



A study on sustainable bikeways selections with analysis tools

Şükran Yemişçioğlu*, Tülay Çivici, Yusuf Yıldız

Department of Architecture, Faculty of Architecture, Balıkesir University, 10145, Balıkesir, Türkiye

Highlights:

- Increasing energy consumption and climate change
- Criteria in sustainable bikeways selection
- Importance of analysis tools in bikeways selection

Keywords:

- Sustainability
- Energy consumption
- Bikeways
- Analysis tools

Article Info:

Research Article
Received: 11.10.2022
Accepted: 21.10.2023

DOI:

10.17341/gazimmfd.1187532

Correspondence:

Author: Şükran Yemişçioğlu
e-mail: sukranysc@gmail.com
phone: +90 543 640 0280

Graphical/Tabular Abstract

In this study, an approach to the selection of sustainable bikeways has been presented using analysis tools. The structure of the suggestion is based on the Analytical Hierarchy Process and creating a suitability map in ArcMap 10.7 tool according to the weighted scores of the criteria (Figure A). Results show that slope and roadway width are more important than the other criteria in the context of the study. Therefore, the selected sustainable bikeways, as a result of the study, have lower slope and more width primarily. Subsequently, the bikeways are parallel with the proximity criteria, respectively. In conclusion, using this approach, sustainable bikeway selection can be suggested in other residential areas to reduce fossil fuels, environmental pollution, and the impacts of the climate change.

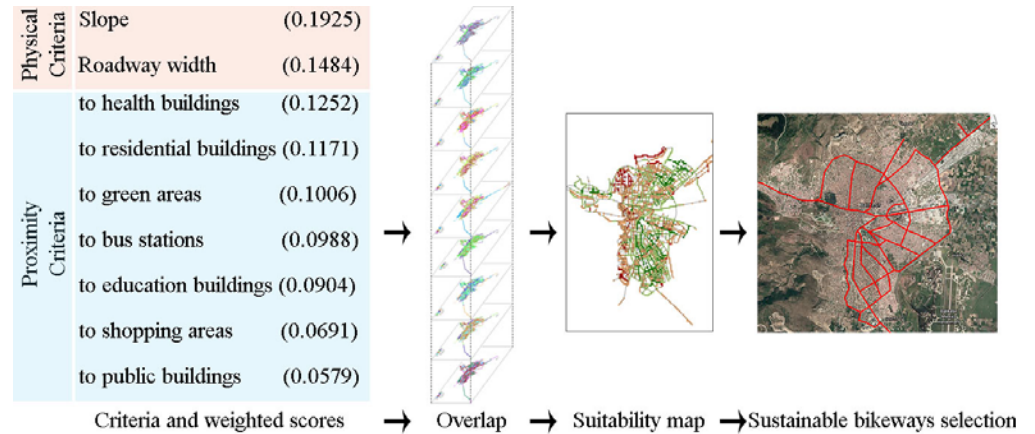


Figure A. An approach to sustainable bikeways selection process by using an analysis tool and criteria

Purpose: The aim of this study is to emphasize the contributions of bicycles to environmental sustainability and to offer an approach for the selection of sustainable bikeways by making evaluations over specific criteria and using an analysis tool.

Theory and Methods: The nine criteria have been determined through a literature review and prioritized by various stakeholders through a survey. These criteria have been weighted using the SuperDecision V3.2 program as part of the Analytical Hierarchy Process. Subsequently, the results have been transferred to maps created in the ArcMap 10.7 analysis tool. Finally, the maps have been overlapped in the analysis tool, and the selection of sustainable bikeways has been proposed.

Results: Slope and roadway width have been identified as the most important criteria, whereas less crucial ones include proximity to health buildings, green areas, bus stations, etc. Therefore, it can be concluded that physical criteria carry more significance than proximity criteria in the context of this study.

Conclusion: The sustainable bikeways selection map comprises uninterrupted routes, and the reasons for selecting these routes are explained clearly due to the utilization of an analysis tool. For instance, upon analyzing the map, it becomes evident that there are more bikeways in the east than in the west of the city center. This situation is due to roadways in the west are slopper compared to the ones in the east. Simultaneously, the roadways in the west have narrower widths, mainly due to the presence of older settlements. Thus, the map aligns with the criteria and their weighted scores, facilitating the prediction of potential future issues and making it easier to generate solutions. In conclusion, the map underscores the significance of employing analysis tools in sustainable bikeways selection.



Analiz araçları yardımıyla sürdürülebilir bisiklet yolları seçimi üzerine bir çalışma

Şükran Yemişçioğlu*^{ID}, Tülay Çivici^{ID}, Yusuf Yıldız^{ID}

Balıkesir Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 10145, Balıkesir, Türkiye

ÖNEÇIKANLAR

- Enerji tüketiminde artış ve iklim değişikliği
- Sürdürülebilir bisiklet yolları seçim kriterleri
- Bisiklet yolu seçiminde analiz araçlarının önemi

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi

Geliş: 11.10.2022

Kabul: 21.10.2023

DOI:

10.17341/gazimmfd.1187532

Anahtar Kelimeler:

Sürdürülebilirlik,
enerji tüketimi,
bisiklet yolları,
analiz araçları

ÖZ

Son yıllarda giderek artış gösteren motorlu araç kullanımı, fosil yakıt kullanımını artırarak çevresel kirliliği ve iklim değişikliğini tetiklemektedir. Bu durumun etkisini azaltmak için sergilenen yaklaşımların başında bisikletin bir ulaşım aracı olarak kullanılması gelmektedir. Bisiklet, fosil yakıt tüketmeyerek çevre kirliliğini azaltmada ve enerji kaynaklarını etkin bir şekilde kullanmada sürdürülebilir bir ulaşım aracıdır. Ancak bunun sağlanabilmesi için bisiklet yolu seçimine dair kararların fizibilite çalışmaları doğrultusunda verilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda çalışmanın amacı, belirli kriterler üzerinden değerlendirmeler yaparak analiz araçları yardımıyla sürdürülebilir bisiklet yolu seçimine yönelik bir yaklaşım sunmaktır. Literatür taraması sonucu fiziksel kriterler ve yakınlık kriterleri olarak 9 kriter belirlenmiş ve bu kriterler farklı paydaşlar tarafından önem derecesine göre sıralanmıştır. Ardından kriterlerin önem derecelerine göre Analitik Hiyerarşi Yönteminin (AHY) bir parçası olarak ağırlıklı puanları hesaplanmıştır. Buna göre eğim kriteri 0,1925 puan alarak en önemli kriter olarak belirlenmişken kamu yapılarına yakınlık kriteri 0,0579 puan ile en az puanı alan kriter olmuştur. Ağırlıklı puanlar haritalara atanarak 9 farklı harita oluşturulmuş ve ArcMap 10.7 aracıyla mekânsal analizler gerçekleştirilmiştir. Son olarak oluşturulan haritalar çakıştırılmış ve Balıkesir şehir merkezi için sürdürülebilir bisiklet yolları önerisi sunulmuştur.

A study on sustainable bikeways selections with analysis tools

HIGHLIGHTS

- Increasing in energy consumption and climate change
- Sustainable bikeways selection criteria
- Importance of analysis tools in bikeways selection

Article Info

Research Article

Received: 11.10.2022

Accepted: 21.10.2023

DOI:

10.17341/gazimmfd.1187532

Keywords:

Sustainability,
energy consumption,
bikeways,
analysis tools

ABSTRACT

In recent years, the increasing motorized vehicle utilization threatens the environmental pollution and climate change by raising the fossil fuels utilization. One of the approaches taken to reduce the impact of this situation is bicycle utilization as a transportation vehicle. Bicycle is a sustainable transportation vehicle as does not consume fossil fuels; thus, it reduces environmental pollution and uses energy sources effectively. But, to achieve this, the decisions on bikeways selection must be made in line with feasibility studies. The aim of this study is to offer an approach for sustainable bikeways selection by making evaluations over specific criteria by means of analysis tools. 9 main criteria as physical and proximity criteria have been determined and these criteria have been ranked according to their importance degrees by different stakeholders. Then, the weighted scores of criteria have been calculated according to their importance degrees as a piece of Analytical Hierarchy Process (AHP). In this direction, while the slope criterion has been determined as the most important criterion with its 0.1925 points, the proximity to public buildings has been the criterion that has the lowest score with 0.0579 points. 9 different maps have been created by assigning weighted scores to maps and the spatial analyses have been made by means of ArcMap 10.7 tool. Finally, the created maps have been overlapped and sustainable bikeways selection has been made for Balıkesir city center.

1. Giriş (Introduction)

Sürdürülebilirlik kavramı, uzun zamandır gündemde olmakla birlikte pek çok farklı alanda varlığını göstermektedir. 1987’de yayınlanan Ortak Geleceğimiz Raporu’nda sürdürülebilir kalkınma, “Gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılayabilme yeteneğinden ödün vermeksizin, bugünün ihtiyaçlarının karşılanması” şeklinde tanımlanmaktadır [1]. Diğer yandan sürdürülebilirlik kavramı teorik olarak çevresel, sosyal ve ekonomik olmak üzere üç ana başlık altında ve farklı ölçeklerde incelenebilmektedir [2]. Çevresel sürdürülebilirlik, enerji kaynaklarının verimli ve bilinçli kullanımı, yenilenebilir enerji kaynakları, çevre kirliliği ve iklim değişikliği gibi konularla ilgili bir kavramdır. [3]. Yapılı çevreler olarak kentlerde artan nüfus yoğunluğu, doğal kaynakların bilinçsiz bir şekilde tüketilmesine ve çevresel kirliliğin artmasına sebep olmaktadır. Dolayısıyla kent ölçeğine bakıldığında da sürdürülebilirlik ile ilgili gelişmelerin ve yaklaşımların varlığı söz konusudur.

Nüfus artışının fiziksel bir etkisi olarak yeni yolların ve binaların yapımı da artmakta ve bu nedenle şehir içi erişilebilirlik azalmaktadır. Bu durum bireysel motorlu araç kullanımını yaygınlaştırmaktadır [4]. Dolayısıyla fosil yakıt tüketimi de artarak çevresel kirliliği tetiklemekte ve iklim değişikliği gibi çevresel sorunlara yol açmaktadır [5, 6]. Ancak küresel ölçekte bakıldığında bu gibi konuların gelişmemiş ve/veya gelişmekte olan ülkeler tarafından yeterince ele alınmadığı ve etkin çözümler üretilmediği görülmektedir [7]. Gelişmiş ülkelerde ise söz konusu olumsuzlukları en aza indirmek amacıyla çeşitli yaklaşımlar benimsenmektedir. Bu yaklaşımlar arasında, şehir içi ulaşımda bisikletin bir ulaşım aracı olarak kullanılması yer almaktadır. Çünkü motorlu araçlarla kıyaslandığında bisikletin ulaşım alanındaki enerji tüketimini azalttığı ve çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağladığı görülmektedir [8]. Diğer yandan bisikletin fosil yakıt tüketmemesi sürdürülebilir bir ulaşım aracı olarak kabul edilmesinde en büyük etkidir. Ancak bu kabulün etkili olabilmesi, bisiklet kullanımını güvenli, kolay ve sürdürülebilir kılan bisiklet yollarının seçimiyle yakından ilişkilidir [9]. Bu nedenle bisiklet yollarının seçiminde sürdürülebilir ve etkin kararların verilebilmesi için bölgeye ait özelliklerin belirli kriterler üzerinden analiz edilmesi gerekmektedir. Analiz sürecinde ise bir analiz aracının

kullanılması, analiz sonuçlarına büyük oranda katkı sağlamaktadır [10].

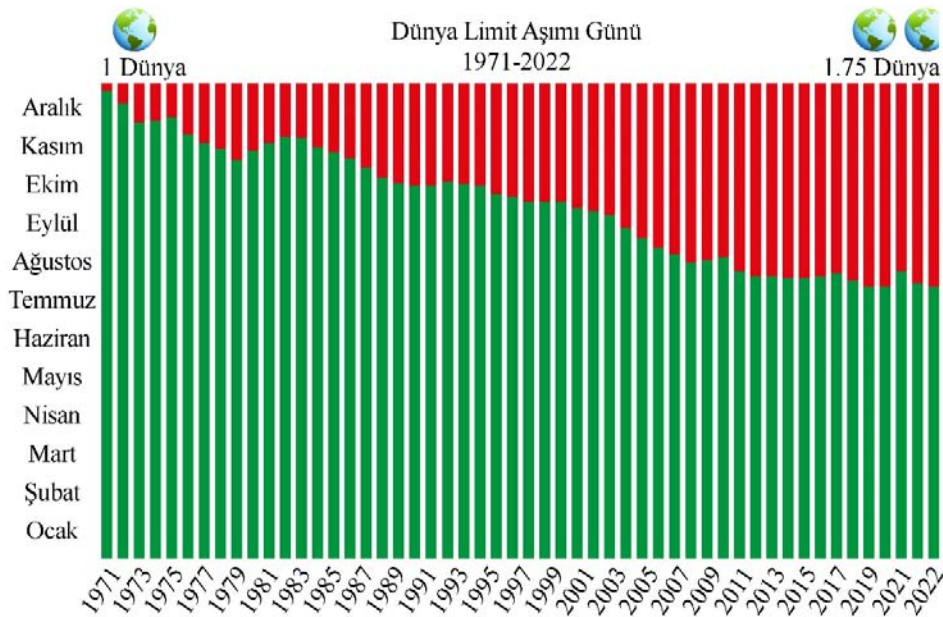
“Analiz Araçlarıyla Sürdürülebilir Bisiklet Yolları Seçimi: Balıkesir Örneği” isimli yüksek lisans tezinden üretilen bu çalışmada temel amaç, Balıkesir şehir merkezinin sahip olduğu fiziksel özellikler üzerinden sürdürülebilir bisiklet yolları seçimine dair bir yaklaşım sunmaktır. Bu doğrultuda karar vericiler, konu hakkında uzman akademisyenler ve şehir içi bisiklet kullanıcıları olmak üzere farklı paydaş grupları bir araya getirilmiştir. Ardından bisiklet yolu seçim kriterleri kullanılarak bir analiz aracı yardımıyla mekânsal analizler yapılmış ve sürdürülebilir bisiklet yolları önerisi sunulmuştur. Diğer yandan daha önce yapılmış olan çalışmalarda bisiklet yolu seçiminde kullanılan analiz araçlarının karşılaştırmalarına rastlanmadığından, bu konuda yoğun olarak kullanılmış olan ve kullanılma potansiyeli olan analiz araçlarının karşılaştırmalarına da çalışma kapsamında yer verilmiştir.

2. Kuramsal Temeller (Theoretical Basis)

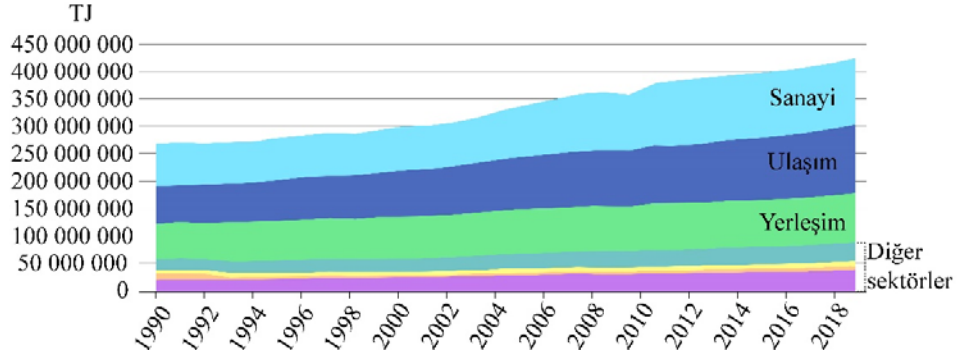
2.1. Enerji Tüketimi ve Çevresel Sorunlar (Energy Consumption and Environmental Problems)

Sanayi Devrimi’nin başlangıcıyla birlikte değişen üretim ve tüketim etkinlikleri, doğal kaynakların kullanımında da değişimlere sebep olmuştur. Değişen ve gelişen bu kullanım, çevresel tahribatı da tetikleyerek ciddi sorunlar meydana getirmiştir [11]. Bu etkinin yakın zamandaki yansıması Global Footprint Network’ün 2022 yılı için yayınladığı Dünya Limit Aşımı Günü (Earth Overshoot Day) indeksinde görülebilmektedir. Buna göre 2022 yılı için ayrılan kaynaklar 28 Temmuz 2022 tarihinde tükenecek ve yılın geri kalanı için 2023 yılına ait kaynaklardan kullanılacaktır [12] (Şekil 1).

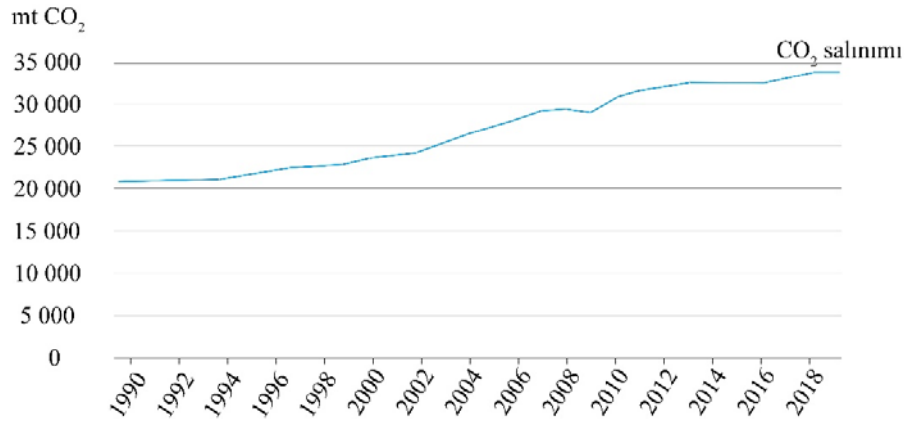
Fosil yakıtların kullanımı, sera gazı emisyonlarını artırarak iklim değişikliğine neden olmaktadır [13]. Nitekim Uluslararası Enerji Ajansı tarafından yayınlanan veriler incelendiğinde 1990-2019 yıllarına ait sektörel enerji tüketimindeki artışa paralel olarak CO₂ emisyon miktarında da artış görülmesi bunu destekler niteliktedir [14, 15] (Şekil 2) (Şekil 3). Dolayısıyla üretim ve tüketim faaliyetlerinin



Şekil 1. Dünya Limit Aşımı Günü indeksi (World Overshoot Day index) [12]



Şekil 2. Sektörel toplam enerji tüketimi 1990-2019 (Sectoral total energy consumption 1990-2019)[14]



Şekil 3. Toplam CO2 tüketimi 1990-2019 (Total CO2 consumption 1990-2019)[15]

çevresel tahribatla ve iklim değişikliği ile ilişkili olduğu söylenebilmektedir.

2.2. Bisikletin Avantajları (Advantages of Bicycle)

Bisiklet, motorlu araçlara kıyasla çevreci ve sürdürülebilir bir ulaşım aracıdır. Aynı zamanda fosil yakıtı bağımlı olmadığı için daha ekonomiktir ve otomobillere kıyasla otopark sorunu oldukça azdır. Diğer yandan şehir içinde 5-7 km'ye kadar olan ulaşım hareketlerinde bisiklet; daha uzun mesafeler için ise bisiklet-toplu taşıma entegrasyonunun kullanılması hem ekolojik açıdan hem de zaman açısından daha etkin bir yaklaşımdır. [8]. Ancak şehir içi ulaşımda bireysel otomobil kullanımı kilometre başına tükettiği yakıt ve dolayısıyla sebep olduğu kirlilik açısından verimli bir ulaşım şekli değildir [16].

Polat vd. [17] tarafından yapılan bir çalışma, artan kent yayılımının trafik sıklığını da artırdığını göstermektedir. Bu doğrultuda bisikletin, trafikte az yer kaplaması nedeniyle trafik sıklığını negatif yönde etkilemeyeceği söylenebilmektedir. Mendoza vd. [18] tarafından yapılmış olan çalışmada simülasyon yöntemiyle bisiklet ağı modeli oluşturulmuştur. Buna göre bireysel motorlu araç kullanan kişi sayısının %15'i bisiklet kullanmaya başlarsa, üretilen karbon monoksit ve azot oksit salınımlarında sırasıyla %3,14 ve %9,94 oranında bir azalma gerçekleşeceği saptanmıştır. Bir başka çalışma ise haftada iki gün bireysel motorlu araç yerine bisikletin tercih edilmesi durumunda karbon emisyonunun yaklaşık 2 ton azalacağını ortaya koymaktadır [19].

Tasarım ve teknoloji açısından bisikletlerin karmaşık bir yapıya sahip olmaması, sürme deneyimini de kolaylaştırmaktadır. Bu durum

bisikletin alım, kullanım ve bakım sürecinde ekonomik olmasını sağlamaktadır [8]. Altyapı çalışmaları açısından bakıldığında da bisiklet, motorlu araçlar için gerekli olan altyapı çalışmalarından daha az maliyetli bir altyapıya ihtiyaç duymaktadır [20].

2.3. Bisiklet Yolları Seçiminde Kullanılan Analiz Araçları (Analysis Tools Used In Bikeways Selection)

Bisiklet yolu seçiminde kullanılan analiz araçlarını Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'ne ve ulaşım planlamasına yönelik analiz araçları şeklinde gruplandırabilmek mümkündür. Bir analiz aracı kullanılarak yapılmış olan çalışmaların en büyük ortak noktası ise kriter setleri özelinde mekânsal analizler yapılmasına dayanmaktadır.

2.3.1. Coğrafi bilgi sistemlerine yönelik analiz araçları (Geographic information systems-oriented analysis tools)

2.3.1.1. ArcGIS aracı (ArcGIS tool)

ArcGIS aracı, çeşitli veriler ile haritaların oluşturulabildiği ve mekânsal analizlerin yapılabildiği bir yazılımdır [21]. ArcGIS, yapılan çalışmanın amacına ve yöntemine bağlı olarak AHY ve Space Sytanx gibi farklı yöntemlerle entegre bir şekilde kullanılabilir. Bisiklet yolu seçimi ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde ArcGIS aracının diğer analiz araçlarına kıyasla daha sık kullanıldığı görülmektedir.

Olgun [6] tarafından yapılan çalışmada kriter setleri oluşturularak AHY ile önem dereceleri belirlenmiştir. Ardından ArcGIS yardımıyla mekânsal analizler yapılarak bisiklet yolu seçimi gerçekleştirilmiştir. Atalay ve Say [22] tarafından ArcGIS kullanılarak yapılan çalışmada

ise GPS verileri yardımıyla bisiklet yolu önerisi sunulmuştur. Benzer şekilde Terh ve Cao [23], bisiklet yolu seçim kriterlerini farklı paydaşlar aracılığıyla AHY ile öncelik sırasına koymuş ve sonuçlar ArcGIS ortamında işlenerek farklı senaryolara ait bisiklet yolları önerileri geliştirilmiştir.

2.3.1.2. QGIS aracı (QGIS tool)

Açılımı Quantum Geographic Information System şeklinde olan QGIS analiz aracı, haritalama ve analiz süreçlerinde kullanılan bir CBS yazılımıdır [24]. ArcGIS'ten en önemli farkı, açık erişimli ve ücretsiz olmasıdır. Diğer yandan ArcGIS'e benzer şekilde mekânsal veriler OpenStreet Map (OSM) üzerinden programa girilebilmektedir [25].

Jamaludin vd. [26], QGIS-AHY entegrasyonunu kullanarak bisiklet yolu seçimlerini farklı paydaş grupları aracılığıyla önceliklerine göre sıralamıştır. Michailidou [27] ise direkt olarak bisiklet yolu seçimi yapmayarak yapıyı çevre ile bisiklet sürücülerinin güzergah seçimleri arasında ne gibi bir ilişki olduğunu QGIS aracı yardımıyla ortaya koymaktadır. Çalışma, güzergah seçimini etkileyen faktörleri saptamaya yönelik olsa da yöntemin bisiklet yolu seçimi için kullanılma potansiyeli olduğu da söylenebilmektedir.

2.3.2. Ulaşım planlamasına yönelik analiz araçları (Transportation planning-oriented analysis tools)

2.3.2.1. PTV VISUM aracı (PTV VISUM tool)

PTV VISUM, ulaşım ağlarının analizi üzerinden ulaşım planlaması ve tasarımı yapmaya yönelik bir analiz aracıdır [28]. Bisiklet yolu seçiminde kullanılan çalışmalar fazla olmasa da Jacyna vd. [10] tarafından yapılan çalışmada bisiklet istasyonları ve yolları, demografik bilgiler ve yapıların kullanım bilgileri gibi veriler üzerinden kent içerisinde bisiklet kullanma potansiyelleri hesaplanmıştır.

2.3.2.2. TransCAD aracı (TransCAD tool)

TransCAD; rota analizi, ulaşım modellemesi, kaza raporlama, bakım planlaması gibi uygulamalar yapabilen bir araçtır. [29]. Diğer yandan program üzerinde haritalama ve analiz de yapılabildiğinden hem ulaşım planlamasına hem de CBS'ye yönelik bir yazılım olarak tanımlanabilmektedir [30].

PTV VISUM'a benzer şekilde bisiklet yolu seçimine yönelik kullanıldığı çalışmalara çok fazla rastlanmamaktadır. McArthur ve Hong [31] TransCAD aracını kullanarak, bisiklet yolu tercihlerinin nelere bağlı olduğunu belirlemek amacıyla bisiklet yolculuklarına ait başlangıç noktaları ve bitiş noktaları üzerinden, seçilen bölgenin bisiklet kullanma potansiyelini saptamıştır.

2.3.2.3. Urbano aracı (Urbano tool)

Urbano; Rhinoceros3D-Grasshopper aracıyla kullanılan, kent içi olanakların erişimine dair analizler yapmak amacıyla ulaşım modellemelerinin yapılabildiği analiz ve simülasyon aracıdır. Direkt olarak bisiklet yolu seçiminde kullanıldığı bir çalışmaya rastlanmamış olsa da bu özellikleri açısından bisiklet yolu seçiminde kullanılma potansiyeline sahiptir [32].

2.4. Analiz Araçlarının Karşılaştırılması (Comparison of Analysis Tools)

Urbano, hem simülasyon hem de analiz yapabilme özellikleri barındırması açısından avantajlı bir araç olarak

nitelendirilebilmektedir. Ancak analiz esnasında işlenen bina kullanım tipleri, kullanıcı sayısı ve yol ağları gibi verilerin internet üzerinden açık erişimle elde edilmesi gerekmektedir. Bu verilerin her ülkede ve şehirde açık erişimli bir şekilde bulunmaması, aracın kullanımını kısıtlamaktadır. VISUM aracının ise gerçeğe daha yakın sonuçlar elde edebildiği literatürde yer almaktadır [33]. Ancak ulaşım planlamasıyla ilgilenen uzmanlara/şirketlere yönelik olduğundan bu aracın akademik çalışmalarda kullanımının kısıtlı olduğu görülmektedir.

TransCAD'in, birçok sürecin aynı anda ilerleyebilmesine olanak tanıdığından, geniş bir kullanım alanına sahip olduğu görülmektedir. Ancak hem CBS'ye hem de ulaşım planlamasına yönelik tasarlandığı için, karmaşık bir yapıya sahip olduğu söylenebilmektedir. Bu nedenle konunun uzmanları tarafından kullanılması gerektiğinden bu durum maliyet-zaman ilişkisini negatif yönde etkileyebilmektedir.

QGIS ve ArcGIS CBS tabanlı bir araç olduklarından bisiklet yolu seçimi yapılan çalışmalarda farklı yöntemlerle bütünlük bir şekilde kullanılmaktadır. Literatür incelendiğinde, QGIS'in ücretsiz bir araç olduğu ve iki aracın da haritalama ve analiz süreçlerinde kullanıldığı görülse de ArcGIS'in daha fazla tercih edildiği göze çarpmaktadır. Bunun sebebi ArcGIS'in daha kolay bir kullanıma sahip olmasının yanında haritalama ve hata giderme konusunda daha avantajlı olmasıdır [34].

Bisiklet yolları seçiminde bir analiz aracı kullanılması, sürecin sağlıklı bir şekilde işleyebilmesi ve etkili çözümler üretilebilmesi açısından önemlidir. Ancak ulaşım planlamasına yönelik olarak geliştirilen analiz araçlarında bölgesel verilerin birçoğunun açık erişimli bir şekilde programa aktarılması gerektiğinden, bu verilerin bulunmadığı veya yetersiz olduğu bölgelerde söz konusu araçların kullanımı sorun oluşturabilmektedir [35]. PTV VISUM, TransCAD ve Urbano gibi araçlar bu kapsamda değerlendirilebilmektedir. Ancak QGIS ve ArcGIS gibi CBS'ye dayalı araçlarda veriler, açık erişimle elde edilemese de, manuel yollarla programlara işlenebildiğinden aynı durum bu gibi araçlar için sorun teşkil etmemektedir [36].

Yapılan karşılaştırmalar sonucunda bölgesel verilerin varlığının ve elde edilme kolaylığının önem arz ettiği görülmektedir. Dolayısıyla bu açıdan değerlendirildiğinde CBS'ye dayalı analiz araçlarının daha kullanışlı ve avantajlı olduğu söylenebilmektedir. Ayrıca farklı yöntemlerle entegre bir şekilde kullanılabilmesi ve kolay bir ara yüze sahip olması da kullanım alanlarını genişletmektedir. Sonuç olarak CBS'ye dayalı analiz araçlarıyla etkili ve sürdürülebilir bisiklet yolu seçimi yapmanın mümkün olduğu söylenebilmektedir. Bu durum, çalışma kapsamında kullanılacak olan analiz aracının ArcGIS olarak belirlenmesinde önemli bir etkidir.

3. Teorik Metod (Theoretical Method)

Çalışmada ele alınan yol genişliği ve eğim olmak üzere fiziksel kriterler ile yerleşim-egitim-sağlık-kamu yapılarına, alışveriş mekanlarına, yeşil alanlara ve otobüs duraklarına yakınlık olmak üzere yakınlık kriterleri literatür taraması yoluyla belirlenmiştir. CBS'ye dayalı bisiklet yolları seçiminin sürdürülebilir ve anlaşılabilir olmasındaki en önemli etkenlerden biri, kriterlerin AHY ile önem derecelerine göre sıralandırılmasıdır [6]. Bu nedenle belirlenen 9 ana kriter; karar vericiler, akademisyenler ve şehir içi bisiklet kullanıcıları olmak üzere toplam 13 kişi tarafından anket yoluyla 9'lu Saaty ölçeği kullanılarak önceliklerine göre sıralandırılmıştır. Buna göre ölçek "1: eşit derecede önemli, 3: orta derecede önemli, 5: kuvvetli derecede önemli, 7: çok kuvvetli derecede önemli, 9: aşırı önemli" şeklinde açıklanmaktadır [37]. Çalışma kapsamında yapılan anket uygulaması, tez çalışması kapsamında Balıkesir Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Etik Kurulu'ndan 04/03/2021 tarihinde alınan E.16257 sayılı etik kurul izni ile gerçekleştirilmiştir.

Yapılan öncelik sıralaması sonucu elde edilen veriler SuperDecision V3.2 programına aktarılarak kriterlere ait ağırlıklı puanlar elde edilmiştir. Açık erişimle elde edilen mekânsal veriler ArcMap 10.7 programına girilmiş ve her kritere ait ağırlıklı puanlar atanarak 9 farklı harita oluşturulmuştur. Ardından her bir haritanın sahip olduğu ağırlıklı puanlar üzerinden mekânsal analizler gerçekleştirilmiş ve son olarak tüm haritalar çakıştırılmıştır. Elde edilen nihai harita üzerinden Balıkesir şehir merkezine ait sürdürülebilir bisiklet yolları seçimi yapılarak bir yaklaşım sunulmuş ve bu gibi çalışmalarda analiz aracı kullanmanın önemi vurgulanmıştır. Çalışmanın yöntemine ait şema, Şekil 4'te gösterilmektedir.

4. Bisiklet Yolları Seçiminde Kullanılan Kriterlerin Belirlenmesi (Determining Criteria Used In Bikeways Selection)

Literatür taraması sonucunda, bisiklet yolu seçiminde kriter setleri belirleyen ve analiz aracı kullanarak seçimi gerçekleştiren çalışmalardan bazıları Tablo 1'de verilmiştir.

İncelenen çalışmalar doğrultusunda bu çalışmada kullanılmak üzere fiziksel kriterler ve yakınlık kriterleri olmak üzere 9 kriter belirlenmiştir. Belirlenen kriterler Tablo 2'de gösterilmektedir.

Fiziksel kriterler eğim ve yol genişlikleridir. Eğim, bisiklet sürücülerini tarafından sürüş performansını düşürmesi ve konforsuzluğa yol açması açısından tercih edilmeyen bir faktördür. Bu nedenle genel olarak eğimin az olduğu yollar bisiklet yolu olarak tercih edilmektedir [38-41]. Yol genişliği ise bisikletin güven içerisinde sürülebilmesi için dikkat edilmesi gereken bir diğer unsurdur [42]. Yakınlık kriterleri ise yerleşim-egitim-sağlık-kamu yapılarına, alışveriş mekanlarına, yeşil alanlara ve otobüs duraklarına yakınlık şeklinde belirlenmiştir. Bisikletle yapılacak yolculukların büyük bir çoğunluğu eğitim yapılarına ve yeşil alanlara olduğu kadar alışveriş mekânları gibi farklı kullanım alanlarını barındıran bölgelere de yapılmaktadır [43]. Bu nedenle bisiklet yollarının bu bölgelere yakın olması, bisikletin sürdürülebilir bir biçimde kullanılmasına katkı sağlayabilmektedir. Diğer yandan bu durumun halkın alışkanlıklarına göre mahalle, şehir ve ülke ölçeğinde değişebileceği de söylenebilir.

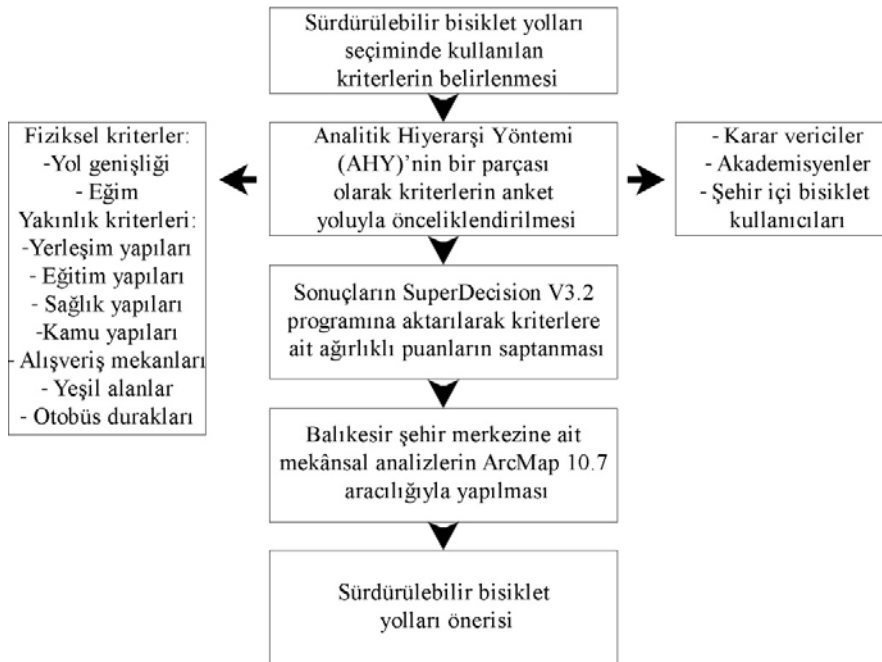
Ayrıca bisiklet yollarının toplu taşıma duraklarına yakınlığı da daha uzun mesafeler kat edilebilmesine olanak tanıdığından önemli bir unsurdur [44]. Son olarak kentsel yayılım açısından bisiklet kullanımı düşünüldüğünde, yayılımın fazla olmaması ve bisikletle yapılan ulaşımın 7 km'ye çıkabilmesi, erişimi daha kolay ve hızlı kılmaktadır [8]. Balıkesir şehir merkezi kent yayılımı açısından değerlendirildiğinde, yayılımın 4 km yarıçaplı bir alan içerisinde kaldığı görülmektedir. Bu durumun bisiklet sürüşünü olumlu yönde desteklediği öngörülmektedir (Şekil 5).

5. Sonuçlar ve Tartışmalar (Results and Discussions)

Çalışma kapsamında farklı paydaş grupları tarafından gerçekleştirilen öncelik sıralamasına dair sonuçlar SuperDecision V3.2 programına girilerek kriterlerin ağırlıklı puanları hesaplanmıştır. Çıkan sonuçlar Tablo 3'te gösterilmektedir (Tablo 3).

Ağırlıklı puanlar üzerinden kriterler değerlendirildiğinde, eğim kriterinin (0,1925 puan) en önemli kriter olarak seçildiği ve ardından yol genişliği kriteri (0,1484) ile sağlık yapılarına yakınlık (0,1252) kriterinin geldiği görülmektedir. Ağırlıklı puanı en düşük kriterlere ise alışveriş mekânlarına yakınlık (0,0691) ve kamu yapılarına yakınlık (0,0579) kriterleri örnek olarak verilebilmektedir. Sonuç olarak çalışma kapsamında sürdürülebilir bisiklet yolları seçimini en fazla etkileyecek kriter 0,1925 puan ile eğim ve ardından 0,1484 puan ile yol genişliği kriterleri iken, en az etkileyecek kriter 0,0579 puan ile kamu yapılarına yakınlık kriteridir. Dolayısıyla fiziksel kriterlerin yakınlık kriterlerinden daha çok önemsendiği çıkarımı yapılabilmektedir. Bu durumun, eğimin ve yol genişliğinin bisiklet sürüş konforunu, performansını ve güvenliğini doğrudan etkilemesinden kaynaklandığı söylenebilir. Diğer yandan yakınlık kriterlerinin, örneklem profiliyle ve alışkanlıklarıyla yakından ilişkili olması nedeniyle, farklı çalışmalarda farklı önem derecelerine sahip olması söz konusudur.

Elde edilen sonuçlar diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında, çeşitli açılardan benzerlik ve farklılıklar göze çarpmaktadır. Örneğin Küçükpehlivan ve Doğru [42] tarafından yapılmış olan çalışmada bu



Şekil 4. Çalışmaya ait yöntem şeması (Method scheme of the study)

Tablo 1. Bisiklet yolları seçiminde kullanılan kriterler ve analiz araçları (Analysis tools and the criteria used in bikeways selection)

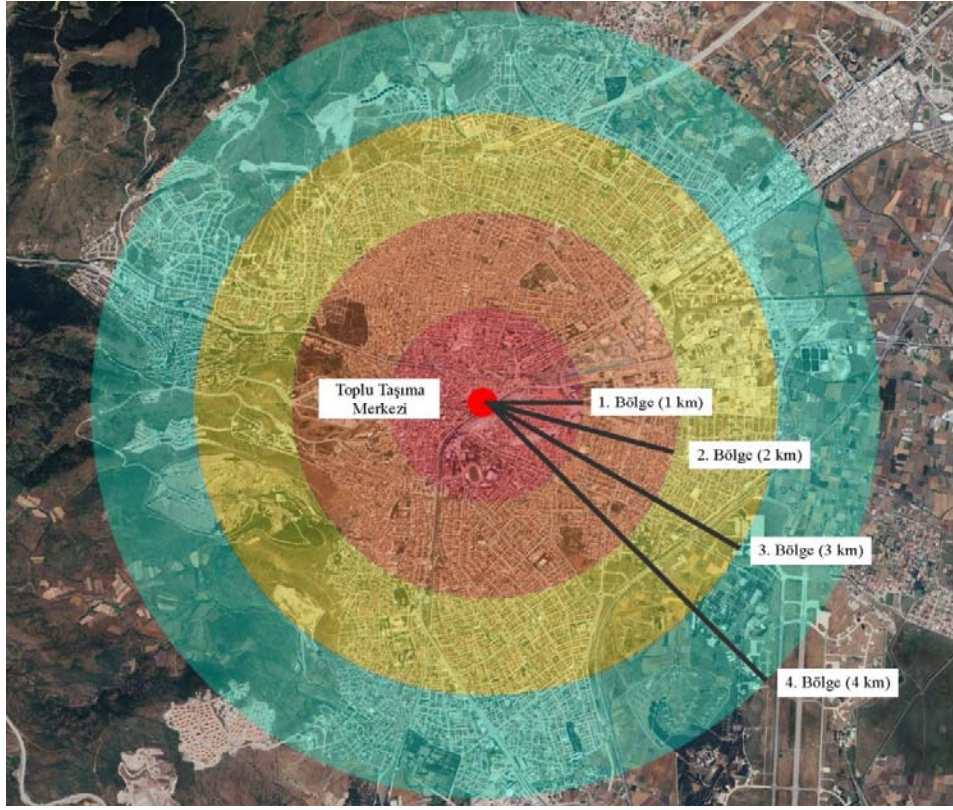
Çalışmanın Yazar(lar)ı	Çalışmanın Yılı	Çalışmanın Adı	Kullanılan Kriterler	Bilimsel Yöntem/ Analiz Aracı
Küçükpehlivan, Gizem; Doğru, Ahmet Özgür	2017	Bisiklet Yolu Güzergâhlarının AHY ile Kullanıcı Odaklı Olarak Belirlenmesi	- Eğitim - Yol genişliği - Fiziksel koşullar - Arazi kullanımı - Kullanıcı yoğunluğu - Ulaşım sistemine entegrasyon - Kat yükseklikleri - Bina nizam durumu - Yeşil alanlara yakınlık	Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) / ArcGIS
Saplıoğlu, Meltem; Aydın, Metin Mutlu	2018	Choosing Safe and Suitable Bicycle Routes to Integrate Cycling and Public Transport Systems	- Kazaya meyilli alanlar - Otobüs hattı - Ayrılmış şeritler - Yol kenarı parklanma - Bisiklet parkları - Bisiklet şeridi bağlantısı - Trafik hacmi - Yol eğimi - Sinyalizasyon	AHY / ArcMap
Terh, Shin Huoy; Cao, Kai	2018	GIS-MCDA Based Cycling Paths Planning: A Case Study In Singapore	- Eğitim - Yaya trafiği - Yoğun trafiğe sahip ana yollara olan uzaklık - Eğitim yapılarına , Ticari alanlara , İş merkezlerine , Kamusal alanlara , Metro istasyonlarına ve Otobüs duraklarına yakınlık	Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi / ArcGIS
Michailidou, Gina	2019	The Influence of the Visible Views on Cyclists' Route Choices	- GPS verileri - Gökyüzü görünürlüğü (%) - Yapı görünürlüğü (%) - Zemin görünürlüğü (%)	ANOVA ve GPS / QGIS
Olgun, Rifat	2020	Sustainable Bicycle Path Planning for Medium-Sized Cities by Using GIS-Based Multicriteria Decision-Making Analysis: A Case Study From Turkey	- Eğitim - Yol genişliği - Fiziksel durum - Arazi kullanım tipi - Kullanıcı yoğunluğu - Ulaşım sistemleriyle entegrasyon - Trafik yoğunluğu - Bina yüksekliği - Yeşil alanlara yakınlık - Yapı nizamı	AHY / ArcGIS
Özkan, Sevim Pelin; Şenol, Fatma; Özçam, Zeynep	2020	Bicycle Route Infrastructure Planning Using GIS In An Urban Area: The Case of İzmir	- Eğitim - Parkların , Okulların, Arazilerin, Ulaşım merkezlerinin, Çalışma alanlarının , - 6-13 yaş grubunun ve 15-65 yaş grubunun mekansal dağılımı	Çok Kriterli Analiz Yöntemi / ArcGIS
Atalay, Ahmet; Say, İbrahim	2022	Coğrafi bilgi sistemleri tabanlı bisiklet yolu güzergâhı araştırması	- GPS verileri	GPS / ArcGIS

çalışmaya benzer şekilde eğitim ve yol genişliği gibi kriterlerin ağırlıklı puanı yeşil alanlara yakınlık kriterine göre daha fazladır. Aynı şekilde Olgun [6] tarafından yapılan çalışmada da eğitim ve yol genişliği kriterlerinin ağırlıklı puanı diğer kriterlere oranla daha yüksek bulunmuştur. Bu gibi çalışmalarda eğitim kriterinin en önemli kriter olarak bulunması, çalışma kapsamı olarak seçilen bölgede eğitim nedeniyle karşılaşılan olumsuzlukların bisiklet sürüşünü daha çok zorlaştırmasıyla ilişkilendirilebilmektedir. Nitekim eğitim oranı fazla olmayan yerleşim yerlerinde bisiklet kullanıcılarının eğitim kriterini ön planda tutmayacağı öngörülebilmektedir. Bu açıdan bakıldığında Balıkesir şehir merkezinde bulunan bazı yolların ciddi derecede eğime sahip olması nedeniyle bu çalışma kapsamında eğitim kriterinin en önemli faktör olarak belirlenmesi şeklinde bir çıkarım yapılabilmektedir. Benzer şekilde bir bölgede yol genişliklerinin yeterli olması, o bölgede bisiklet yollarının seçimi ve uygulanması açısından yol genişliği kriteri haricinde daha farklı kriterlerin ön planda tutulması anlamına gelebilmektedir. Balıkesir şehir merkezindeki yolların genişlikleri ise çoğu yerde yetersiz olduğundan, bu çalışmada güvenli bisiklet sürüşlerinin sağlanabilmesi adına yol genişliği de yakınlık kriterlerinden daha önemli bir kriter olarak saptanmıştır. Ancak yine de farklı çalışmaların benzer sonuçlar bulması çalışma alanlarının fiziki açıdan aynı olduğu anlamına gelmemektedir. Aksine kriterlerin önem dereceleri kullanıcı profiline de bağlı olduğundan, her bölge için farklı kriterlerin farklı paydaşlar tarafından göz önünde bulundurulması da önemli bir konudur.

Diğer yandan Terh ve Cao [23], eğitim kriterini en önemli kriter olarak saptamakla birlikte bu çalışmanın aksine eğitim yapılarına yakınlık kriterini otobüs duraklarına yakınlık kriterinden daha önemli bir faktör olarak bulmuştur. Buradan hareketle, seçilen bölgede eğitim faktörünün oluşturduğu zorluğun diğer kriterlerin uygun olmadığı

durumlarda karşılaşılan zorluklara baskın geldiği söylenebilmektedir. Ayrıca söz konusu çalışmada eğitim yapılarına yakınlığın otobüs duraklarına yakınlıktan daha önemli bir kriter olarak saptanması, bisikletin bir ulaşım aracı olarak benimsenmesi konusundaki alışkanlıkların okul çağlarında edinilmesi ve dolayısıyla seçilen bölgede eğitim yapılarına sağlanan ulaşımın çoğunlukla bisiklet yoluyla gerçekleştirildiğinin bir göstergesi şeklinde yorumlanabilmektedir. Bununla birlikte otobüs duraklarına ulaşım için bisikletin daha az tercih edilmesi ve/veya toplu taşıma ve bisiklet entegrasyonu konusunda farklı kullanıcı alışkanlıklarının varlığı şeklindeki çeşitli yaklaşımlar da yapılabilmektedir. Balıkesir şehir merkezi özelinde bakıldığında ise eğitim oranı fazla olan bölgelere bisikletle gidilmesinin konforlu bir seçenek olarak görülmediği söylenebilmektedir. Bu nedenle belirli bir noktaya kadar bisikletle ulaşım sağlamanın ve ardından toplu taşıma araçları ile varılmak istenen hedefe ulaşmanın daha çok tercih edilebileceği söylenebilmektedir. Diğer yandan eğitim yapılarına bisiklet ile ulaşım sağlanması konusunda gerekli alışkanlıkların özellikle okul çağında toplum içerisinde yer bulmasına yönelik varsayımlar da eğitim yapılarına yakınlık kriterinin otobüs duraklarına yakınlık kriterinden ve bazı diğer kriterlerden sonra gelmesine sebep olarak gösterilebilmektedir.

Atalay ve Say [22] tarafından yapılan çalışmada bu çalışmanın aksine bisiklet kullanıcılarının ticari yapılar ve kamu yapıları etrafında yoğunlaştığı saptanmıştır. Bu çalışmada ise kamu yapılarına yakınlık kriterinin en az düzeyde öneme sahip olmasının, iki çalışma arasındaki örneklem profilinden ve alışkanlıklarından kaynaklandığı söylenebilmektedir. Son olarak Saplıoğlu ve Aydın [45] tarafından yapılan çalışmada eğitim kriteri bu çalışmadan farklı olarak; trafik kazalarının en çok görüldüğü alanlar, otobüs güzergahları ve park



Şekil 5. Kentsel yayılım (Urban sprawl)

etme kriterlerinden sonra gelmektedir. Dolayısıyla söz konusu çalışmada seçilen bölgedeki eğim oranlarının bisiklet sürüşünü çok fazla zorlaştırmadığı ancak trafikle ilgili faktörlerin bisiklet sürüşünü güvensiz hale getirdiği çıkarımı yapılabilmektedir. Sonuç olarak bu gibi farklılıkların; çalışma özelinde kullanılan kriter setlerinin, çalışma kapsamının sahip olduğu fiziksel özelliklerin ve örneklem faktörünün değişkenlik göstermesinden kaynaklandığı söylenebilir.

Tablo 2. Çalışma kapsamında belirlenen kriterler
(The criteria determined within the scope of the study) [38-41]

Balıkesir özelinde analiz edilebilir mevcut ve ulaşılabilir kriterler	
Fiziksel kriterler	
1.	Yol genişliği
2.	Eğim
Yakınlık kriterleri	
3.	Yerleşim yapılarına yakınlık
4.	Eğitim yapılarına yakınlık
5.	Sağlık yapılarına yakınlık
6.	Kamu yapılarına yakınlık
7.	Alışveriş mekânlarına yakınlık
8.	Yeşil alanlara yakınlık
9.	Otobüs duraklarına yakınlık

Mekânsal analizlerin yapılabilmesi için kriterlerin ağırlıklı puanları tek başına yeterli değildir. Çünkü şehir içinde bulunan yolların hangi kriteri ne derece sağladığı da önemlidir. Bu nedenle her kriter alt kriterlere ayrılmış ve her alt kriterde puan ataması yapılmıştır. Örneğin yollar, 0,1925 ağırlıklı puana sahip eğim kriteri açısından değerlendirildiğinde, eğimi %0-2 arasında olan yollar 4 puanı alırken eğimi %6'dan büyük olan yollar 1 puanı almaktadır. %6'dan fazla eğime sahip olan yolların en düşük puan olarak 1 puanı almasının sebebi, fazla eğimli yollarda bisiklet sürüşünün negatif yönde

etkilenmesidir. Diğer yandan yol genişliği bisiklet yolu seçimini pozitif yönde etkilediğinden genişliği 10,1-15 m arasında olan yollar 4 puanı yani en yüksek puanı almaktadır. Yakınlık kriterleri açısından değerlendirildiğinde ise, yolların söz konusu yapılara/alanlara olan uzaklığı arttıkça alt kriter puanları da düşmektedir. Bu durum Tablo 4'te ayrıntılı bir şekilde verilmiştir (Tablo 4).

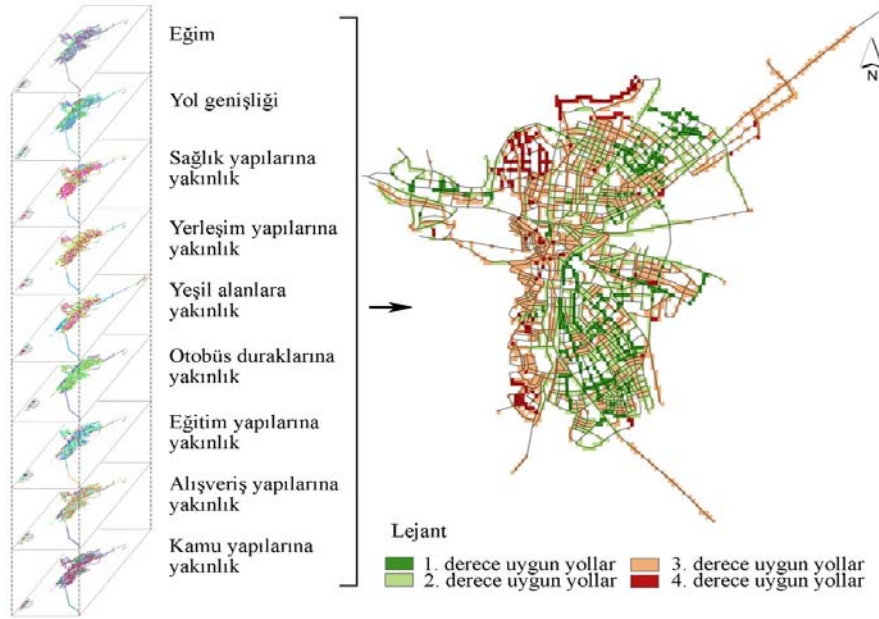
Tablo 3. Kriterlere ait ağırlıklı puanlar (Weighted scores of the criteria)

Kriter önem sırası	Kriter ağırlıklı puanı	Kriterin adı
1	0,1925	Eğim
2	0,1484	Yol genişliği
3	0,1252	Sağlık yapılarına yakınlık
4	0,1171	Yerleşim yapılarına yakınlık
5	0,1006	Yeşil alanlara yakınlık
6	0,0988	Otobüs duraklarına yakınlık
7	0,0904	Eğitim yapılarına yakınlık
8	0,0691	Alışveriş mekânlarına yakınlık
9	0,0579	Kamu yapılarına yakınlık
Toplam	1	

Eğim, yol genişliği ve yapı/alan kullanım verilerine ait bilgiler ArcGIS'in ana bileşeni olan ArcMap 10.7 programına açık erişimle OSM üzerinden ve manuel olarak eklenmiştir. Ardından Balıkesir şehir merkezinde bulunan yollar kriterler açısından değerlendirilmiş ve karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucu oluşturulan harita, yolların bisiklet yolu seçimi için kriterler açısından uygunluk derecesini göstermektedir (Şekil 6). Buna göre koyu yeşil yollar 1. Derece, açık yeşil yollar 2. Derece, açık kırmızı yollar 3. Derece ve koyu kırmızı olan yollar 4. Derece uygun yollardır. Bu durum, koyu yeşil yolların öncelikle eğim kriteri açısından ve sonrasında yol genişliği ve yakınlık kriterleri açısından bisiklet yolu seçimi için en uygun yollar olduğunun göstergesidir.

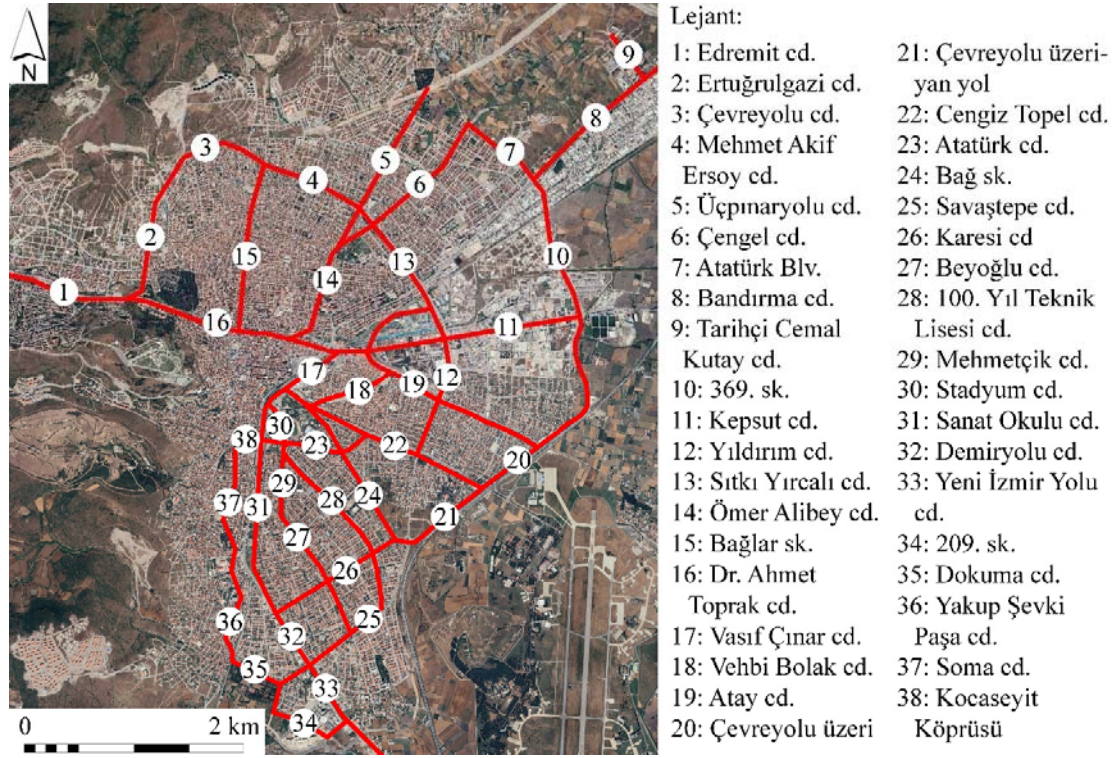
Tablo 4. Ana kriterlere ve alt kriterlere ait puanlar (Scores of the main criteria and sub-criteria)

Kriter önem sırası	Kriterin adı	Alt kriter	Alt kriter puanı
1	Eğim	%0 - %2	4
		%2,1 - %4	3
		%4,1 - %6	2
		> %6	1
2	Yol genişliği	10,1 - 15 m	4
		7,1 - 10 m	3
		5,1 - 7 m	2
		3,1 - 5 m	1
		0 - 3 m	1
3	Sağlık yapılarına yakınlık	0 - 2 km	4
		2,1 - 5 km	3
		5,1 - 8 km	2
		> 8,1 km	1
4	Yerleşim yapılarına yakınlık	0 - 2 km	4
		2,1 - 5 km	3
		5,1 - 8 km	2
		> 8,1 km	1
5	Yeşil alanlara yakınlık	0 - 2 km	4
		2,1 - 5 km	3
		5,1 - 8 km	2
		> 8,1 km	1
6	Otobüs duraklarına yakınlık	0 - 2 km	4
		2,1 - 5 km	3
		5,1 - 8 km	2
		> 8,1 km	1
7	Eğitim yapılarına yakınlık	0 - 2 km	4
		2,1 - 5 km	3
		5,1 - 8 km	2
		> 8,1 km	1
8	Alışveriş mekanlarına yakınlık	0 - 2 km	4
		2,1 - 5 km	3
		5,1 - 8 km	2
		> 8,1 km	1
9	Kamu yapılarına yakınlık	0 - 2 km	4
		2,1 - 5 km	3
		5,1 - 8 km	2
		> 8,1 km	1

**Şekil 6.** Çakıştırma süreci ve uygunluk haritası (Overlapping process and suitability map)

Ancak haritanın bir öneri sunabilmesi için yolların uygunluklarına göre tutarlılık bağlamında değerlendirilmesi gerekmektedir. Yapılan

değerlendirmeler sonucu, Balıkesir şehir merkezi için sürdürülebilir bisiklet yolları önerisi sunulmuştur (Şekil 7).



Şekil 7. Sürdürülebilir bisiklet yolları seçimi (The selection of sustainable bikeways)

6. Sonuçlar (Conclusions)

Çalışma kapsamında, kriter setlerinin önem derecesine göre sıralandırılması yoluyla elde edilen sonuçlara dayanarak bir analiz aracı yardımıyla bisiklet yolu önerisinde bulunulmuştur. Sunulan önerinin görsel açıdan kolay anlaşılabilirliği için numaralar, cadde isimleri ve sokak isimleri kullanılarak bir öneri haritası oluşturulmuştur. Buna göre öneri haritasında doğrudan ve kesintisiz olmasına dikkat edilen 38 adet farklı güzergah bağlantısı bulunmaktadır. Önerilen 38 adet güzergahın uygunluk düzeyi ise çalışma kapsamında belirlenen kriterlerle doğrudan bağlantılıdır. Bu doğrultuda uygunluk düzeyleri açısından güzergahlar değerlendirildiğinde, ilk olarak 6 numaralı Çengel Caddesi'nin, 7 numaralı Atatürk Bulvarı'nın, 13 numaralı Sıtkı Yırcalı Caddesi'nin ve 17 numaralı Vasıf Çınar Caddesi'nin 1. Derece uygun güzergahlar olduğu söylenebilmektedir. Ardından 22 numaralı Cengiz Topel Caddesi, 24 numaralı Bağ Sokak ve 26 numaralı Karesi Caddesi de 1. Derece uygun güzergahlar arasında değerlendirilebilmektedir. Son olarak sürdürülebilir bisiklet yolu önerisi için diğer 1. Derece uygun güzergahlar ise 28-33 numaralı yollar arasındaki 100. Yıl Teknik Lisesi Caddesi, Mehmetçik Caddesi, Stadyum Caddesi, Sanat Okulu Caddesi, Demiryolu Caddesi ve Yeni İzmir Yolu Caddesi'nin bulunduğu güzergahlardır. Söz konusu güzergahların uygunluk düzeylerinin 1. Derece olması, eğimlerinin, yol genişliklerinin ve yakınlık kriterlerinin bisiklet yolu seçimi açısından diğer güzergahlara kıyasla daha uygun olmasıyla açıklanabilmektedir. Diğer yandan çalışma kapsamında 1. ve 2. Derece uygunluk düzeyine sahip güzergahlar üzerinden sürdürülebilir bisiklet yolları önerisi sunmak hedeflenmektedir. Ancak bazı bölgelerde 1. ve 2. Derece uygun güzergahlar arasındaki bağlantılar yalnızca 3. Derece uygun güzergahlar üzerinden sağlanabilmektedir. Bu nedenle 3. Derece uygunluk düzeyine sahip 8 numaralı Bandırma Caddesi, 9 numaralı Tarihçi Cemal Kutay Caddesi, 20 numaralı Çevreyolu üzeri ve 21 numaralı Çevreyolu üzeri – yan yol güzergahları da sürdürülebilir bisiklet yolu seçimine dahil edilmiştir. Tüm bu güzergahlar dışında

kalan güzergahlar ise 2. Derece uygunluk düzeyine sahip yollardır. Benzer şekilde Olgun [6], Terh ve Cao [23] ve Küçükpehlivan ve Doğru [42] tarafından yapılan çalışmalarda da bisiklet yolları önerileri, yolların eğim ve yol genişliği gibi fiziksel kriterler ile yakın kriterleri (eğitim yapılarına, yeşil alanlara ve otobüs duraklarına yakınlık vb.) açısından uygun olma durumlarına göre sunulmuştur. Bu nedenle Balıkesir şehir merkezi özelinde sunulan sürdürülebilir bisiklet yolu güzergahlarının da benzer kriterler açısından uygunluk derecelerine göre belirlenmesi literatürü desteklemektedir. Diğer yandan 5 numaralı Üçpınaryolu Caddesi'nde ve 9 numaralı Tarihçi Cemal Kutay Caddesi'nde önerilen bisiklet yollarında kesintiler olduğu görülmektedir. Ancak bu kesintilerin gerekli altyapı çalışmaları tamamlandıktan sonra giderilebileceği öngörülmektedir.

Sürdürülebilir bisiklet yolları önerisine ait harita değerlendirildiğinde şehir merkezinin batısındaki bisiklet yollarının, doğusundaki bisiklet yollarına kıyasla, daha az olduğu görülmektedir. Çalışma kapsamında en etkili kriterin eğim kriteri olmasına bağlı olarak bu durumun en önemli sebebi, şehrin batısındaki eğim oranının doğusundaki eğim oranından daha fazla olması şeklinde açıklanabilmektedir. Diğer yandan batı bölgesi şehir merkezinin ilk yerleşim yerlerini barındırdığından bu bölgede bulunan yolların genişlikleri de oldukça azdır. Bu durum da batı bölgesindeki bisiklet yolu sayısının doğu bölgesine oranla daha az olmasını açıklayan ikinci bir etkidir. Dolayısıyla elde edilen sonuç, sahip olduğu ağırlıklı puana göre ilk sıralarda yer alan eğim ve yol genişliği kriterlerinin sürdürülebilir bisiklet yolu seçimini etkileyen en önemli etkenler olmasıyla paralellik göstermektedir.

Balıkesir şehir merkezinde, özellikle doğu-batı doğrultusundaki sürdürülebilir bisiklet yollarının sayısını ve niteliğini dengeli bir şekilde artırmak adına çeşitli uygulamalar gerçekleştirilebilir. Örneğin Avrupa Komisyonu [8] ve Frame vd. [44] tarafından yapılan çalışmalar, yayalaştırma uygulamalarını desteklemektedir. Matias ve Virtudes [39] ise eğimli kentlerde bisiklet asansörü kullanımının

uygun olacağını vurgulamaktadır. Bu nedenle Balıkesir şehir merkezi özelinde de yol genişliklerinin yeterli olmadığı yerlerde yayalaştırma çalışmalarının ve eğim oranı fazla olan yollarda bisiklet asansörlerinin yapılması önerilebilir. Bununla birlikte Frame vd. [44] ve Saphoğlu ve Aydın [45] tarafından yapılan çalışmalarda bisiklet sürüşü üzerinde en önemli faktörlerden birinin yol kenarına park edilmiş araçlar olduğu belirtilmektedir. Bu nedenle bisiklet yolu önerisinin tek başına yeterli olmayabileceği göz önünde bulundurularak, Balıkesir şehir merkezi özelinde sürdürülebilir bisiklet yolları kapsamında şehir içi ulaşımı negatif yönde etkileyen yol kenarı araç parkları da engellenmelidir. Söz konusu engeller ise Rietveld ve Daniel [41]'in belirttiği üzere yüksek park ücreti gibi caydırıcı politikaların uygulanması şeklinde gerçekleştirilebilir.

Sonuç olarak çalışmada bisiklet yolu önerisi sunulurken bölge özelinde belirli kriter setleri üzerinden değerlendirmeler yapılması, bu süreçte farklı paydaşların bir araya getirilmesi ve bir analiz aracının kullanılması çalışmanın özgün yönünü vurgulayan yaklaşımlardır. Ortaya çıkan sonuçta kriterler ve öneri arasında paralellik görülmesi ve önerilerin kriter setleri kapsamında neden-sonuç ilişkisine dayanması da önemli bir konudur. Bu açıdan bakıldığında çalışmanın literatürde bulunan yalnızca gözleme dayalı bisiklet yolu seçim çalışmalarının aksine bütüncül bir yaklaşım sergilediği söylenebilmektedir. Ayrıca çalışma kapsamında, bu konuda kullanılabilecek analiz araçlarının önemini vurgulanması ve bu araçların karşılaştırılması da literatürde görülen eksikliklerin giderildiği bir diğer önemli noktadır. Diğer yandan sunulan yaklaşımın farklı bölgeler ve farklı örneklem grupları üzerinde, daha farklı kriter setleriyle tekrarlanabilir olmasının da sürdürülebilir bisiklet yolları seçimine ve uygulamasına katkı sağlayacağı öngörülmektedir. Bu süreç, her bölgenin kendi özelinde bulunan dinamiklere göre şekillenebileceğinden söz konusu yaklaşımın esnek bir mekânsal planlama ve tasarım imkanı da sağlayacağı söylenebilmektedir. Bununla birlikte sürdürülebilir bisiklet yollarının seçimi ve bisikletin şehir içinde bir ulaşım aracı olarak kullanılması da ekolojik, ekonomik ve sosyolojik açıdan sürdürülebilir kentlerin varlığını ve gelişimini destekleyen parametreler olarak değerlendirilebilmektedir. Özellikle ekolojik açıdan bakıldığında şehir içinde fosil yakıt kullanımının azaltılarak kentsel ısı adası etkilerinin en az düzeye indirilmesi ve sera gazı emisyonlarının düşüş sağlanması, çevreci ve yaşanabilir kent planlamaları açısından önemli bir konudur. Ayrıca bisiklet yolu projelerinin yer seçim kararlarında sosyal, kültürel ve politik çevre faktörlerini kapsayan fizibilite ve planlama çalışmalarının hayata geçirilmesi de projelerin başarısını artıran etkenler olarak düşünülebilmektedir.

Kaynaklar (References)

- World Commission on Environment and Development. Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. <https://digitallibrary.un.org/record/139811>. Yayın tarihi Ağustos 4, 1987. Erişim tarihi Temmuz 31, 2022.
- Litman, T., Burwell, D., Issues in sustainable transportation, *International Journal of Global Environmental Issues*, 6 (4), 331–347, 2006.
- Yazar K. H., Sürdürülebilir kentsel gelişme çerçevesinde orta ölçekli kentlere dönük kent planlama yöntem önerisi, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 2006.
- Raupach, M. R., Marland, G., Ciais, P., Le Quééré, C., Canadell, J. G., Klepper, G., et al., Global and regional drivers of accelerating CO2 emissions, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 104 (24), 10288–10293, 2007.
- Shanmugam, S., Ngo, H. H., Wu, Y. R., Advanced CRISPR/Cas-based genome editing tools for microbial biofuels production: a review, *Renewable Energy*, 149, 1107–1119, 2020.
- Olgun, R., Sustainable bicycle path planning for medium-sized cities by using GIS-based multicriteria decision-making analysis : a case study from Turkey, *Turkish Journal of Science & Technology*, 15 (1), 19–28, 2020.
- Idrisu, I., Bhattacharyya, S. C., Sustainable energy development index: a multi-dimensional indicator for measuring sustainable energy development, *Renewable Sustainable Energy Rev.*, 50, 513–530, 2015.
- European Commission. Promoting cycling for everyone as daily transport mode (PRESTO). <https://trimis.ec.europa.eu/project/promoting-cycling-everyone-daily-transport-mode>. Yayın tarihi Şubat, 2010. Erişim tarihi Temmuz 31, 2022.
- Yemişçiöğlü, Ş., Çivici, T., Covid-19 modu: bisiklet, *Yapı Dergisi*, 460, 35–41, 2020.
- Jacyna, M., Wasiak, M., Klodawski, M., Gołębiowski, P., Modelling of bicycle traffic in the cities using VISUM, *Procedia Eng.*, 187, 435–441, 2017.
- Bilgen, S., Structure and environmental impact of global energy consumption, *Renewable Sustainable Energy Rev.*, 38, 890–902, 2014.
- Global Footprint Network. Past Earth Overshoot Days. <https://www.overshootday.org/newsroom/past-earth-overshoot-days/>. Yayın tarihi 2022. Erişim tarihi Haziran 29, 2022.
- US Energy Information Administration. International energy outlook 2021. <https://www.eia.gov/outlooks/ieo/>. Yayın tarihi Ekim 6, 2021. Erişim tarihi Aralık 27, 2021.
- International Energy Agency. Total final consumption (TFC) by sector, World 1990–2019. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser/?country=WORLD&fuel=Energy%20consumption&indicator=TFCShareBySector>. Yayın tarihi 2021. Erişim tarihi Haziran 29, 2022.
- International Energy Agency. Total CO2 emissions, World 1990–2019. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser/?country=WORLD&fuel=CO2%20emissions&indicator=TotCO2>. Yayın tarihi 2021. Erişim tarihi Haziran 29, 2022.
- Toronto Cycling Committee. City of Toronto bike plan. <https://www.toronto.ca/services-payments/streets-parking-transportation/cycling-in-toronto/>. Yayın tarihi Haziran, 2001. Erişim tarihi Ocak 5, 2021.
- Polat, Z. A., Memduhoğlu, A., Hacar, M., Duman H., Kentsel büyüme ile motorlu araç trafiği yoğunluğu arasındaki ilişkinin belirlenmesi: İstanbul örneği, *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6 (2), 442–451, 2017.
- Mendoza, A. D. C. A., Aguilar, L. A. T., García, J. A. J., González, S. H., Esquivas, M. T., Fernández, V. F., et al., Bikeway system design in the city of Celaya through a micro-simulation approach, *Transp. Res. Procedia*, 33, 371–378, 2018.
- US Environmental Protection Agency. Greenhouse gas emissions from a typical passenger vehicle. <https://www.epa.gov/greenvehicles/greenhouse-gas-emissions-typical-passenger-vehicle>. Yayın tarihi Mart, 2018. Erişim tarihi Ocak 5, 2021.
- Akay A., Ulaşım bisikletin yeri ve Ankara Bilkent koridorunda bisiklet yolu önerisi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2006.
- ESRI-Türkiye. ArcGIS hakkında. <https://www.esri.com.tr/tr-tr/arcgis-hakkinda/genel-bakis>. Erişim tarihi Kasım 13, 2020.
- Atalay, A., Say, İ., Coğrafi bilgi sistemleri tabanlı bisiklet yolu güzergâhı araştırması, *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 11 (2), 356–362, 2022.
- Terh, S. H., Cao, K., GIS-MCDA based cycling paths planning: a case study in Singapore, *Appl. Geogr.*, 94 (April), 107–118, 2018.
- QGIS. QGIS - The leading open source desktop GIS. <https://qgis.org/en/site/about/index.html>. Erişim tarihi Kasım 12, 2020.
- LearnOSM. Using OSM data in QGIS. <https://learnosm.org/en/osm-data/osm-in-qgis/>. Yayın tarihi Mayıs 15, 2021. Erişim tarihi: Aralık 27, 2021.
- Jamaludin, S. A., Borhan, M. N., Yazid, M. R. M., Yaakub, N. M. I. T., Analysing bicycle route potential towards sustainable transport in Ipoh city, *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8 (1), 1–10, 2019.
- Michailidou G., The influence of the visible views on cyclists' route choices: A geospatial approach for the measurement of the determinants in the urban environment based on 3D isovists and cyclists' GPS trajectories in Amsterdam, M.Sc Thesis. Delft University of Technology, Delft, 2019.
- PTV Group. PTV Visum. <https://www.ptvgroup.com/en/solutions/products/ptv-visum/>. Erişim tarihi Ekim 15, 2020.
- Van der Waerden, P., Timmermans, H., Transportation planning and the use of transcad, *Transportes*, 4 (1), 25–37, 1996.

30. Caliper. TransCAD transportation planning software. <https://www.caliper.com/tcovu.htm>. Erişim tarihi Ekim 12, 2020.
31. McArthur, D. P., Hong, J., Visualising where commuting cyclists travel using crowdsourced data, *J. Transp. Geogr.*, 74, 233–241, 2019.
32. Dogan, T., Samaranayake, S., Saraf, N., Urbano- a new tool to promote mobility-aware urban design, active transportation modeling and access analysis for amenities and public transport, *Symposium on Simulation for Architecture and Urban Design, Delft-Hollanda*, 273-280, 4-7 Haziran, 2018.
33. Sawicki, P., Kiciński, M., Fierek, S., Selection of the most adequate trip-modelling tool for integrated transport planning system, *Archives of Transport*, 37 (1), 55–66, 2016.
34. GISGeography. 27 Differences between ArcGIS and QGIS – the most epic GIS software battle in GIS history. <https://gisgeography.com/qgis-arcgis-differences/>. Erişim tarihi Aralık 27, 2021.
35. McCahill, C., Garrick, N. W., The applicability of space syntax to bicycle facility planning, *Transp. Res. Rec.*, 2074, 46–51, 2008.
36. Özkan, S. P., şenol, F., Özçam, Z., Bicycle route infrastructure planning using GIS in an urban area: the case of İzmir, *Journal of Planning*, 30 (2), 313–327, 2020.
37. Saaty, T. L., A scaling method for priorities in hierarchical structures, *J. Math. Psychol.*, 15 (3), 234–281, 1977.
38. Gonzalo-Orden, H., Linares, A., Velasco, L., Díez, J. M., Rojo, M., Bikeways and cycling urban mobility, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 160, 567–576, 2014.
39. Matias, I., Virtudes, A. Cycling Mobility in Stopping Cities: Trondheim and Other Lessons. *KnE Engineering*, 5 (5), 139–151, 2020.
40. Parkin, J., Wardman, M., Page, M., Estimation of the determinants of bicycle mode share for the journey to work using census data, *Transportation*, 35 (1), 93–109, 2008.
41. Rietveld, P., Daniel, V., Determinants of bicycle use: do municipal policies matter?, *Transp. Res. Part A Policy Pract.*, 38 (7), 531–550, 2004.
42. Küçükpehlivan, G., Doğru, A. Ö., Bisiklet yolu güzergâhlarının ahy ile kullanıcı odaklı olarak belirlenmesi, *Harita Dergisi*, 83 (157), 1-8, 2017.
43. Manum, B., Nordstrom, T., Integrating bicycle network analysis in urban design: improving bikeability in Trondheim by combining space syntax and GIS-methods using the place syntax tool, *Ninth International Space Syntax Symposium, Seoul, South Korea*, 1-14, 31 October- 3 November 2013.
44. Frame, G., Ardila-Gomez, A., Chen, Y., The kingdom of the bicycle: what Wuhan can learn from Amsterdam, *Transp. Res. Procedia*, 25, 5040–5058, 2017.
45. Saphoğlu, M., Aydın, M. M., Choosing safe and suitable bicycle routes to integrate cycling and public transport systems, *Journal of Transport and Health*, 10 (May), 236–252, 2018.