirmiştir. Şerit ihlali yapmayan taşıtların %49'u yüksek riskli sollama yaparken, şerit ihlali yapan taşıtların yalnızca %8'i yüksek riskli sollama yapmıştır. Motorlu taşıtlardan 112'si (%26) düşük hızda sollama, 86'sı (%20) yüksek hızda sollama gerçekleştirmiştir. Yüksek hızda sollama yapan taşıtların %67'si (58) şerit ihlali yapmışlardır. Şerit ihlali yapan taşıtların ortalamasının üstünde olan bu oran, motorlu taşıtların sollama sırasında hızlanarak şerit ihlali yaptığı sonucunu ortaya çıkarmaktadır.

Değerlendirilen bir başka etmen olan güvenlik uzaklığı arttıkça risk düzeyi azalmakta, azaldıkça ise risk düzeyi artmaktadır. Saha çalışmasında, yüksek risk değerlendirmesi yapılan durumlardaki ortalama güvenlik uzaklığı yaklaşık 41 cm olurken, bu değer, yüksek risk düzeyi değerlendirmelerinde 39 cm civarında bulunmuştur.

6. RİSK DEĞERLENDİRME MODELİ

Bu çalışmada, bisiklet-motorlu taşıt etkileşimlerindeki bisiklet risk düzeyinin çeşitli değişkenler altındaki durumunu değerlendirmek amacıyla, ulaşım planlaması ve ulaştırma mühendisliğinde sık kullanılan kesikli seçim modelinden yararlanılmıştır. Bu çerçevede, yol özellikleri, sürücü davranışları ve taşıt tiplerine göre model girdileri oluşturulmuştur. Bağımlı değişkenin, farklı risk düzeylerine karşılık gelen üç seçenekten oluşmasından hareketle, yöntem olarak kesikli seçim modellerinden biri olan çok terimli logit model (CTL) kullanılmıştır (McFadden ve Train, 2000).

6.1 Rastgele fayda teoremi

Rastgele fayda teoremi (RFT), bir bireyin farklı seçenekler arasında nasıl seçim yaptığını ve bu seçimin neye dayandığını anlamak için kullanılır. RFT'ye göre, bireyler bir dizi seçenek arasından en fazla faydaya sahip olanı seçerler. Bu yaklaşımda fayda-seçim ilişkisini anlamak ve çözümlemek amacıyla fayda fonksiyonları kullanılır. Bir i seçeneğinin faydası (U_i), denklem 6.1'deki gibi, faydanın belirlenimsel bileşeni (V_i) ile rassal bileşeni (ε_i) olmak üzere iki bileşenden oluşmaktadır (Tezcan ve diğ., 2011).

$$U_i = V_i + \varepsilon_i \quad (6.1)$$

Denklemdaki bileşenler aşağıda açıklanmıştır:

U_i : i için toplam fayda.

V_i : i seçeneğinin faydasının belirlenimsel parçası.

ε_i : Gözlem ve ölçüm yoluyla belirlenemeyen ancak seçime etkisi olan, rastgelelikten kaynaklanan olasılıksal fayda.

Denklem 6.1'de bir rassal terim bulunmasına paralel olarak, faydası en yüksek olan seçeneğin kesin olarak seçileceği sonucuna varılamamaktadır, ancak, en fazla faydaya sahip olan seçeneğin seçilme olasılığının en yüksek olacağı kabul edilmektedir. Aynı

seçim kümesinde yer alan j seçeneğine göre bir i seçeneğinin seçilme olasılığı (P_i) denklem 6.2’de gösterilmektedir (Tezcan ve diğ, 2011; Ben-Akiva ve Bierlaire, 1999):

$$\begin{aligned} P_i &= Pr (U_i \geq U_j) \\ &= Pr (V_i + \varepsilon_i \geq V_j + \varepsilon_j) \\ &= Pr (V_i - V_j \geq \varepsilon_j - \varepsilon_i) \end{aligned} \quad (6.2)$$

Olasılıksal terimin değerini belirlemek mümkün olmadığından, bu terimin dağılımı için bazı kabuller yapılır. Bu terimin normal dağıldığı kabul ediliyorsa model Probit, Tip 1 Uç Değer (Gumbel) dağıldığını kabul ediliyorsa model Lojit olur. Lojit modelde i seçeneğinin seçilme olasılığı (P_i) denklem 6.3’teki gibi hesaplanabilmektedir:

$$P_i = \frac{e^{V_i}}{e^{V_i} + e^{V_j}} \quad (6.3)$$

Denklem 6.3’te, iki seçenekten oluşan ikili logit modelin olasılık hesabı verilmiştir. Lojit modelin genel hali olan ve seçeneklerin ikiden fazla olduğu durumda ortaya çıkan ÇTL modelde, P_i olasılığına (6.4) ile ulaşılır (Tezcan, 2009; Koppelman ve Bhat, 2006):

$$P_i = \frac{e^{V_i}}{\sum_{j=1}^n e^{V_j}} \quad (6.4)$$

6.2 Katsayıların Öngörülleri

Fayda fonksiyonlarındaki katsayıları öngörmek için genellikle en büyük olabilirlik (maximum likelihood) yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntem, model yoluyla kestirimi yapılan seçimleri, en iyi şekilde temsil eden model katsayılarının belirlenmesi yaklaşımına dayanmaktadır. Bu yaklaşımda, gözlemlenen örneklem için olabilirlik fonksiyonu adı verilen ortak olasılık yoğunluk fonksiyonu elde edilir. Olabilirlik fonksiyonunu en yüksek yapan katsayıların değerleri, bu fonksiyonunun birinci türevinin bulunması ve sifıra eşitlenmesi ile elde edilir. Olabilirlik fonksiyonun sadeleştirilmiş hali denklem 6.5’te verilmiştir (Koppelman ve Bhat, 2006; Tezcan, 2009)

$$LL(\beta) = \text{Log}(L(\beta)) = \sum_{\forall s \in S} \sum_{\forall i \in J} \delta_{js} \times \ln(P_{js}(\beta)) \quad (6.5)$$

Fonksiyonda yer alan δ_{js} , j seçeneğinin s bireyi tarafından seçilmesi veya s olayında gerçekleşmesi halinde 1, seçilmemesi veya gerçekleşmemesi halinde 0 alınan bir değişkendir. P_{js} ise s bireyi tarafından j'nin seçilme veya s durumunda j seçeneğinin gerçekleşme olasılığıdır.

6.3 Modellerin Değerlendirilmesi

İstatistiksel açıdan lojit modelin performansını değerlendirmek için bazı testler uygulanır. Bu testlerin amacı, genel olarak, yapılan kestirimlerin anlamlılığını ve veriyi temsil etmedeki başarısını incelemektir.

6.3.1 Wald testi

Doğrusal regresyon analizinde katsayıların anlamlılığını incelemek için genellikle t-veya F-testi kullanılır. ÇTL'de ise, seçeneklerin kesikli olması (sınıflardan oluşması) nedeniyle t-testi yerine Wald testi uygulanır. Wald istatistiği, doğrusal regresyon modellerinde kullanılan t-testiyle aynı şekilde hesaplanır ve yorumlanır. Lojit modelde bulunan her bir katsayı için hesaplanan Wald istatistiği, denklem 6.6'da verilmiştir (Hensher ve diğ, 2015).

$$Wald = \frac{\beta_i}{standart\ hata_i} \quad (6.6)$$

Denklemdeki β_i , kestirimi yapılan katsayı değerini göstermektedir. Bir açıklayıcı değişkenin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını belirlemek için Wald istatistiği değeri, seçilen güven düzeyine göre belirlenen kritik değer ile karşılaştırılır. Bu kritik Wald istatistiği t-istatistiğine eşdeğerdir ve dolayısıyla, karşılaştırma için kullanılan değer, çeşitli anlamlılık düzeylerinde alınan t-istatistiğinin değeridir. Kritik Wald değeri %95 ve %90 güven düzeylerinde sırasıyla $\pm 1,960$ ve $\pm 1,645$ 'tir. Denklemden elde edilen Wald istatistiğinin mutlak değerinin kritik değerin üstünde kalması durumunda değişken istatistiksel olarak anlamlı olurken, kritik değerin altında kalması durumunda değişken istatistiksel olarak anlamlı değildir. Kısaca, değişkenlerin %95 güven düzeyinde anlamlı olabilmesi için Wald istatistiğinin $-1,960$ 'tan küçük veya $+1,960$ 'dan büyük olması gerekir (Hensher ve diğ, 2015).

6.3.2 Log-olabilirlik Oranı Testi

Lojit modelde yapılan katsayı tahminlerinin anlamlılığının sınanabilmesi amacıyla log-olabilirlik (-2LL) oranı testi yapılmaktadır. Test sonucunda, oluşturulan model ile bir referans bir modelin karşılaştırılması yapıp, hangi modelin diğerine üstünlük kurduğu belirlenir. Log-olabilirlik oranı testi, denklem 6.7’de verilmiştir. Denklemdaki LL_B değeri, yalnızca sabit sayı içeren referans modelin log-olabilirlik değerini gösterirken, LL_M ise bütün değişken ve sabitlerin olduğu, kalibre edilen modelin log-olabilirlik değerini göstermektedir (Tezcan, 2009).

$$-2LL = -2(LL_B - LL_M) \quad (6.7)$$

Denklem 6.7’de hesaplanan -2LL değeri, kalibre edilen model ile referans modelde yer alan değişkenlerin sayıları arasında farka bağlı olarak bulunan serbestlik derecesinde ve belirlenen güven düzeyinde ki-kare (χ^2) dağılımının olasılık çizelgesinden elde edilen değer ile karşılaştırılmaktadır. -2LL değerinin, olasılık çizelgesinde bulunan χ^2 olasılık değerinden büyük olması durumunda, kurulan modelin anlamlı olduğu söylenebilmektedir.

6.3.3 Uyum iyiliği testi

Modelleri karşılaştırırken veya modellere dayalı çıkarımlar yaparken, oluşturulan modelin istatistiksel performansını değerlendirmede uyum iyiliği testi kullanılır. Bu testi genel olarak açıklamak gerekirse, log-olabilirlik değerleri açısından, referans model ile oluşturulan model farkının, referans ile oluşturulabilecek en iyi model farkına bölünmesiyle elde edilen oranı olarak belirtilebilir. Oluşturulacak en iyi modeldeki log-olabilirlik değerinin 0 olduğu düşünüldüğünde ve sadeleştirme yapıldığında, uyum iyiliği testini gösteren denklem 6.8 elde edilmektedir (Goeman ve Le Cessie, 2006; Koppelman ve Bhat, 2006).

$$\rho^2 = 1 - \frac{LL_B - LL_M}{LL_B - 0} = 1 - \frac{LL_M}{LL_B} \quad (6.8)$$

ρ^2 , 0 ile 1 arasında değerler alır. ρ^2 ’nin 0 olması, referans modelin en iyi model olduğu anlamına gelirken, 1 olması, oluşturulan modelin en iyi olduğu anlamına gelir; yani her seçimin doğru tahmin edildiği düşünülür. Bu durumda, ρ^2 değeri arttığında, katsayıların bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında var olan ilişkiyi iyi açıkladığı söylenebilir (Koppelman ve Bhat, 2006).

6.4 Model Kestirimi

Bu tez çalışmasında, modelin bağımsız değişkeni olan ve bisiklet ile motorlu taşıt arasındaki uzaklığı ifade eden risk düzeyleri; az, orta ve yüksek olmak üzere kesikli hale dönüştürülmüştür. Bağımsız değişken girdilerinde ise, güvenlik uzaklığı dışındakiler için kukla değişken kullanılmıştır. Kukla değişken sayısını sadeleştirmek amacıyla, taşıt türü ve eğim verilerinde toplulaştırılma yapılmıştır. Taşıt türü değişkeninde binek otomobil referans olarak seçilmiş, taşıt büyüklükleri ve amaçları açısından benzer olması nedeniyle, otobüs ile minibüs ve hafif ticari ile taksi verileri toplulaştırılmıştır. Eğim değişkeninde ise, “Düz” referans olarak seçilmiş, dik ve çıkış eğimli kesimleri “ÇIKIŞ” kukla değişkeni olarak toplulaştırılmıştır. Çizelge 6.1’de, toplanan verilerden elde edilen değişkenlerin isimleri ve kısaltmaları verilmiştir.

Çizelge 6.1 : Değişkenin kısaltması.

Değişkenin Kısaltılması	Değişkenin Adı
GUV	Güvenlik uzaklığı
ŞİH	Taşıt tarafından şerit ihlali var ise 1 yok ise 0
PARK	Yol kenarı parklanma mevcutsa 1 değilse 0
FYA	Karşı yönde motorlu taşıt var ise 1 yok ise 0
TAŞIT	Taşıt türü
TTAK	Hafif ticari taşıt veya taksi ise 1 değil ise 0
OM	Otobüs veya minibüs olduğunda 1 değil ise 0
HIZ	Taşıt hızı
OHIZ	Sollama yapan taşıtın hızı orta ise 1 değil ise 0
YHIZ	Sollama yapan taşıtın hızı yüksek ise 1 değil ise 0
EĞİM	Yol eğimi
ÇIKIŞ	Yol eğimi %1'den büyük ise 1 değil ise 0
İNİŞ	Yol eğimi %-1 küçük ise 1 değil ise 0
IZG	Sürekli ızgara bulunuyorsa 1 bulunmuyorsa 0
KOR	Motorlu taşıt korna çalıyor ise 1 çalmıyor ise 0

Seçim modellerinin fayda fonksiyonlarında, birbiri ile ilişkisi yüksek olan değişkenlerin bir arada yer almaması, modelin tutarlı ve hatasız sonuçlar vermesi için önemlidir. Değişkenler arasında söz konusu değerlendirmeyi yapmak amacıyla, Çizelge 6.2’de sunulan korelasyon matrisi oluşturulmuştur.

Çizelge 6.2 : Değişkenlerin korelasyon matrisi.

	GUV	ŞİH	PARK	FYA	TAŞIT	HIZ	EĞİM	MAZ	KOR
GUV	1,000								
ŞİH	-0,087	1,000							
PARK	-0,237	0,051	1,000						
FYA	-0,018	-0,437	0,009	1,000					
TAŞIT	0,016	0,040	-0,016	0,081	1,000				
HIZ	-0,059	0,150	-0,001	-0,180	-0,058	1,000			
EĞİM	-0,008	-0,055	0,086	0,050	0,009	0,107	1,000		
MAZ	0,200	0,038	-0,047	0,119	0,024	0,058	-0,250	1,000	
KOR	-0,003	-0,019	-0,013	0,025	0,132	0,031	-0,053	-0,009	1,000

* Mutlak değerce 0,5'i aşan korelasyon değerleri kırmızı renkli gösterilmiştir.

Çizelge 6.2'de verilen korelasyon değerleri için, yüksek ilişkiyi gösteren eşik değer 0,5 seçilmiştir. Buna göre değerlendirildiğinde; değişkenler arasındaki ilişki, eşik değerden yüksek olmamıştır.

6.4.1 Model katsayılarının belirlenmesi

Model tasarımı yapılırken, seçim modelinin bağımlı değişkenleri olan üç düzeyden düşük, orta ve yüksek risk düzeyleri arasından referans seçilen yüksek risk düzeyi için herhangi bir fayda fonksiyonu üretilmemiştir. Gözlem verisi SPSS yazılımına aktarılmış ve yazılımda çoklu lojit yöntemi kullanılarak model oluşturulmuştur.

Çizelge 6.3'te, oluşturulan seçim modelinin fayda fonksiyonu sonuçlarına yer verilmiştir. Modelin katsayılarının anlamlılığını değerlendirmek amacıyla Wald istatistikleri incelendiğinde, %5 anlamlılık düzeyinde (%95 güven aralığında) düşük risk düzeyi fayda fonksiyonunda altı, orta risk düzeyi fayda fonksiyonunda beş, %10 ve üzeri anlamlılık düzeylerindeki (%90 ve üzeri güven aralığı) iki risk düzeyi için de birer değişken istatistiksel olarak anlamlıdır. Modelde, düşük risk için PARK, TTA, OHIZ ve KOR değişkenlerinin, orta risk için ise GUV, PARK, TTA, OHIZ, YHIZ ve KOR değişkenlerinin istatistiksel olarak anlamsız olduğu görülmüştür.

Çizelge 6.3 : Model tahmin sonuçları

Değişken	Katsayı	Wald-istatistiği
Düşük Risk Düzeyi		
Sabit	-1,000	-1,187
GUV	1,749	2,628*
ŞİH	5,021	7,870*
PARK	0,508	0,680
FYA	-3,108	-6,395*
TTAK	-0,771	-1,616
OM	-3,052	-4,230*
OHIZ	0,805	1,611
YHIZ	1,438	2,212*
ÇIKIŞ	-2,104	-3,658*
İNİŞ	-1,034	-1,772**
IZG	-1,817	-2,927*
KOR	-0,652	-0,587
Orta Risk Düzeyi		
Sabit	2,026	3,675*
GUV	0,688	1,391
ŞİH	1,917	4,803*
PARK	-,074	-,127
FYA	-1,950	-5,593*
TTAK	-,277	-0,850
OM	-2,232	-4,008*
OHIZ	0,236	0,750
YHIZ	0,697	1,420
ÇIKIŞ	-1,069	-2,547*
İNİŞ	-,755	-1,673**
IZG	-,901	-2,048*
KOR	-,132	-0,195
Gözlem Sayısı	437	
LL(B)	-405,398	
LL(M)	-254,121	
-2LL	302,554	
p^2	0,373	

* %95 güven aralığında anlamlı, ** %90 güven aralığında anlamlı

Not: Anlamlı katsayı tahminleri kalın olarak gösterilmiştir.

Çizelge 6.3'te verilen katsayılarla göre elde edilen fayda fonksiyonları denklem 6.9 ve 6.10'da verilmiştir.

$$\begin{aligned}
 U_{\text{düşük}} = & -1,000 + 1,749 \times GUV + 5,021 \times \text{ŞİH} + 0,508 \times PARK - 3,108 \times FYA \\
 & -0,771 \times TTAK - 3,052 \times OM - 0,805 \times OHIZ + 1,438 \times YHIZ \\
 & -2,104 \times \text{ÇIKIŞ} - 1,034 \times \text{İNİŞ} - 1,817 \times IZG - 0,652 \times KOR \quad (6.9)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 U_{\text{orta}} = & 2,026 + 0,688 \times GUV + 1,917 \times \text{ŞİH} - 0,074 \times PARK - 1,950 \times FYA \\
 & -0,277 \times TTAK - 2,232 \times OM + 0,236 \times OHIZ + 0,697 \times YHIZ \\
 & -1,069 \times \text{ÇIKIŞ} - 0,755 \times \text{İNİŞ} - 0,901 \times IZG - 0,132 \times KOR \quad (6.10)
 \end{aligned}$$

Yalnızca sabit terimin yer aldığı katsayıların sıfır olduğu referans modelde log-olabilirlik değeri -405,398 olurken, kestirimi yapılan modelin log olabilirlik değeri -254,121 olmuştur. -2LL değeri ise denklem 6.7'den hesaplanarak 302,554 bulunmuştur. Hesaplanan modelde 24 katsayı yer alırken referans modelde 2 sabit bulunmaktadır. Serbestlik derecesi, hesaplanan model ile referans model çıkarılarak 22 olarak elde edilmiştir. Kritik χ^2 değeri, bu serbestlik derecesi ve %5 anlamlılık düzeyinde 33,924 olmaktadır. -2LL değerinin χ^2 değerinden büyük olduğu görülmektedir ve bu da, hesaplanan modelin referans modele göre daha anlamlı olduğunu göstermektedir.

Lojit modelin doğrusal olmayan bir yöntem olması nedeniyle, ρ^2 değerlerinin doğrusal regresyon ile elde edilen R^2 değerleri gibi yorumlanamaz. Ancak, Domencich ve McFadden (1975) tarafından geliştirilen grafikten yararlanarak, ρ^2 değerine karşılık gelen R^2 değerinin yaklaşık olarak yordanması olasıdır (Tezcan, 2009). Model sonucunda, denklem 6.8 kullanılarak ρ^2 değeri 0,373 bulunmuştur. ρ^2 değerinin 0,373 olması, yaklaşık 0,75 R^2 değerine denk gelmektedir. Bu değer göz önünde bulundurulduğunda, modelin veriyi iyi bir düzeyde temsil ettiği söylenebilir.

6.4.2 Katsayıların yorumlanması

Modelden elde edilen katsayı öngörülerini için çeşitli karşılaştırma ve değerlendirmeler yapılması gerekmektedir. Özellikle, bulunan katsayının işaretlerinin, önceki yapılan çalışmalar ile kısmen de olsa uyumlu olması beklenmektedir. Daha önce benzer konuda yapılan çalışmalar incelendiğinde, bu çalışmanın fayda fonksiyonlarında yer alan bazı değişkenler ile ilgili çıkarımlar yapıldığı görülmüştür. Bu çalışmalarda, model sonucunda kestirimi yapılan bazı değişken katsayıları için benzer sonuçlar bulunmuştur. Bu bölümde, model tahmini sonucunda (Çizelge 6.3, denklem 6.9 ve 6.10) ortaya çıkan değişkenlerin katsayıları yorumlanmış ve bunların bisiklet risk düzeylerine etkisi irdelenmiştir.

- Yol çizgisi ile kaldırım arasında kalan güvenlik uzaklığı (GUV) değişkeninin katsayıları, düşük risk fayda fonksiyonunda artı değer alırken, orta risk fayda fonksiyonunda %10 ve üzeri anlamlılık düzeylerinde anlamlı olmamıştır. Buna göre, güvenlik uzaklığı arttığında, motorlu taşıtın bisikletliye olan uzaklığı artarak, bisikletlinin risk düzeyinin azaldığı görülmektedir. López ve diğ. (2022), motorlu

taşıt-bisiklet etkileşimlerinde banket genişliğinin artmasının, bisiklet-taşıt arasındaki yatay uzaklığı arttırdığını ortaya koymuşlardır.

- Motorlu taşıtın şerit ihlali yapması (ŞİH) değişkeni, düşük ve orta risk düzeylerinde artı katsayılı olarak bulunmuştur. Bu durum, etkileşim sırasında motorlu taşıtın şerit ihlali yapmasının risk düzeyini azalttığını göstermektedir. Chapman ve Noyce (2012) yaptıkları çalışmada, koşullar güvenli olmasa dahi motorlu taşıt sürücülerinin şerit ihlali yaparak bisikletlilere gerekenden daha fazla alan vermeye daha yatkın olduklarını bulmuşlardır.
- Etkileşim sırasında karşı yönden taşıt gelmesini işaret eden FYA değişkeninin iki risk düzeyinde de negatif katsayısının olması, etkileşim sırasında karşı yönden taşıt geçmesi durumunun bisiklet güvenliğine olumsuz etkisi olduğunu göstermiştir. Etkileşim sırasında karşı şeritten taşıt geçmesinin sollama yapan taşıtın alanını kısıtladığı ve bu taşıtın bisikletliye yakın geçmesine yol açtığı, bu durumun da, risk düzeyini artırdığı görülmüştür. Karşı şeritten taşıt geçmediği durumlarda, sollama gerçekleştiren motorlu taşıtların genelde şerit ihlalinde bulunduğu gözlenmiş ve bisikletliye alan sağlayarak risk düzeyini azalttıkları görülmüştür. Llorca ve diğ. (2017), tek gidiş-geliş kırsal bir yolda yaptıkları çalışmada, karşıdan gelen taşıtın varlığında motorlu taşıt sürücülerinin bir bisikleti sollarken, hızlarını belli bir oranda düşürdüklerini gözlemlemişlerdir. Bu nedenle, motorlu taşıt-bisiklet etkileşimlerinin tek gidiş-geliş kırsal yollardaki trafik akımını olumsuz etkileyebileceği çıkarımında bulunmuşlardır.
- OM değişkenin katsayıları, düşük risk ve orta risk düzeylerinde negatif değer almıştır. Bu sonuç, sollama yapan taşıtın otobüs veya minibüs olmasının binek otomobil olmasına göre risk düzeyini arttırmasının yanı sıra, TTAK değişkeninin iki risk düzeyindeki fayda fonksiyonlarında %10 ve üzeri anlamlılık düzeylerinde anlamlı olmaması nedeniyle, sollama yapan taşıtın hafif ticari veya taksi olmasının risk düzeyine önemli bir etkisinin olmadığı bulunmuştur. Walker (2007) yaptığı bir çalışmada, motorlu taşıt-bisiklet etkileşimlerinde sollama yapan motorlu taşıt bir otobüs olduğunda, bu taşıtın bisikletliye daha yakın geçmekte olduğunu gözlemiştir. Bu çalışmada, sollama yapan otobüsün uzunluğu ve yavaş ivmelenmesi nedeniyle, bisikleti sollama süresi ortalama 4 sn olurken, ortalama bir binek taşıtta bu süre 0,5-1 sn arasında bulunmuştur.

- YHIZ değişkeni, düşük risk düzeyinde artı değer alırken, orta risk fayda fonksiyonunda %10 ve üzeri anlamlılık düzeylerinde anlamlı olmamıştır. Bu durum, motorlu taşıt sürücüsünün güvenli sollama yaparken hızını arttırdığını göstermektedir. López ve diğ. (2022), motorlu taşıt-bisiklet etkileşimlerinde taşıt hızı ile bisiklet taşıt arasındaki yatay uzaklığın doğru orantılı olduğunu bulmuşlardır. Buna karşın, Llorca ve diğ. (2017), motorlu taşıtların bisikletlileri yüksek hızda sollamalarının bisikletli tarafından algılanan risk düzeyini arttırdığını ortaya koymuşlardır. Bu tez çalışmasında, motorlu taşıtların bisikletlilere güvenli geçiş uzaklığı bırakmak amacıyla, hızlarını arttırdıklarını saptamıştır.
- ÇIKIŞ ile belirtilen yolun çıkış eğimli olması durumu, fayda fonksiyonlarının düşük ve orta risk düzeylerinde eksi katsayılara sahiptir. Yolun çıkış eğimli olması, düşük ve orta risk düzeyleri olması olasılığını azaltırken, yüksek risk düzeyi olma olasılığını arttırmaktadır. Daha net söylemek gerekirse, yolun yukarı eğimli olması etkileşim sırasında bisiklet güvenliği açısından risk düzeyini arttırmaktadır. Kore'nin başkenti Seul'de yapılan bir çalışmada, yol eğimi arttıkça, Seul'ün tüm bölgelerinde bisiklet kazalarının azaldığı tespit edilmiştir (Chun ve diğ. 2023). Ancak bu sonuç, daha dik eğimlerin, bisikletlilerin geçki seçimleri üzerindeki olumsuz etkisine bağlanabilir. Bu da, yüksek eğimli yollarda bisiklet kullanımının azalmasına ve dolayısıyla daha az kazaya neden olur (LeClerc, M., 2002).
- Yolun çıkış eğimli olması durumunu gösteren İNİŞ değişkeni, %5 anlamlılık düzeyinde (%95 güven aralığında) düşük ve orta risk düzeylerinin fayda fonksiyonlarında anlamlı olurken, katsayıları eksi olmuştur. Bu sonuç, iniş eğimli yol kesimlerinin bisiklet risk düzeyini olumsuz etkilediğini göstermektedir.
- Yolda sürekli ızgara durumunu anlatan eden IZG değişkeni, düşük ve orta risk düzeylerinin fayda fonksiyonlarında anlamlı olurken, katsayıları eksi öngörülmüştür. Böylelikle, sürekli ızgara bulunmasının bisiklet sürücüsünün risk düzeyini arttırdığı anlaşılmıştır.
- KOR ile gösterilen etkileşim yapan taşıtın korna çalması durumu, iki risk düzeyi için de %90 güven aralığında (%10 anlamlılık düzeyinde) anlamsız bulunmuştur. Bazı korna çalan sürücüler, bisikletin güvenliğini düşünerek alan bırakma eğiliminde olabilirken, bazı sürücüler ise, yolun kendisinin olduğunu belli etmek için korna çalarak bisiklete yakın da geçebilmektedir. Sonuç olarak, motorlu taşıt sürücülerinin etkileşim sırasındaki bisikletliyi yakın veya uzak geçme durumuna

göre korna çalmadığı, kısaca, korna değişkeninin etkileşimin yatay uzaklığına önemli bir etkisinin olmadığı görülmektedir.

Değişkenlerin risk düzeylerine etkisini ve mutlak değerce aralarındaki sıralamayı görmek amacıyla, Çizelge 6.4'teki tablo oluşturulmuştur. Çizelgede görüldüğü üzere; güvenlik uzaklığı, motorlu taşıtın şerit ihlali yapması ve yüksek hız değişkenleri etkileşimin düşük risk düzeyinde olma olasılığını arttırırken; karşı yönde taşıt olması, taşıt türünün otobüs veya minibüs olması, yol kesitinin çıkış veya iniş eğimli olması düşük risk düzeyini azaltarak yüksek risk düzeyini arttırmaktadır. Orta risk düzeyindeki fayda fonksiyonunda ise, yalnızca motorlu taşıtın şerit ihlali yapması değişkeni olumlu etki yaparken; karşı yönde taşıt olması, taşıt türünün otobüs veya minibüs olması, yol kesitinin çıkış veya iniş eğimli olması değişkenleri olumsuz etki yapmıştır.

Çizelge 6.4 : Değişkenlerin risk düzeylerine etkisi.

Değişken	Düşük Risk Düzeyi		Orta Risk Düzeyi	
	Etkisi	Sırası	Etkisi	Sırası
GUV	↑	6.	-	-
ŞİH	↑	1.	↑	3.
PARK	-	-	-	-
FYA	↓	2.	↓	2.
TTAK	-	-	-	-
OM	↓	3.	↓	1.
OHIZ	-	-	-	-
YHIZ	↑	7.	-	-
ÇIKIŞ	↓	4.	↓	4.
İNİŞ	↓	8.	↓	6.
MAZ	↓	5.	↓	5.

- : Değişkenin %90 güven aralığında anlamlı olmadığını gösterir.

↑ : Değişken katsayısının risk düzeyindeki katkısının olumlu olduğunu gösterir.

↓ : Değişkenin katsayısının risk düzeyindeki katkısının olumsuz olduğunu gösterir.

Çizelge 6.4'te verilen değişken katsayılarının risk düzeylerine etki derecelerinin saptanması açısından yapılan değerlendirmede, düşük ve orta risk düzeylerindeki

fayda fonksiyonlarında; motorlu taşıtın şerit ihlali yapmasının, karşı yönden taşıt geçmesinin ve taşıt türünün otobüs veya minibüs olma değişkeninin ilk 3'te yer aldığı görülmektedir. Eğim değişkeni incelendiğinde ise, çıkış yönü eğimli kukla değişkeni her fayda fonksiyonunda da risk düzeylerine etki sırasında 4. sırayı yer alırken, iniş yönü eğimli kukla değişkeni her iki fayda fonksiyonunda da risk düzeyine en az etkileyen değişken olmuştur. Bu sonuç gösteriyorki, yolun çıkış eğimli olmasının iniş eğimli olmasına göre risk düzeylerini daha fazla etkilemektedir.

Model kestirim ve gözlem paylarını karşılaştırmak amacıyla, denklem 6.4 ile her bir model verisi için P_i değeri bulunmuştur. Denklem 6.11 kullanılarak ise olasılıksal modelin toplu payları hesaplanmıştır.

$$P_{toplu} = \frac{\sum_{i=1}^n P_n}{n} \quad (6.11)$$

Gözlem verisinin payları ve denklem 6.11 ile hesaplanan model kesitirimlerinin payları Çizelge 6.5'te paylaşılmıştır. Model ile kesitirimi yapılan payların, sahadaki gözlem değerleri ile karşılaştırıldığında, 3 risk düzeyinde de bir fark bulunmamaktadır.

Çizelge 6.5 : Model ile kesitirimi yapılan payların gözlem ile karşılaştırılması.

Açıklama	Düşük risk	Orta risk	Yüksek risk
Gözlem payı	0,229	0,476	0,295
Model ile kesitimi yapılan pay	0,229	0,476	0,295
Fark	0	0	0

6.4.3 Senaryo uygulamaları

Bisiklet-motorlu taşıt etkileşimlerinin risk düzeyi açısından modellenmesinin amaçlarından biri de, çeşitli senaryolar altında bisiklet risk düzeyinin öngörülmesidir. Bu kapsamda, elde edilen değişkenlerdeki gözlemlerin bazılarında değişiklik olduğu varsayılarak, çeşitli uygulamaların bisiklet güvenliğine etkisi araştırılmıştır.

Senaryolar belirlenirken yapılan değişikliklerin, bisiklet risk düzeyini azaltıcı önlemler olması amaçlanmıştır. Aynı zamanda, seçilen senaryoların saha şartlarında uygulanabilirliğine de dikkat edilmiştir. Bu doğrultuda Senaryo-1'de, model girdilerinden olan sürekli ızgaraların yol boyunca yer almasının engellenebileceği ve ızgaraların aralıklı olması veya kaldırım tipi ızgara uygulaması ile yol kaplamasında

sürüş sürekliliğini engelleyebilecek yapıların önüne geçilmesi gibi bazı önlemler alınabileceği öngörülmüştür.

Senaryo-2’de ise, bisiklet ile kaldırım arasında güvenli bir alan bırakılması amacıyla, çıkış eğimli yol kesimlerinde yol kenarı çizgisi ve kaldırım arasındaki güvenlik uzaklığının en az 0,90 m yapılması durumu değerlendirilmiştir. Bu uzaklık belirlenirken, Bisiklet Yolları Yönetmeliği’ndeki (2019), bisiklet parkurlarındaki parkur şerit genişlikleri ile ayrılmış bisiklet yollarında, tek yön bisiklet yolunun temiz genişliğinin 0,90 m olması zorunluluğu temel alınmıştır. 0,90 m’lik güvenlik uzaklığının tüm yol boyunca sahada uygulanabilirliğinin zor olabileceği ve ayrıca bu durumun, yaya kaldırımalarının daralmasına neden olabileceği değerlendirilerek, bu uygulamanın yalnızca çıkış eğimli yollarda yapılabileceği kabul edilmiştir. Böylece, güvenlik uzaklığında bulunan sürekli ızgaraların kaldırılması ve çalışma bölgesindeki çıkış eğimli yol kesimlerde güvenlik uzaklığının en az 0,90 m yapılması olarak 2 farklı senaryo belirlenmiştir.

Senaryoların uygulanmasında, Senaryo-1 için tüm veride IZG değişkeni 0 alınmış, Senaryo-2 için ise ÇIKIŞ değişkeninin 1 olarak alındığı etkileşimlerde ve GUV değişkeninin 0,90’dan küçük olduğu durumda GUV değişkeni 0,90 olarak alınmıştır. Bu uygulama ile çıkış eğimli olup GUV değişkeni 0,90 m’den küçük olan 202 veri değiştirilmiştir. Senaryolardaki her bir etkileşim için olasılıklar bulunup denklem 6.11 kullanılarak olasılıksal modelin toplu payları hesaplanmıştır. Çizgelge 6.6’da, mevcut durum ve senaryo uygulamalarından elde edilen toplu payların karşılaştırılması verilmiştir.

Çizgelge 6.6 : Mevcut durum ve senaryo uygulamalarının karşılaştırılması.

Senaryolar	Düşük risk	Orta risk	Yüksek risk
Mevcut	0,229	0,476	0,295
Senaryo-1	0,245	0,477	0,278
Senaryo-2	0,255	0,475	0,270

Senaryo-1’de tahmin edilen orta ve yüksek risk düzeyinin payı, mevcut senaryoya göre bir miktar azalış gösterirken, düşük risk düzeyi artış göstermiştir. Bu sonuçlar, sürekli ızgaraların yol boyunca yer almasının engellenmesi durumunda, bisiklet risk düzeyinde kısmen iyileşme oluşabileceğini göstermektedir. Senaryo-2’de ise, kestirimi yapılan yüksek risk düzeyinin payı Senaryo-1’e göre daha iyi etki göstererek

0,295'dan 0,270'e gerilemiştir. Buna paralel olarak, düşük risk düzeyinin payı 0,229'dan 0,255'ye artmıştır. Geçki boyunca çıkış eğimli kesimlerde en az 0,90m güvenlik uzaklığının bırakılmasının, yüksek risk düzeyindeki etkileşim sayısında düşüş sağlayarak bisiklet-motorlu taşıt arasındaki yatay uzaklığı arttırdığı görülmektedir. Çıkış eğimli yol kesimlerinde bisiklet-motorlu taşıt arasındaki hız farkının kısmen artması nedeniyle, motorlu taşıtların bisikletliye yakın geçme eğiliminde olması bisiklet güvenliğini olumsuz etkilerken, yol kenarı çizgisi ile kaldırım arasında güvenli bir uzaklığın sağlanmasının, yakın gerçekleşen etkileşim sırasında bisikletliye manevra alanı sağlayarak bisiklet güvenliğini arttırdığı belirlenmiştir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bisiklet ulaşımı; esnek, ekonomik ve çevreci olması nedeniyle, özellikle kent içi yolculuklarda önemli bir seçenektir. Birçok dünya ülkesi, bisiklet ulaşımının tüm ulaşım türleri arasındaki payını arttırmak için bazı politikalar izlemektedir. Bu politikaların en başında, bisiklet güvenliğini sağlamak amacıyla ayrılmış bisiklet yollarının yaygınlaşması gelmektedir. Ancak, bisiklet yolu yapımının mümkün olmadığı yol kesimlerinde, bisiklet sürücüsünün güvenliğini düşünerek yol tasarlamak ve motorlu taşıt sürücülerinde bisiklet farkındalığı yaratmak, trafik güvenliğini sağlayıp, ulaşımında bisiklet payını artırabilir.

Bisiklet güvenliğini konu alan bu tez çalışmasında, kent içi yollarda bisiklet-motorlu taşıt etkileşimlerindeki motorlu taşıt, yol ve etkileşim özelliklerinin, bisiklet güvenliğine olan etkisi incelenmiştir. Üsküdar ilçesinde, belirlenen bir yol kesiminde kamera görüntüleri ile veri toplanmış ve bu veriler kullanılarak ÇTL modeli oluşturulmuştur. Motorlu taşıt etkileşimlerinin bisiklet güvenliğine etkisini belirlemek amacıyla, sollama sırasında motorlu taşıtın bisikletliye olan yatay uzaklığına bağlı olarak belirlenen risk düzeyleri; az, orta ve yüksek olmak üzere 3 sınıfa ayrılmış ve modelin bağımlı değişkeni seçilmiştir.

Model kapsamında, 10 değişken ile ilgili veri toplanmış ve modelde, sürekli değerlerle girdi sağlayan güvenlik uzaklığı değişkeni ile birlikte, 10 kukla değişken kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda; yol kenarı parklanma durumu, motorlu taşıtın korna çalması, taşıt türünün hafif ticari veya taksi olması ve orta düzeydeki taşıt hızı değişkenleri düşük ve orta risk düzeyleri için istatistiksel olarak anlamsız olurken, etkileşim sırasındaki güvenlik uzaklığı ve taşıtın yüksek düzeydeki hızı ise, yalnızca düşük risk düzeyi için istatistiksel olarak anlamsız çıkmıştır.

Model katsayı kesitirim sonuçlarına göre, etkileşim sırasında daha geniş güvenlik uzaklığının, bisiklet-taşıt arasındaki yatay uzaklığı arttırarak, bisiklet risk düzeyini azalttığı belirlenmiştir. Aynı şekilde, motorlu taşıtın şerit ihlali yapmasının, bisiklet kullanıcısının risk düzeyini azalttığı ve bisiklet ile taşıt arasında güvenli alan sağladığı

çıkartımı yapılmıştır. Ek olarak, bu değışkenin düşük risk düzeyindeki fayda fonksiyonunda mutlak değerce en yüksek değeri alması, risk düzeyinin düşmesi olasılığına önemli bir katkı verdiğini göstermektedir. Düşük risk fayda fonksiyonunda mutlak değerce en yüksek ikinci olan karşı şeritten taşıt geldiğı durumda ise, sollama yapan taşıtın manevra özellikleri nedeniyle bisikletliye yakın geçerek, bisiklet güvenliğini azalttığı bulunmuştur.

Sollama yapan taşıt türleri incelendiğinde, en riskli grubun otobüs ve minibüsler olduğu, en düşük riskli grubun ise otomobil olduğu belirlenmiştir. Başta boyutları nedeniyle bisiklet kullanıcısının risk algısını arttıran otobüs ve minibüslerin; duraklarda durmaları, özellikle minibüslerin ani fren ve hızlanma yapmaları sırasında bisikletliye güvenli bir alan bırakmayarak risk düzeyini etkilediğı söylenebilir. Daha önce İBB bünyesinde ulaşım da bisiklet farkındalığı eğitimi verilmiş, bu kapsamda bazı otobüs şoförleri bisiklet üzerindeyken yakın mesafeden otobüslerin geçmesi ve korna sesine maruz bırakılmıştır. Böylelikle, trafikte kendilerini bisikletlilerin yerine koymaları ve bisikletlilerin yaşadığı hisleri birebir deneyimlemeleri amaçlanmıştır (Url-6). Bu eğitim kapsamının genişletilerek; özellikle bisikletli sayısının fazla olduğu caddelerde bütün otobüs ve minibüs sürücülerini de içermesi, bisiklet güvenliğine olumlu katkılar sağlayabilir.

Yol arazi koşulları açısından değerlendirildiğinde, yolun iniş ve çıkış eğimli olmasının risk düzeyini arttırdığı görülürken, çıkış eğiminin iniş eğimine göre risk düzeyine daha fazla etkisinin olduğu bulunmuştur. Bu sonucun elde edilmesinde, bisiklet ile motorlu taşıt arasındaki hız farkının çıkış eğimli kesimlerde daha fazla artması ile motorlu taşıt sürücülerinin sollama sırasında sabırsız davranarak bisikletliye belli bir oranda yakın geçme durumunun etkisi olduğu söylenebilir. Bu etkiyi azaltmak amacıyla, çıkış eğimi yönünde yapılacak ayrılmış bisiklet yolu uygulamaları, bisiklet güvenliğini arttırmaya yardımcı olabilir.

Kestirimi yapılan modelden yararlanılarak, iki senaryo belirlenmiş ve bazı öneriler sunulmuştur. Sürekli ızgaraların yol boyunca konumlanmasının engellenmesi öngörülen Senaryo-1’de, yüksek risk düzeyinde kısmen azalma olurken, düşük risk düzeyinde bir miktar artış olmuş, orta risk düzeyinde ise önemli bir değışiklik saptanmamıştır. Yol kenarı çizgisi ve kaldırım arasındaki güvenlik uzaklığının en az 0,90 m yapılması durumu olarak belirlenen Senaryo-2’de ise, yordanan yüksek risk düzeyi azalış göstermiştir. Buna karşılık, düşük risk düzeyi artış gösterirken, orta risk

düzeyinde önemli bir değişim gözlenmemiştir. Bu senaryolar sonucunda, bisiklet kullanıcısının dengesini bozan ve yolun orta kısmına yönelmesine neden olan sürekli ızgara konulmasının engellenmesi ve motorlu taşıtın bisikletliye yaklaşma durumunda bisikletlilerin güvenli bir şekilde manevra yapmaları için alan bırakılması amacıyla, bisiklet-motorlu taşıt hız farkının yüksek olduğu çıkış eğimli yol kesimlerinde yol kenarı çizgisi ile kaldırım arasında 0,90 m güvenlik uzaklığı yapılmasının, bisiklet güvenliğini olumlu etkileyeceği sonucuna varılmaktadır.

Bu tezde, bisiklet ulaşımının yaygınlaşmasının en önemli engellerinden biri olan bisiklet-motorlu taşıt etkileşimlerinde yol güvenliğini etkileyen unsurlar belirlenmiş ve iyileştirme uygulamaları için senaryolar geliştirmiştir. Bu unsurları incelemek amacıyla, bisiklet arkasına konumlanan kameradan elde edilen görüntüler analiz edilmiştir. Risk düzeyini belirlemek amacıyla yapılan bu sürüşlerin tek kullanıcı tarafından yapılması ve risk düzeyinin belirlenmesinde kullanılan bağımlı değişkenin yalnızca bisiklet-motorlu taşıt arasındaki uzaklık olması, çalışmanın zayıf yanı olarak nitelendirilebilir. Gelecek çalışmalarda, daha fazla bisikletlinin kamera görüntüleri incelenerek bir grup bisikletli tarafından her bir etkileşim için ortalama bir risk algısı düzeyi belirlenebilir. Ayrıca, veri toplama sırasında kukla değişkenlerin azaltılarak daha fazla sayısal veriden yararlanılabilecek yöntemler geliştirilebilir.



KAYNAKLAR

- Albert de la Bruheze, A. A.** (2000). Bicycle use in twentieth century Western Europe: The comparison of nine cities. In *Velo-City International Cycling Conference 2000* (Vol. 6, p. 22).
- Allan, A.** (2013). *The Effects of Topography on Walking And Cycling in Suburban Centres: A Comparison of Flat Salisbury With Hilly Golden Grove in Adelaide's North-East* (Doctoral dissertation, Department of Infrastructure and Regional Development).
- Ardıçhoğlu, M.** (2015). *Kanalizasyon Sistemleri Ders Notu*. <https://docplayer.biz.tr/19074323-Kanalizasyon-sistemleri.html>
- Armstrong, M.** (2022). Energy Efficient Travel: Nothing Beats the Bike. *Statista*. Retrieved November 10, 2022, from <https://www.statista.com/chart/28710/energy-efficiency-of-modes-of-transport/>
- Attewell, R. G., Glase, K., & McFadden, M.** (2001). Bicycle helmet efficacy: a meta-analysis. *Accident Analysis & Prevention*, 33(3), 345-352.
- Ben-Akiva, M., & Bierlaire, M.** (1999). *Discrete choice methods and their applications to short term travel decisions*. In Handbook of transportation science (pp. 5-33). Boston, MA: Springer US
- Bisiklet Yolları Yönetmeliği.** (2019). *T. C. Resmi Gazete, 30976, 12 Aralık 2019*.
- Çağlar, Z. Ç., Polat, A., & Ögüt, K. S.** (2016) İstanbul, Yalova ve Sakarya'da üniversite öğrencilerinin okul yolculuklarında bisiklet kullanımının araştırılması. *Transist İstanbul Ulaşım Kongresi ve Fuarı, İstanbul*
- ÇSİDB.** (2019). *Bisiklet Yolları Kılavuzu*. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. Ankara.
- ÇSİDB.** (2019). *Güvenli Bisiklet Sürüş Teknikleri El Kitabı*. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. Ankara.
- Ceylan, F.** (2022). *Bisikletin Kent İçi Ulaşım Aracı Olarak Kullanımına İlişkin Araştırma*. (Yüksek lisans tezi). İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Türkiye
- Chapman, J., & Noyce, D.** (2012). Observations of Driver Behavior During Overtaking of Bicycles on Rural Roads. *Transportation Research Record*, 2321, 38-45.
- Chun, U., Lim, J., Lee, S., & Park, S.** (2023). An Analysis of Bicycle Accidents with Respect to Spatial Heterogeneity. *Scientific Reports*, 13(1).
- City of Boston.** (2020). *Bicycle Level of Traffic Stress Map*. Technical Documentation. Retrieved October 9, 2021, from

<https://www.boston.gov/departments/transportation/bicycle-level-traffic-stress-map>

- Cole-Hunter, T., Morawska, L., & Solomon, C.** (2015). Bicycle commuting and exposure to air pollution: A questionnaire-based investigation of perceptions, symptoms, and risk management strategies. *Journal of Physical Activity and Health*, 12(4), 490–499. <https://doi.org/10.1123/jpah.2013-0122>.
- Cycling Embassy of Great Britain.** (2021). *Barriers to Cycling*. <https://www.cycling-embassy.org.uk/wiki/barriers-cycling>.
- Davis, J.** (1987). Bicycle Safety Evaluation. Auburn University, City of Chattanooga, and Chattanooga-Hamilton County Regional Planning Commission, Chattanooga, Tenn.
- Department for Transport.** (2008). *Cycle Infrastructure Design*. TSO.
- Department for Transport.** (2020). *Walking and Cycling Statistics, England: 2019*. <https://www.gov.uk/government/statistics/transport-use->
- Department for Transport.** (2022). *UK Highway Code*. Retrieved September 17, 2023 from, https://www.highwaycodeuk.co.uk/uploads/3/2/9/2/3292309/the_official_highway_code_-_17-09-2023.pdf
- Department for Transport.** (2023). Reported road casualties in Great Britain: *pedal cycle factsheet*. Retrieved September 28, 2023 from, <https://www.gov.uk/government/statistics/reported-road-casualties-great-britain-pedal-cyclist-factsheet-2022>.
- DiGioia, J., Watkins, K. E., Xu, Y., Rodgers, M., & Guensler, R.** (2017). Safety impacts of bicycle infrastructure: A critical review. *Journal of Safety Research*, 105–119.
- Domencich, T. A. , & McFadden, D.** (1975). *Urban travel demand-a behavioral analysis* (No. Monograph).
- Dünya Sağlık Örgütü.** (2023). *Global Status Report on Road Safety 2023: summary*. WHO.
- Elbeyli, Ş.** (2012). *Kentiçi ulaşımında bisikletin konumu ve şehirler için bisiklet ulaşımı planlaması: Sakarya örneği*. (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- European Commission.** (2023). European Road Safety Observatory: *Facts and Figures – Cyclists - 2023*
- Forester, John.** (1994). *Bicycle transportation: a handbook for cycling transportation engineers*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Gamiz, M., & Wyant, L.** (2020). *One-Way Carsharing as a First and Last Mile Solutions for Transit*. UBS Sustainability Scholar.
- Goeman, J. J., & Le Cessie, S.** (2006). A goodness-of-fit Test For Multinomial Logistic Regression. *Biometrics*, 62(4), 980–985.
- Guo, Y., Yang, L., & Chen, Y.** (2022). Bike share usage and the built environment: a review. *Frontiers in public health*, 10, 848169.

- Haddak, M. M.** (2016). Exposure-based Road Traffic Fatality Rates by Mode of Travel in France. *Transportation Research Procedia*, 14, 2025–2034. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.170>.
- Hensher, D. A., Rose, J. M., & Greene, W. H.** (2005). *Applied choice analysis: a primer*. Cambridge university press.
- Highway Traffic Safety Administration, N., & Department of Transportation, U.** (2020). *Traffic Safety Facts - 2020 Data: Bicyclists and Other Cyclists*. (Report: DOT HS 813 322). NHTSA.
- İBB Gençlik ve Spor Müdürlüğü.** (2017). *Güvenli Sürüş El Kitabı*. İstanbul Büyükşehir Belediyesi. İstanbul.
- İBB Ulaşım Planlama Müdürlüğü.** (2021). *Bisiklet El Kitabı*. İstanbul Büyükşehir Belediyesi. İstanbul.
- İBB Ulaşım Planlama Müdürlüğü.** (2022). İstanbul Sürdürülebilir Kentsel Hareketlilik Planı (SKHP). İstanbul.
- Juga, J., Juntunen, J., & Pohjosenperä, T.** (2022). Impact of weather on bicycle use: Evidence from Helsinki in 2017-2021. In *Yearbook of the Finnish Traffic and Transportation Planning Association* (Vol. 5, Issue 1).
- Karayolları Trafik İşaretleme Standartları.** (2020). Karayolları Genel Müdürlüğü.
- Karayolları Trafik Yönetmeliği.** (1983) T.C. Resmi Gazete, 23053, 18 Temmuz 1997.
- Katsuhara, T., Miyazaki, H., Kitagawa, Y., & Yasuki, T.** (2014). Impact kinematics of cyclist and head injury mechanism in car-to-bicycle collision. In *Proceedings IRCOB conference 2014* (pp. 670-684).
- KGM.** (2016). *Trafik Kazaları Özeti 2015*. Karayolları Genel Müdürlüğü.
- KGM.** (2017). *Trafik Kazaları Özeti 2016*. Karayolları Genel Müdürlüğü.
- KGM.** (2018). *Trafik Kazaları Özeti 2017*. Karayolları Genel Müdürlüğü.
- KGM.** (2019). *Trafik Kazaları Özeti 2018*. Karayolları Genel Müdürlüğü.
- KGM.** (2021). *Trafik Kazaları Özeti 2020*. Karayolları Genel Müdürlüğü.
- KGM.** (2022). *Trafik Kazaları Özeti 2021*. Karayolları Genel Müdürlüğü.
- KGM.** (2023). *Trafik Kazaları Özeti 2022*. Karayolları Genel Müdürlüğü.
- Khan, A. M. & Bacchus, A.** (1995). Bicycle use of highway shoulders. *Transportation Research Record*, 1502, 8–21.
- Koppelman, F. S., & Bhat, C.** (2006). *A Self Instructing Course in Mode Choice Modeling: Multinomial and Nested Logit Models*. U.S. Department of Transportation Federal Transit Administration.
- Landis, B., Vattikuti, V., Brannick, M.** (1997). Real-Time Human Perceptions: Toward a Bicycle Level of Service. *Transportation Research Record*, 1578(1), 119-126
- LeClerc, M.** (2002). Bicycle planning in the City of Portland: Evaluation of the City's Bicycle Master Plan and statistical analysis of the relationship between the City's bicycle network and bicycle commute. *School of Urban Studies and Planning, Portland State University, Portland, OR*.

- Lindner, J.** (2024). *Global Ebike Statistics: Market Booms, Sales Surge, Emissions Drop*. Retrieved July 17, 2021, from, <https://gitnux.org/ebike-statistics/>
- Llorca, C., Angel-Domenech, A., Agustin-Gomez, F., & Garcia, A.** (2017). Motor Vehicles Overtaking Cyclists on Two-lane Rural Roads: Analysis on Speed and Lateral Clearance. *Safety Science*, 92, 302–310.
- López, G., Moll, S., Pérez-Zuriaga, A.M., & García, A.** (2022). Evaluation of the Influence of Road Geometry on Overtaking Cyclists on Two-Lane Rural Roads. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19.
- Mekuria, M. C., Furth, P. G., & Nixon, H.** (2012). Low-stress bicycling and network connectivity. *Mineta Transportation Institute*.
- Maddox, Heath.** (2001). Another look at Germany's bicycle boom: implications for local transportation policy & planning strategy in the USA. *World Transport Policy & Practice*, 7(3).
- McFadden, D., & Train, K.** (2000). Mixed MNL Models For Discrete Response. *Journal of Applied Econometrics*, 15(5), 447–470.
- Mecheri, S., Rosey, F., & Lobjois, R.** (2020). Manipulating constraints on driver-cyclist interactions in a fixed travel space: Effects of road configuration on drivers' overtaking behavior. *Safety Science*, 123.
- De Neef, M.** (2013). Gradients and cycling: an introduction. *Climbing Cycl.* Retrieved November 29, 2018 from, <http://theclimbingcyclist.com/gradients-and-cycling-an-introduction/>
- National Safety Council.** (2022). Injury Facts: *Bicycle Deaths*. NSC.
- Oh, J.-S., Kwigizile, V., Ro, K., Feizi, A., Kostich, B. W., Abdullah, R., Hasan, H., Abdallah, F., & Alhomaidat, M.** (2017). *Effect of Cycling Skills on Bicycle Safety and Comfort Associated with Bicycle Infrastructure and Environment*.
- Oregon Bikeway/ Pedestrian Office.** (1992). *Oregon Bicycle Plan*. Oct 30 1996 Retrieved October 30, 1996 from, <https://trid.trb.org/View/367817>
- Özakay, Ö., & Koyuncu, M.** (2020). Türkiye'deki Bisiklet Kullanıcılarının Trafikte Görünürlükleri ve Renk Değişkeninin Bu Bağlamda İncelenmesi. *Trafik ve Ulaşım Araştırmaları Dergisi*, 3(2), 86–108.
- Pérez-Zuriaga, A. M., Moll, S., López, G., & García, A.** (2021). Driver behavior when overtaking cyclists riding in different group configurations on two-lane rural roads. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(23).
- San Francisco Department of Parking & Traffic.** (2004). San Francisco's shared lane pavement markings: Improving bicycle safety. San Francisco.
- Scott, M. S.** (2004). Loud car stereos in Savannah, Georgia. *A final report to the US Department of Justice, Office of Community Oriented Policing Services on the field applications of the Problem-Oriented Guides for Police project*
- Sidebottom, A., & Johnson, S. D.** (2008). Bicycle Theft. In *Encyclopedia of Criminology and Criminal Justice* (pp. 162–170). Springer New York.

- Sorton, A., & Walsh, T.** (1994). Bicycle Stress Level as a Tool To Evaluate Urban and Suburban Bicycle Compatibility. *Transportation Research Record No. 1438, Research Issues on Bicycling, Pedestrians, and Older Drivers*.
- Steenberghen T., Tavares T., Richardson J., Himpe W., & Crabbé A.** (2017). Support study on data collection and analysis of active modes use and infrastructure in Europe. *Final Report. European Union, Luxembourg*.
- Su, J. G., Winters, M., Nunes, M., & Brauer, M.** (2010). Designing a route planner to facilitate and promote cycling in Metro Vancouver, Canada. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 44(7), 495–505.
- Szell, M., Mimar, S., Perlman, T., Ghoshal, G., & Sinatra, R.** (2022). Growing urban bicycle networks. *Scientific Reports*, 12(1). 6765.
- Tezcan, H. O.** (2009). Trafik Tıkanıklığı Yönetimi Olarak Fiyatlandırma ve İstanbul-Eminönü İçin Bir Uygulama. (Doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tezcan, H. O., Öğüt, K. S., & Çidimal, B.** (2011). A multinomial logit car use model for a megacity of the developing world: Istanbul. *Transportation Planning and Technology*, 34(8), 759–776.
- The Seattle Department of Transportation.** (2018). *Bicycle Level of Traffic Stress*. Technical Documentation. Seattle.
- Transport for London.** (2014). *London cycling design standards*. Retrieved December, 2014 from, <https://content.tfl.gov.uk/lcds-chapter1-designrequirements.pdf>
- TÜİK.** (2024). *Motorlu Kara Taşıtları, Aralık 2023*. Türkiye İstatistik Kurumu.
- UN Environmental Programme.** (2024). *Sustainable Transport and Air Pollution*. UNEP.
- U.S. EPA.** (2018). Latest findings on national air quality: *Status and trends through 2006*. EPA-454/R-07-007. Research Triangle Park, NC.
- EPA-454/R-07-007. Research Triangle Park, NC.
- Uz, V. E., ve Karaşahin, M.** (2004). Kentiçi Ulaşımında Bisiklet. *TMH-Türkiye Mühendislik Haberleri Sayı:429*, pp.41-46.
- Walker, I.** (2007). Drivers overtaking bicyclists: Objective data on the effects of riding position, helmet use, vehicle type and apparent gender. *Accident Analysis and Prevention*, 39(2), 417–425.
- Yayla, N.** (2006). *Karayolu Mühendisliği*. Birsan Yayınevi. İstanbul.
- Zee, R. V. D.** (2015). How Amsterdam became the bicycle capital of the world. *The Guardian*. Retrieved from <https://www.theguardian.com/cities/2015/may/05/amsterdam-bicycle-capital-world-transport-cycling-kindermoord>
- Url-1** <<https://bisiklet.ibb.istanbul/istanbulun-ilk-pop-up-bisiklet-yolu-projesi-tamamlandi/>>
- Url-2** <<https://bikecity.amsterdam.nl/en/amsterdam-introduces-speed-limit-of-30-km-h/>>, date retrieved 21.12.2023.

- Url-3** <<https://www.london.gov.uk/programmes-strategies/transport/cycling-and-walking/transforming-cycling-outer-boroughs-mini-hollands-programme>>
- Url-4** <<https://cyclehighways.eu/design-and-build/infrastructure/bicycle-streets.html/>>
- Url-5** <https://www.decathlon.com.tr/c/http/kosu-gozlukleri-ile-bisiklet-gozlukleri-arasindaki-farklar-nelerdir_a1d32402-b846-48b8-a2d3-13e8f14d5d41>.
- Url-6** <<https://iett.istanbul/arsiv/38060/ett-otobus-suruculerine-bisiklet-farkindaligi>> erişim tarihi 03.06.2023.



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Emre SAK

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2019, YTÜ, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

MESLEKİ DENEYİM:

- 2020-2021 yılları arasında Yeditepe Proje Mühendislik'te statik çelik/betonarme projelerinde çalıştı.
- 2021 yılında Altınok Müşavirlik Mühendislik A.Ş.'de karayolu tasarım projelerinde çalıştı.
- 2021-2024 yılları arasında İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nde İstanbul Ulaşım Ana Planı modeli ve İstanbul Sürdürülebilir Kentsel Ulaşım Planı projelerinde çalıştı.

Yayın Listesi:

- Sak, E. ve Tezcan, H.O. (2023). Analyze Of Bicycle-Motor Vehicle Interaction On Urban Roads In Terms Of Road Safety, International Congress – Academy of Scientific and Educational Studies, October 27-29, 2023 Balıkesir, Türkiye.