

Araştırma Makalesi

BALIKESİR SANAYİ 1-2 NOLU KAVŞAKLARIN SUMO İLE KENTSEL HAREKETLİLİK ANALİZİ

Gülten BAYRAM[†], Mustafa ILICALI^{††}[†] İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü/Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi Programı, İstanbul, Türkiye^{††} İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sütüce, İstanbul, Türkiye**gltb.bayram@gmail.com, milicali@ticaret.edu.tr**

0009-0003-6764-0404, 0000-0001-6453-7753

Atıf/Citation: BAYRAM, G., ILICALI, M., (2024). Balıkesir Sanayi 1-2 Nolu Kavşakların Sumo ile Kentsel Hareketlilik Analizi, Journal of Technology and Applied Sciences 7(2) s.237-249, DOI: 10.56809/icujtas.1496498

ÖZET

Kentsel hareketlilik, bireylerin günlük yaşamlarını doğrudan etkileyen kritik bir faktör olup hem sürdürülebilir ulaşım sistemleri hem de yaşam kalitesinin iyileştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu çalışma da, Balıkesir ili, Karesi ilçesinde yer alan kentin önemli kavşaklarından olan, Sanayi 1. Kapı ve Sanayi 2. Kapı sinyalizasyon kavşaklarının "Simulation Of Urban MObility" (SUMO) adlı yazılım programının Türkiye uyarlaması aracı ile kentsel hareketlilik analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın temel amacı, bahsedilen kavşakların mevcut durumlarının tespitinin kentsel hareketliliğini ve SUMO Türkiye yazılım aracından yararlanarak mevcut halin modellenmesi gerçekleştirilmiştir. Kavşaklardaki mevcut durumun trafik akışlarını, SUMO modelleme çalışması ile her iki kavşağın performans değerleri, emisyon seviye ve yakıt tüketim bilgilerini ortaya koymaktadır. Çalışmanın ilk aşamasında, kavşakların mevcut durum analizi yapılmıştır. Bu analizde her iki kavşağın, sinyalizasyonun faz diyagramlarına, kavşakların geometrik durumuna, akım kolları sayı ve yön uygulamalarına, kavşaklardaki trafik yoğunluğuna, bekleme sürelerine ve genel trafik akışı gibi unsurları ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Analizi yapılan bu veriler, SUMO yazılımının veri kısmına eklenebilecek şekilde toplanarak sisteme eklenmiştir. SUMO da mevcut durum modellemesi yapılarak performans değerleri elde edilmiştir. Modelleme çıktıları değerlendirilerek kavşakların verimliliğini ve akışını sağlamak amacıyla optimizasyon planları geliştirilmiştir. Önerilen bu planlarla, trafik akışını daha akıcı hale getirmeyi, emisyon seviyelerini azaltmayı ve yakıt tüketimini optimize etmeyi hedeflemektedir. Elde edilen veriler, kentin sürdürülebilirliği kentsel hareketlilik stratejileri ve planların geliştirilmesine katkı sağlayacak niteliktedir. Bu veriler, aynı zamanda ulaşım planlaması ve yönetiminde önemli bir kaynak oluşturacaktır. Çalışmada kullanılan SUMO Türkiye programı sayesinde mevcut durum modellemesi yapılarak verimliliği arttırmayı ve trafik yönetiminde yenilikçi yaklaşımların uygulanabilirliğini göstermekte olan önemli bir araçtır. Modelleme yoluyla elde edilen bulgular, kent yöneticileri ve uygulayıcılarının kentsel ulaşım planlamasında kaynak olarak kullanılabilir.

Sonuç olarak çalışmada, Sanayi 1. Kapı ve Sanayi 2. Kapı kavşakları için mevcut üzerinden önerilen optimizasyon planları, trafik akışının verimliliğini artırmakta ve daha çevre dostu bir trafik sistemine katkıda bulunmaktadır. Bu çalışma, şehrin sürdürülebilir kentsel hareketlilik hedeflerine ulaşmak için önemli bir adım olup, diğer şehirlerin kentsel hareketlilik planları için de örnek teşkil edebilecek niteliktedir. Makalenin sonuçları, kavşakların bulunduğu bölgenin kentsel ulaşım planlamasına, stratejik kararların alınması ve trafik yönetiminde daha etkin çözümler geliştirilmesine olanak sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Kentsel hareketlilik, SUMO, Trafik analizi, Ulaşım yönetimi, Balıkesir.

Geliş/Received : 05.06.2024
Gözden Geçirme/Revised : 08.07.2024
Kabul/Accepted : 24.07.2024

URBAN MOBILITY ANALYSIS OF BALIKESİR INDUSTRY INTERSECTIONS NUMBER 1-2 WITH SUMO

ABSTRACT

Urban mobility is a critical factor directly impacting individuals' daily lives and plays a crucial role in enhancing both sustainable transportation systems and quality of life. This study conducted an analysis of urban mobility using the Simulation of Urban MObility (SUMO) software adaptation for Turkey, focusing on Sanayi 1. Kapı and Sanayi 2. Kapı signalized intersections located in Karesi district, Balıkesir province. The primary objective was to assess the current conditions of these intersections, model their current state using SUMO Turkey software, and reveal traffic flows, performance metrics, emission levels, and fuel consumption data. The initial phase of the study involved a detailed analysis of intersection conditions, including phase diagrams of signalization, geometric configurations, flow directions and volumes, traffic density, waiting times, and overall traffic patterns. These analyzed data were compiled and integrated into the SUMO software's data section for current state modeling and performance evaluation. Based on the modeling outputs, optimization plans were developed to enhance intersection efficiency, improve traffic flow, reduce emissions, and optimize fuel consumption. The findings contribute significantly to developing sustainable urban mobility strategies and plans for the city, serving as a valuable resource for transportation planning and management. Leveraging the SUMO Turkey program for current state modeling demonstrates its efficacy in improving efficiency and implementing innovative approaches to traffic management. The insights gained from modeling efforts serve as a critical resource for city administrators and practitioners in urban transportation planning.

In conclusion, the proposed optimization plans for Sanayi 1. Kapı and Sanayi 2. Kapı intersections in Balıkesir aim to enhance traffic flow efficiency and contribute to a more environmentally friendly traffic system. This study represents a significant step towards achieving the city's goals of sustainable urban mobility and serves as a potential model for urban mobility plans in other cities. The conclusions drawn will assist in strategic decision-making for urban transportation planning in the region and facilitate the development of more effective solutions for traffic management.

Keywords: Urban Mobility, SUMO, Traffic analysis, Transportation management, Balıkesir.

1. GİRİŞ

Kentlerin gelişimi ve sürdürülebilir ulaşım sistemleri, birbirine sıkı sıkıya bağlı iki önemli faktördür. Kentlerin büyümesi, verimli ve yüksek kapasiteli ulaşım çözümlerine olan ihtiyacı arttırmaktadır. Bu durum, özellikle yoğun hareketliliğin yaşandığı kentlerde ulaşım sorunlarını kaçınılmaz hale getirmektedir. Hızla artan nüfus, kentlerdeki araç sahipliğini ve araç kullanımını artırarak trafik sıkışıklıklarına neden olmaktadır (Banister, 2008). Kentsel hareketliliğin temel bileşeni olan ulaşımın, etkin bir trafik yönetimi ve planlaması ile optimize edilmesi gerekmektedir. Yenilikçi çözümler ve gelişen teknolojiler, bu soruna çözüm arayışlarını desteklemektedir (Gössling, 2016). Kentsel hareketliliğin optimize edilerek yönetilmesi, şehir sakinlerinin yaşam kalitesini arttırmak ve sürdürülebilirliğini sağlamak açısından büyük önem taşır (Litman, 2013). Trafik yoğunluğu aynı zamanda çevresel kirliliklere de yol açmaktadır. Çekim merkezlerine olan yüksek talepler, bu bölgelerde trafik sıkışıklıklarına sebep olmakta ve emisyon ile aşırı yakıt tüketimini artırmaktadır (Schrank, Eisele, & Lomax, 2012). Özellikle sanayi bölgeleri ve ticari faaliyetlerin yoğun olduğu alanlarda yüksek trafik yoğunluğu görülmektedir. Balıkesir ili, Karesi ilçesinde bulunan küçük sanayi bölgesi, ticari fonksiyondaki alanlar ve toplu konutların yoğun olarak bulunduğu bir bölgedir. Paşaalı mahallesi içerisinde yer alan bu bölgeye ulaşım, Bursa istikametine giden D230 karayolu bağlantısından ve şehir merkezindeki cadde ile sokak yollarından sağlanmaktadır. Sanayi 1. Kapı ve Sanayi 2. Kapı kavşakları, bölgenin önemli iki sinyalizasyon kavşaklarını oluşturmaktadır.

Bu çalışmada, Balıkesir ili Karesi ilçesinin ana arterlerinden olan Sanayi 1. Kapı ve Sanayi 2. Kapı kavşaklarının mevcut kentsel hareketliliği incelenmeyi amaçlanmaktadır. Araştırma, sahada yapılan gözlemler ve mevcut trafik verilerinin toplanmasıyla başlamıştır. Toplanan veriler, büyük ölçekli trafik ağlarını modellemek ve analiz etmek için tasarlanmış açık kaynaklı bir yazılım olan SUMO'nun (Simulation of Urban Mobility) Türkiye uyarlaması yazılım aracı kullanılarak analiz edilmiştir. Simülasyonlar ve modellemeler aracılığıyla kavşakların mevcut durumu değerlendirilmiş, trafik akışını iyileştirmek için çeşitli optimizasyon

stratejileri geliştirilmiştir. Elde edilen bulgular, kent yöneticileri, ulaştırma mühendisleri ve trafik yöneticileri ile paylaşılmış olup, gelecekteki kentsel ulaşım planlamalarına referans oluşturmayı hedeflemektedir.

Bu makalenin temel amacı, Balıkesir ili, Karesi ilçesi, Sanayi 1. Kapı ve Sanayi 2. Kapı Kavşakları trafik uygulamalarında kapasite geliştirme kapsamında, mevcuttaki kent içi hareketliliğini değerlendirilmesi için modellemek ve önerilerde bulunmaktır. Bu sayede sanayi bölgesi ve yeni yerleşim yerleri toplu konutlardaki aktif kentsel hareketliliğinin hem teorik bir bakış açısı sunacak hem de bahsedilen kavşakların kent içi ulaşımında mevcut durumunu SUMO Türkiye yazılım aracı ile analiz edilerek mevcut trafik hareketleri modellenecektir. Modelleme sonucunda elde edilen raporlarla, Sanayi 1. Kapı ve 2. Kapı kavşaklarının geliştirilmesi için kavşak performansları değerlendirilecektir. Bu doğrultuda, trafik yoğunluğunun azaltılması, trafik akışının düzenlenmesi ve kavşakların verimliliğinin artırılması gibi konular üzerinde durularak geniş bir yelpazede öneriler ortaya konulacaktır. Kavşakların mevcut durum analizi yapılacak ve trafik akışını iyileştirmek amacıyla optimizasyon planları geliştirilecektir. Bu planlar, kentsel hareketliliği daha verimli hale getirmeyi ve trafik yönetiminde yenilikçi yaklaşımlar sunmayı amaçlamaktadır. Araştırmanın bulguları, kent yöneticileri, ulaştırma mühendisleri ve trafik yöneticileri için değerli bilgiler sunarak kentsel ulaşım planlamasında referans niteliği taşıyacaktır. Ayrıca, sürdürülebilir ulaşım stratejilerinin belirlenmesinde, çevresel etkilerin minimize edilmesinde ve enerji verimliliğinin artırılmasında da önemli katkılar sağlayacaktır.

Sonuç olarak, Balıkesir'deki Sanayi 1. Kapı ve 2. Kapı kavşaklarının trafik akışının verimliliğini artırmayı ve çevre dostu bir trafik sistemine katkıda bulunmayı amaçlayan bu çalışma, sürdürülebilir kentsel hareketlilik stratejilerinin geliştirilmesine ışık tutacaktır. Çalışmanın bulguları ve önerileri, kentsel hareketlilik çalışmalarına önemli bir temel sağlayacaktır. Ayrıca bu bulgular ve öneriler, yaşanabilir şehirlerin ulaşım politikalarının planlanmasında ve uygulanmasında kritik bir rol oynayacaktır. Elde edilen veriler ve modelleme sonuçları, mevcut trafik sorunlarına yenilikçi ve etkili çözümler sunmanın yanı sıra, trafik sıkışıklığını azaltmak, hava kalitesini iyileştirmek ve enerji verimliliğini artırmak için kullanılacaktır. Bu bağlamda, çalışma, gelecekteki şehir planlamalarında kentsel hareketliliği optimize etmek ve sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için değerli bir kaynak olacaktır. Ayrıca, toplumun yaşam kalitesini yükseltmek ve çevresel etkileri minimize etmek amacıyla, şehirlerin ulaşım altyapısının daha iyi yönetilmesine yönelik stratejik planların oluşturulmasına da katkı sağlayacaktır. Bu çalışma, diğer şehirlerde benzer trafik ve kentsel hareketlilik sorunlarına yönelik çözüm arayışlarında da rehberlik edebilecek niteliktedir. Bu çalışma sonucunda, Balıkesir'deki Sanayi 1. Kapı ve 2. Kapı kavşaklarının trafik yönetiminde sunduğu yenilikçi yaklaşımlar, sürdürülebilir ve verimli ulaşım sistemlerinin oluşturulmasına önemli katkılar hedeflemektedir.

2. LİTERATÜR VE KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Literatürde, kentsel hareketlilik sadece başlangıç ve bitiş noktaları arasındaki fiziksel taşınma eylemi olarak değil, aynı zamanda ekonomik, kültürel ve sosyal etkileşimi içeren çok yönlü bir olgu olarak tanımlanmaktadır. Bu nedenle, kentsel hareketlilik disiplinler arası yaklaşımlarla ele alınması gereken bütüncül bir konudur. Kent içi mobilitenin yarattığı çeşitli eylemleri kapsayan kentsel hareketlilik, ulaşımında verimliliği sağlarken, aynı zamanda şehirdeki altyapı eksikliklerini ve problemleri de görünür kılmaktadır. Bu hareketlilik sayesinde ulaşım sistemlerindeki verimlilik elde edilmekte ve aynı zamanda kentteki altyapı eksiklikleri ve problemleri belirgin hale gelmektedir. Kentsel hareketlilik, şehir içi ulaşım ağlarının etkinliğini artırarak, bireylerin ve yüklerin kentin farklı noktalarına hızlı ve güvenli bir şekilde ulaşmasını mümkün kılar. Bu süreç, kentin altyapı kapasitelerinin değerlendirilmesini ve geliştirilmesini zorunlu kılarak, kent planlamasında kritik bir rol oynar. Ulaşım sistemlerinin mekânsal erişilebilirliği, kentin farklı bölgeleri arasındaki bağlantıların güçlendirilmesiyle sağlanırken, zamansal erişilebilirlik, seyahat sürelerinin azaltılması ve ulaşım ağlarının günün farklı saatlerinde etkin bir şekilde çalışmasını içerir. Ulaşım sistemlerinin erişilebilirliği, kentsel hareketliliğin verimli bir şekilde işlenmesini sağlayarak, kent içi ulaşımın sürdürülebilirliğini ve etkinliğini artırır. Bu nedenle, kentsel hareketliliğin optimize edilmesi, çok yönlü bir yaklaşım gerektirir ve bu doğrultuda altyapı yatırımlarının ve ulaşım stratejilerinin planlanması önem arz etmektedir.

Kentsel hareketlilik ve trafik simülasyon konuları, SUMO (Simulation of Urban MObility) yazılımı kullanarak kapsamlı bir şekilde incelenebilir. Açık kaynak kodlu trafik simülasyon yazılımı olan SUMO aracı, mevcut veya planlanan trafik senaryolarının modellemesini yapmaktadır. SUMO'nun geliştirilmesi, 2000 yılında Almanya Havacılık ve Uzay Merkezi (DLR) tarafından başlatılmıştır. Bu yazılımın temel amacı, trafik araştırma topluluğuna kendi algoritmalarını uygulayabilecekleri ve değerlendirebilecekleri bir araç sağlamaktır (Niero, 2018). SUMO, trafik ışıklarının simülasyonu, geçiş hakkı kuralları ve şerit değiştirme gibi karmaşık trafik dinamiklerini gerçek zamanlı olarak yaklaşık 100.000-200.000 aracı simüle edebilecek şekilde gerçekleştirmektedir (Krauß, 1998)(Krajzewicz, Bonert, Wagner, 2006).

Shamim Akhter vd (2020), ‘‘A SUMO based simulation frame work for intelligent traffic management system’’ başlıklı çalışmasında, SUMO yazılımıyla akıllı trafik yönetim sistemlerinin simülasyonunu ele almış ve çeşitli trafik senaryolarında uygulanabilirliğini tartışmışlardır. Arroyo vd (2018) ise, ‘‘A new strategy for synchronizing traffic flow on a distrusted simulation using SUMO’’ adlı çalışmasında, trafik akışını senkronize etmek için paralel simülasyon tekniklerini kullanarak SUMO'nun performansını artırmayı hedeflemiştir. Deshmukh vd, (2016) ‘‘Simulation of urban mobility (SUMO) for evaluating QoS parameters for vehicularad hoc network’’ isimli çalışmalarında, SUMO'nun araç içi ağların kalite parametrelerini değerlendirmede kullanımı incelenmiş ve trafik simülasyonları için bir çerçeve sunmuşlardır. Soares vd (2013), ‘‘An integrated frame work formulti-agent traffic simulation using sumo and jade’’ isimli çalışmasında karmaşık trafik yönetim çözümlerinin geliştirilmesi ve analiz edilmesine odaklanan çalışmalarında, SUMO ve JADE platformlarını entegre etmişlerdir. Bu çalışma, şehir içi trafik optimizasyon stratejilerinin geliştirilmesinde SUMO yazılımının nasıl kullanılabileceğini göstermektedir.

Çalışmanın bağlamı çerçevesinde incelendiğinde, kentlerde artan araç sahipliğiyle birlikte artmakta olan trafik yoğunluğu çeşitli karmaşık durumları ortaya çıkarmaktadır. Bu sorunların üstesinden gelmek ve çözümler bulmak için, kentsel hareketliliğin daha etkin bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, SUMO açık kaynaklı bir yazılım olarak, detaylı trafik akışı simülasyonları yapabilen bir araç olarak dikkat çeker. Mikroskobik simülasyon yetenekleri sayesinde, bireysel araçların hareketlerini ve kavşaklarda araç etkileşimlerini gerçekçi bir şekilde modelleyebilir. Türkiye Cumhuriyeti Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü'nün çalışmaları doğrultusunda Simulation of Urban MObility (SUMO) Türkiye uyarlaması programı hazırlanmıştır. Program ‘‘Kent İçi Hareketlilik Analiz Sistemi (SUMO Türkiye Uyarlaması)’’ olarak geçmektedir. Türkçeleştirilmiş arayüz ile yazılımın kullanımı kolaylaştırılmıştır.

3. YÖNTEM

Balıkesir'in merkez ilçelerinden biri olan Karesi ilçesinin en yoğun akslarından Sanayi 1. Kapı ve 2. Kapı kavşaklarının kentsel hareketlilik analizi, SUMO Türkiye yazılım aracı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemin dört ana bileşeni vardır;

1. **Veri Toplama:** İlk aşamada, kavşaklara ait trafik verileri çeşitli yöntemlerle toplanmıştır. Bu veriler, simülasyon modelinin geçerli ve güvenilir sonuçlar verebilmesi için kritik öneme sahiptir.
2. **Modelleme:** Açık kaynaklı SUMO Türkiye yazılım aracı kullanılarak, toplanan veriler doğrultusunda Sanayi 1. Kapı ve 2. Kapı kavşakları modellenmiştir. Modelleme sürecinde sıralı adımlar izlenerek uygun koşullar sağlanmıştır. Modelleme sürecinde şu adımlar izlenmiştir.
 - **Ağ Oluşturulması:** SUMO'nun Netedit arayüzü ile kesim ve bağlantılar çizilmiş veya Open Street Map (OSM) arayüzünden harita tabanlı veri çekilmiştir. OSM'den gelen verilere ilave veya eksiltme işlemleri yapılabilmektedir. Ayrıca, trafik ışıkları, faz planları, hız sınırları, otobüs durakları, yol kenarı parklanmalar, dedektörler, bisiklet yolları ve kaldırımlar da modellemeye dahil edilmiştir.
 - **Talep Oluşturulması:** Ağ modelinde hareket edecek taşıtlar belirlenerek rota atamaları yapılmıştır. Gerçekleştirilen trafik sayım verileri aktararak mevcut durum analiz edilmiştir.
3. **Simülasyon:** Mevcut ve oluşturulan senaryolar SUMO yazılımında modellenmiş ve simülasyonlar gerçekleştirilmiştir. Simülasyon sırasında kavşaklardaki trafik akış hızı, kuyruk oluşması ve bekleme süreleri gibi performans ölçütleri elde edilmiştir. SUMO-gui arayüzünde işletilen simülasyonlarla araçların kavşaktaki etkileşimleri, öncelikli geçiş ve şerit değişikliği gibi durumlar incelenmiştir.
4. **Analiz:** Simülasyon sonuçlarına dayalı olarak, kavşakların performans değerleri, yakıt tüketimi ve emisyon değerleri tespit edilmiştir. Bu analizler sonucunda, trafik akışını iyileştirmek için optimizasyon önerileri ve çözümler belirlenmiştir.

SUMO Türkiye yazılımı, kentsel hareketlilik analizi yapmak için belirli adımları takip eder. İlk adım olan ağ oluşturma sürecinde, trafik ağı tasarlanarak kavşaklar, yollar ve bağlantılar belirlenir. Bu aşama, simülasyonun temelini oluşturduğundan büyük bir özenle gerçekleştirilmelidir. Ağ oluşturma işlemini talep oluşturma aşaması izler. Bu aşamada, modelde hareket edecek araçlar tanımlanır ve seyahat rotaları belirlenir. Gerçek verilerin entegrasyonu ile bu işlem, simülasyonun gerçekçiliğini artırır. Bir sonraki adım, veri işleme sürecidir.

Bu aşamada, toplanan trafik verileri işlenerek modelleme güncellenir. Verilerin doğruluğu, simülasyon sonuçlarının güvenilirliğini doğrudan etkilediğinden bu süreç büyük önem taşır. Ardından, simülasyon aşaması gelir. Bu aşamada, mevcut ve oluşturulan senaryolar kullanılarak trafik akış dinamikleri simüle edilir. Bu süreç, kavşaklardaki trafik durumunu değerlendirmek ve performans ölçütlerini belirlemek için kritiktir. Simülasyon tamamlandıktan sonra analiz çıktıları aşamasına geçilir. Simülasyon sonuçlarına dayanarak raporlar oluşturulur ve kavşakların performans değerleri, yakıt tüketimi ve emisyon analizleri yapılır. Son olarak, Open Street Map (OSM) ile çalışma gerçekleştirilir. Bu aşamada, OSM arayüzü kullanılarak harita tabanlı veri çekimleri yapılır ve gerekli düzenlemeler gerçekleştirilir. Bu süreç, ağ modellemesi için önemli bir kaynak sağlar ve simülasyonun doğruluğunu artırır. Simülasyonda araçların birbirleriyle olan etkileşiminde kavşakta öncelikli geçiş ve şerit değişikliği gibi durumlar bulunmaktadır. Simülasyon sırasında trafik akış hızı, kuyruklanma ve bekleme süreleri gibi performans ölçütleri elde edilmiştir. Raporlar çıkarılarak analiz çıktıları oluşmaktadır. Elde edilen raporlarla kavşakların performans değerleri, yakıt tüketimi ve emisyon değerleri tespit edilmektedir. Analizler sonucu optimizasyonu sağlayacak öneriler ve çözümler belirlenmiştir. Bu adımların her biri, SUMO Türkiye yazılımı ile yapılan kentsel hareketlilik analizinin etkinliğini artırarak, şehir içi ulaşım sistemlerinin daha verimli bir şekilde yönetilmesine katkıda bulunmaktadır.

4. BALIKESİR SANAYİ 1-2 NOLU KAVŞAK BİLGİLERİ

Balıkesir şehir merkezine Bursa yönünden ulaşımı sağlayan D230 karayolu, kentin ana arterlerinden biri olarak önem taşımaktadır. Bu karayolu, şehir merkezine doğru ilerlerken birçok kesişim noktası barındırır. Bu noktaların doğru yönetilmesi, şehir trafiğinin düzenlenmesi ve akışın sağlanması açısından kritik öneme sahiptir. Şehrin içerisinden geçen diğer önemli bir hat ise TCDD'nin demiryolu hattıdır. Hemzemin olarak geçişi bulunan bu hat Balıkesir Küçük Sanayi merkezinin içerisinde kalmaktadır. Küçük Sanayi bölgesinin kapılarının bulunduğu yol akslarında kesişimler bulunmaktadır. Birçok kesişimi ve yoğunluğu olan bu yol aksları hemzemin yer altında herhangi altgeçiti bulunmamaktadır. Kentin önemli akslarında olan bu ana yolda çeşitli ulaşım ağları ve altyapı hatları (doğalgaz hattı, kanalizasyon hattı, içme suyu hattı, internet hattı gibi) bulunmaktadır. Balıkesir Küçük Sanayi bölgesinin giriş kapılarının bulunduğu yol akslarında çeşitli kesişim noktaları bulunmaktadır. Bu kesişim noktaları, Sanayi 1. Kapı ve Sanayi 2. Kapı kavşakları olarak adlandırılır ve kentin önemli ulaşım düğüm noktalarından bazılarıdır.





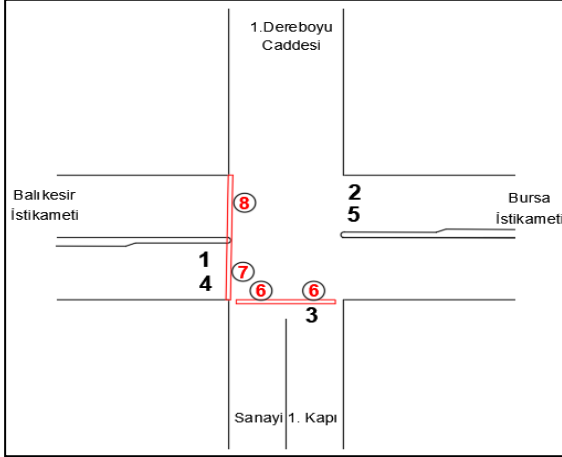
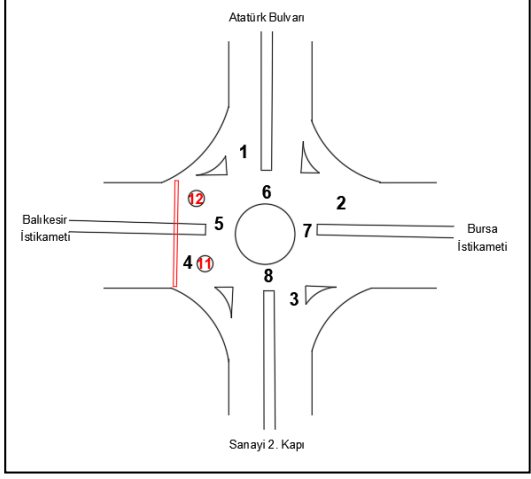
Şekil 4.1. Bölgenin hava fotoğrafı üzerinde merkezler gösterimi

Sanayi 1. Kapı Kavşağı, Bandırma Caddesi, 1. Dereboyu Caddesi ve Dereboyu Caddesi'nin kesişiminde yer alırken, Sanayi 2. Kapı Kavşağı, Bandırma Caddesi, Atatürk Bulvarı ve 9. Sokak'ın kesişiminde bulunmaktadır. Bu kavşaklar, şehir içi ulaşımın ana arterleri arasında yer alır. Sanayi 1. Kapı ve Sanayi 2. Kapı kavşakları dört kollu olup, trafik akışı bu kavşakların yaklaşım kollarında bulunan sinyalizasyon sistemleri ile kontrol edilmektedir. Bu sinyalizasyon sistemleri, trafik akışını düzenleyerek, araçların güvenli ve düzenli bir şekilde hareket etmelerini sağlamaktadır. Kavşaklardaki sinyaller, trafik yoğunluğuna göre ayarlanarak, bekleme sürelerini en aza indirmek ve trafiği akıcı hale getirmek amacıyla kullanılmaktadır. Bölgenin coğrafi ve ulaşım

yapısını görsel olarak göstermek için Sanayi 1. Kapı ve Sanayi 2. Kapı kavşaklarının fotoğrafları ve açıklamaları Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Bu şekiller, kavşakların yerleşimini ve çevresel özelliklerini detaylı bir şekilde ortaya koymaktadır. Sanayi 1. Kapı ve Sanayi 2. Kapı kavşaklarının etkin yönetimi, Balıkesir’in şehir içi ulaşım sisteminin verimliliğini artırmak için hayati bir rol oynamaktadır. Bu kavşaklarda yapılan analizler ve iyileştirme çalışmaları, şehir içi trafiğin düzenlenmesi ve kentsel hareketliliğin optimize edilmesi için önemli veriler sunmaktadır. Dolayısıyla, bu kavşakların trafik analizleri, şehrin genel ulaşım stratejilerinin belirlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Balıkesir’in merkezinde iki toplamda yirmi ilçeye sahip olduğundan toplu taşıma oldukça kritik bir roldedir. Şehrin geniş coğrafyası ve nüfusun ihtiyaçları göz önünde bulundurulduğunda ulaşımını sağlamak kritik bir önemdedir. Bölgede bulunan toplu konutlar ve ticari tesisler aktif hareketliliği ortaya çıkarmaktadır. Bireylerin mallarının güvenli, hızlı ve verimli olarak hareket etmesini kentteki ulaşım ağının işletilmesi ve toplu taşıma sisteminin sağlanmasına bağlıdır. Şehir içi ulaşım ve İlçeler arası ulaşımı sağlamak için çeşitli hatlar bulunmaktadır. Hatlar toplu taşıma sistemiyle işletilmektedir. Bu toplu taşıma sistemi, otobüsler, minibüsler, taksi-dolmuş, ve dolmuş araçlarıyla Şehir içi ve İlçe’ler arası belli periyotlarla seferler düzenlemektedir. Kavşaklardan geçen toplu taşıma araçları hareketliliğin büyük bir çoğunluğunu oluşturmaktadır. Bahsedilen kavşakların mevcut geometrisi ve bilgileri Tablo 4.2.’de görüldüğü üzere Sanayi 1-2 nolu kavşakların konumları, akım kollarının numaralandırılması, sinyal numara konumları, faz döngü sıralaması, faz gruplarının gösterimi ve sinyal diyagramları bilgileri yer almaktadır.

Tablo 4.2. de Sanayi 1-2 nolu kavşaklarının mevcut bilgileri gösterilmektedir.

 <p>Sanayi 1. Kapı kavşağının konum ve akım kolları gösterimi</p>	 <p>Sanayi 2. Kapı kavşağının konum ve akım kolları gösterimi</p>
 <p>Sanayi 1. Kapı kavşağında sinyal numara konumları</p>	 <p>Sanayi 2. Kapı kavşağında sinyal numara konumları</p>
<p>Faz döngü sıralaması, 1-4-3-2 şeklindedir.</p>	<p>Faz döngü sıralaması, 5-1-2-3 şeklindedir.</p>



Faz F1, Balıkesir Geliş istikametidir.



Faz F5, Balıkesir-Bursa Geliş istikametidir.



Faz F4, Bursa Balıkesir istikametidir.





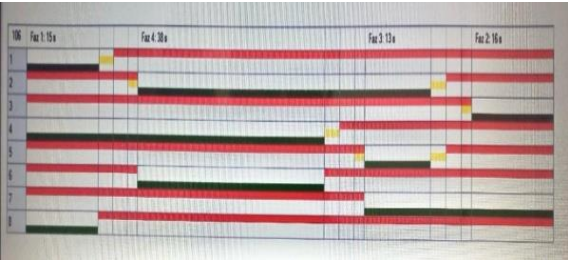

Faz F1, Atatürk Bulvarı ve Sanayi Geliş istikametidir.



Faz F3, Bursa Geliş istikametidir.

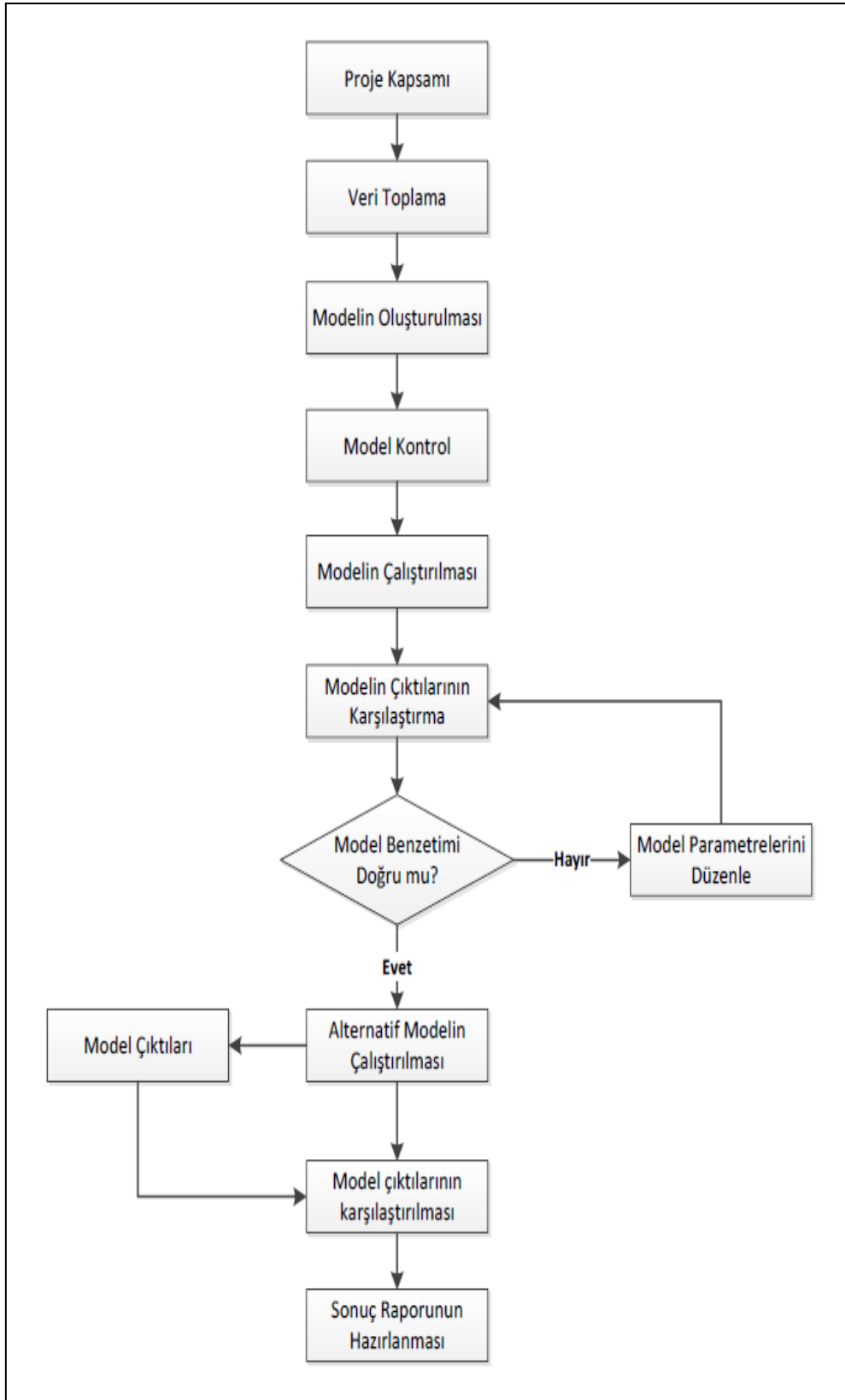


Faz F2, Atatürk Bulvarı Geliş istikametidir.

 <p>Faz F2, Sanayi 1.Kapı Geliş istikametidir.</p>	 <p>Faz F3, Balıkesir Geliş istikametidir.</p>
<p>Fazlar arası geçişte 3 saniye koruma süresi bulunmaktadır.</p>	<p>Fazlar arası geçişte 3 saniye koruma süresi bulunmaktadır.</p>
<p>Sanayi 1. Kapı kavşağının sinyal diyagramı</p> 	<p>Sanayi 2. Kapı kavşağının sinyal diyagramı</p> 

5. SIMULATION OF URBAN MOBILITY İLE KENTSEL HAREKETLİLİK ANALİZİ

SUMO Türkiye yazılımında, kentsel hareketliliğin analizi benzetim modeli oluşturularak gerçekleştirilir. Benzetim modelinin oluşturulması için belirli bölgedeki araç türleri ve özellikleri belirlenir ve bu verilere göre trafik senaryoları O-D matrisi ile modellenir. Oluşturulan model çalıştırılarak raporlandırılır ve elde edilen raporlar analiz edilerek performans değerlendirilmesi yapılır. Böylece, SUMO'da oluşturulan benzetim modeli, farklı çözüm senaryoları ile karşılaştırılarak değerlendirilebilir. Bu sürecin adımları Şekil 5.1.'de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Benzetim Modeli Akış Şeması (Richard Dowling, 2004)

Modelleme süreci ve senaryo oluşturulmasında dikkate alınan veri başlıkları şu şekildedir:

- Yol Geometrik Verileri:** Yolun fiziksel yapısı, genişliği, şerit sayısı gibi bilgiler.
- Trafik Kontrol Verisi:** Trafik ışıkları, yol işaretleri ve diğer kontrol mekanizmaları.

•**Trafik Talep Verisi:** Bölgedeki araç sayısı, araç türleri ve trafik yoğunluğu gibi veriler.

SUMO yazılımı, kullanıcıların taleplerine göre esneklik sağlayarak geliştirilebilmektedir. C++ ve Python yazılım dilleriyle yazılmış olan SUMO, açık kaynak kodlu olduğundan kapsamlı kullanım alanı bulunmaktadır. Programlar arası veri haberleşmesi XML raporlarıyla gerçekleştirilirken, görsel ağ oluşturma Nedit arayüzü ile, iki ve üç boyutlu animasyonlar ise SUMO-gui arayüzü ile yapılmaktadır. SUMO kullanılarak oluşturulan simülasyonun üç temel bileşeni bulunmaktadır: yol dosyaları, rota dosyaları ve konfigürasyon dosyaları.

•**Yol Dosyaları:** Trafik ağına ilişkin teknik bilgileri içerir. Bu bilgiler arasında trafik ışıkları, şerit bilgileri, trafiğe kapalı yollar, koordinatlar ve coğrafi veriler yer alır. Yol dosyaları, SUMO fonksiyonları kullanılarak oluşturulabilir veya Open Street Map (OSM) aracılığıyla belirli bir yol, cadde veya bölgeye ait gerçek trafik senaryosu indirilebilir ve SUMO'da simülasyon yapılabilir.

•**Rota Dosyaları:** Araçların izleyeceği rotalar ve güzergah bilgilerini içerir.

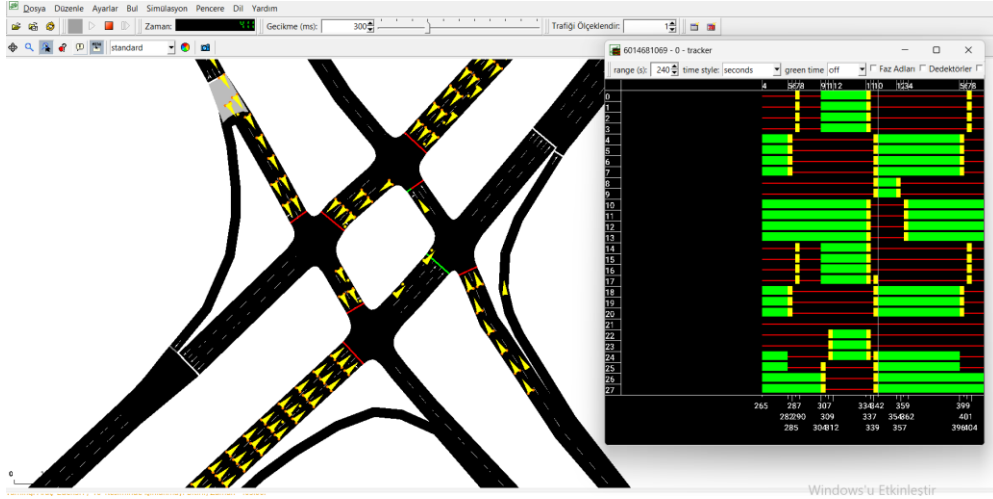
•**Konfigürasyon Dosyaları:** Simülasyonun genel ayarları ve parametrelerini içerir.

SUMO, kentlerin trafik planlama ve yönetimi konusundaki en büyük sorunlarından biri olan trafik sıkışıklığını çözmek için kritik bir araçtır. Ulaştırma mühendisleri ve uzmanlar, SUMO ile ulaşım strateji planlarını, ulaşım ağlarının modellenmesini, trafik akışını optimize etmeye yönelik senaryoları ve iyileştirme önlemlerini simüle etme ve değerlendirme olanağına sahiptir. Bu yazılım, şehirlerin daha verimli ve sürdürülebilir ulaşım sistemlerine sahip olmalarını sağlamaktadır. SUMO'nun sağladığı bu olanaklar, kentsel hareketlilik stratejilerinin geliştirilmesi ve trafik akışının iyileştirilmesi açısından büyük önem taşır. Bu doğrultuda, şehir planlamacıları ve ulaşım uzmanları, SUMO ile kentsel hareketlilik projelerinde daha etkili ve verimli çözümler üretebilirler. Benzetim modellerinin sunduğu veriler ve analizler, kent içi ulaşımın sürdürülebilirliğini ve etkinliğini artırmak için önemli bir referans kaynağı oluşturmaktadır.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma, SUMO Türkiye ile Balıkesir İli Sanayi 1. Kapı ve 2. Kapı kavşakların, kentsel hareketliliği ile kavşakların trafik performanslarını değerlendirmek için ayrıntılı analiz çalışması hareketlilik analizi hazırlandı. Açık uçlu yazılımı olan SUMO programıyla kavşakların mevcut modellemesi hazırlanmıştır. Oluşturulan modellemeyle trafik performans çıktıları, emisyon değerleri gibi raporlar analiz çalışmasına kaynak olmuştur. Çalışmayla mevcut trafik yoğunluğunun tespit edilmesi ve kavşakların trafik performansı ile yoğunluklar ve çevresel etkilerinin değerlendirilmesi açısından önemli bilgiler sağlamıştır. Kavşakların işletiminin optimizasyonu için çözüm önerisi sunulmuştur.

Mevcut durumu iyileştirmek ve daha etkin bir trafik akışı sağlamak için kısa, orta ve uzun vadeli planlar geliştirilmiştir. Kısa vadeli planlar, trafik sıkışıklığını azaltmak ve yol kullanıcılarının daha rahat bir şekilde seyahat etmelerini sağlamak için hızlıca uygulanabilecek çözümleri içerir. Orta vadeli planlar, kavşaklarda gerekli altyapı düzenlemelerinin yapılmasını ve trafik akışının daha dengeli hale getirilmesini amaçlamaktadır. Uzun vadeli planlar ise, daha geniş çaplı projeleri ve şehir planlaması kapsamında yapılacak olan kapsamlı değişiklikleri içermektedir. Bu iyileştirme önerileri, trafik ışıklarının senkronizasyonundan yol genişletme çalışmalarına, yaya geçitlerinin yeniden düzenlenmesinden toplu taşıma araçlarının güzergahlarının optimize edilmesine kadar geniş bir yelpazeyi kapsamaktadır. Yapılan analizler ve öneriler, hem günlük trafiğin akışını iyileştirmek hem de uzun vadede sürdürülebilir ve verimli bir kentsel ulaşım ağı oluşturmak için büyük önem taşımaktadır. Yapılan simülasyonlar sonucunda elde edilen veriler, kavşaklarda görülen trafik yoğunluğunu belirlemek için önemli bir kaynak olmuştur. Çalışmanın model çalışması sayesinde, Sanayi 1. Kapı ve Sanayi 2. Kapı kavşaklarının trafik akışını simüle ederek mevcut yoğunlukları, sinyalizasyon düzenlemelerinin etkinliğini ve kavşaklardaki araç hareketliliğini analiz etmemize imkan tanımıştır. Şekil 6. modelin işletilmesi anındaki sinyal plan gösterimi gösterilmekte olup optimizasyonun sağlanmaktadır.



Şekil 6. Modelin işletilmesi anındaki sinyal plan gösterimi

Sanayi 1. Kapı ve 2. Kapı kavşaklarının trafik optimizasyonu hedefleyen çalışmada, SUMO Türkiye yazılımı kullanılarak çeşitli çözüm önerileri sunulmuştur. Bu öneriler:

- 1. Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Yapay Zeka:** Akıllı ulaşım sistemleri ve yapay zeka entegrasyonu sağlanarak trafik akışındaki verim artırılır. Çok fonksiyonel ve dinamik olarak işeyen yapay zeka algoritması gerçek zamanı yöneterek ihtiyacı karşılayacaktır. Akıllı sinyalizasyon ve akıllı tabelalarla kavşakta geçirilen süreler azalacaktır, dur-kalk ve araç kuyruk oluşması, çözümlenerek emisyon miktarı azalacaktır. Yakıt kullanımındaki azalmalar hava kalitesini arttıracaktır. Çeşitli akıllı çözüm uygulamalarıyla sürücüler trafik sıkışıklığının olduğu zamanlarda kavşağa gelmeden alternatif yolları tercih edebilirler. Bu sürücülerin zaman tasarrufu yapıp daha kaliteli bir sürüşüne yardımcı olur. Balıkesir'de kent merkezindeki trafik sinyalizasyon sistemlerinin, yapay zeka ile entegrasyonu sağlanmalıdır. Bu entegrasyon, dinamik algoritmaların kullanılmasını ve trafik akışının optimize edilmesini sağlayacaktır. Akıllı sinyalizasyon ve bilgilendirme tabelaları kullanılarak araç kuyruklarının azaltılması hedeflenmektedir. Böylece emisyon ve yakıt tüketiminin azaltılmasıyla hava kalitesinin iyileştirilmesi mümkün olacaktır. Ayrıca, sürücülerin alternatif güzergahları tercih etmeleri için yönlendirilmeleri gerekmektedir.
- 2. Toplu Taşıma Araçlarının Hat Optimizasyonu:** Toplu taşıma hareketliliğin ana taşlarından biridir. Çok modlu ulaşımında alternatiflere dağılmasını sağlar. Bireylerin özel araçlarını tercih etmeyip toplu taşıma kullanılması, yaşanabilirliği ve sürdürülebilir ulaşımı sağlar. Toplu taşıma araçların çevreci olması ulaşımın sürdürülebilirlik döngüsünde gerçekleştirmektedir. Toplu taşıma ve diğer araçların çevre dostu araçlara dönüşümüyle sürdürülebilirlik sağlanarak emisyon ve yakıt tüketimini azaltır. Toplu taşıma sistemlerinin hat optimizasyonu ile kaynak yönetimi sağlanıp enerji tasarrufu sağlanır. Kullanıcıların seyahat taleplerine göre hareket eden toplu taşıma araçları karbon ayak izini azaltmaktadır. Toplu taşıma araçları ve durakları arasında akıllı ulaşım veri entegrasyonu ile taleplerin olmadığı durumlarda sefer sıklıkları azaltılır. Talebin yoğunluğu arttığı durumlarda da sefere gelecek toplu taşıma aracının kapasitesi artırılarak hizmet sağlanmalıdır. Süreç karşılıklı etkileşimle sürekli optimize olarak çalışmalıdır. Balıkesir'deki toplu taşıma hatları daha verimli hale getirilmelidir. Bu optimizasyon, çevre dostu toplu taşıma araçlarının kullanımını artırarak enerji tasarrufu sağlayacak ve kaynak yönetimini optimize edecektir. Veri entegrasyonu ile yolcu taleplerine göre sefer sıklıkları ve araç kapasiteleri dinamik olarak ayarlanabilir, böylece kullanıcı memnuniyeti artırılabilir.
- 3. Yol Geometrisinde Düzenlemeler:** Balıkesir'de yol genişletme çalışmaları yapılmalı ve yeni şeritler eklenmelidir. Kavşaklarda dönüş yasakları ve güvenliği artıracak düzenlemeler yapılmalıdır. Yaya geçitlerinin güvenliği ve fiziksel altyapının iyileştirilmesi, trafik akışının daha düzenli ve güvenli olmasına katkı sağlayacaktır.
- 4. Alternatif Yol ve Rotalar:** Balıkesir'de trafik yoğunluğunu azaltmak için yeni alternatif yollar belirlenmeli ve mevcut yol ağı dengeli bir şekilde dağıtılmalıdır. Bu, şehir içi trafiği rahatlatarak zaman tasarrufu sağlayacak ve çevresel etkileri minimize edecektir.

5. **Bilinçlendirme ve Teşvik Çalışmaları:** Trafikte empati ve farkındalık eğitimleri, yaşanabilir kentlerin önemli bir parçasıdır. Trafikteki bireysel araç kullanımını azaltmak için en önemli adım toplu taşıma kullanıcıları arttırmaktır. Temelinde trafik, empati ve farkındalık çalışmasının başlanması gereken bilinçlendirme eğitimleri gerekmektedir. Toplu taşıma kullanımını teşvik eden kampanyalar yürütülmeli ve sürücü ile yaya bilinci artırılmalıdır. Bu süreçle beraber toplumsal harekete adaptasyonlar gerçekleşir. Sürücü ve yaya kavramları karşılıklı değerlendirilerek trafik bilinci temeli oluşturulur. Böylelikle şehir içi hareketliliğin daha güvenli ve verimli olmasına katkı sağlanacaktır..
6. **Çok Modlu Ulaşımın Arttırılması ve Entegrasyonu:** Bireylerin ulaşım alternatiflerini çeşitlendirmek bireysel araç kullanımını azaltmaya yardımcı olur. Çok modlu ulaşım hareketliliğin tercih edilmesini sağlar. Sadece araçlara ait olan yollar yaşanabilirliği azaltmaktadır. Yollara kaldırım, yeşil alan, bisiklet yolları ve toplu taşıma araç şeritler şeklinde ilavelerle çeşitlilik arttırılmalıdır. Bireyler yaya ve bisikletli olarak ulaşımını tercih etmesi bölgenin yaşanabilirlik verimi artar. Araç kullanımını azalacağından hava ve gürültü kirliliği azalacaktır. Alternatif ulaşım modlarıyla çeşitlilik çevreci çözümleri de beraberinde getirir. Balıkesir'de toplu taşıma, bisiklet yolları ve yaya yolları entegre edilmelidir. Bireysel araç kullanımının azaltılması ve çevre dostu ulaşım modlarının yaygınlaştırılması, şehir içi ulaşımın sürdürülebilirliğini arttıracaktır.
7. **Toplu Taşıma ve Diğer Araçların Çevre Dostu Araçlara Dönüşümü:** Balıkesir'de toplu taşıma ve diğer araçlar çevre dostu araçlara dönüştürülmelidir. Bu sayede emisyonların ve yakıt tüketiminin azaltılması hedeflenirken, çevre dostu ulaşımın teşvik edilmesi sağlanacaktır.
8. **Uzaktan Çalışma ve Esnek Çalışma Saatleri Uygulamaları:** Balıkesir'de uzaktan çalışma ve esnek çalışma saatleri teşvik edilmelidir. Uzaktan çalışma ve esnek çalışma saatleri uygulamaları önerisi kentte yaşayan bireylerin zirve saatlerde aynı ihtiyaç durumlarından dolayı toplu hareket etmeleri gerekmektedir. Bu uygulamalar, zirve saatlerdeki trafik yoğunluğunu azaltarak kentsel hareketliliği daha verimli hale getirecektir. Ayrıca, iş ve yaşam dengesinin iyileştirilmesine de katkı sağlayacaktır.

Bu öneriler, Balıkesir ili için özgü kentsel hareketlilik sorunlarına çözüm sunmayı amaçlamaktadır. Bu çözümlerin uygulanmasıyla birlikte şehir içi ulaşımın daha etkin, güvenli ve çevreci bir şekilde yönetilmesi hedeflenmektedir. Sonuç olarak, bu çalışmada sunulan çözüm önerilerinin uygulanması, Sanayi 1. Kapı ve 2. Kapı kavşaklarının trafik yükünü hafifletecek, yol kullanıcılarının konforunu artıracak ve şehir genelinde kentsel hareketliliği daha etkin bir hale getirecektir. Bu kapsamda yapılan tüm planlamalar, şehir yönetimleri ve ilgili kurumlar tarafından dikkate alınarak hayata geçirilmesi gereken önemli adımları içermektedir. Gelecek projeksiyonlar düşünüldüğünde önerilerin uygulanabilir olması ulaştırma mühendisleri ve trafik yöneticilerine ilham olacaktır.

KAYNAKLAR

- Arroyo, N., Acosta, A., Espinosa, J., & Espinosa, J. (2018). A new strategy for synchronizing traffic flow on a distributed simulation using SUMO. *EPiC Series in Engineering*, 2, 152-161.
- Banister, D. (2008). The sustainable mobility paradigm. *Transport Policy*, 15(2), 73-80.
- Barthauer, M., & Hafner, A. (2018). Coupling traffic and driving simulation: Taking advantage of SUMO and SILAB together.
- Becker, C., Bieker, L., Doll, C., Esser, F., Flötteröd, G., Lorkowski, S., ... & Rössel, C. (2018). SUMO—Simulation of Urban Mobility: An Overview. In *International Conference on Modeling and Optimization in Mobile, Ad Hoc, and Wireless Networks* (pp. 65-76). Springer, Cham.
- Behrisch, M., Bieker, L., Erdmann, J., & Krajzewicz, D. (2011). SUMO—simulation of urban mobility: an overview. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Advances in System Simulation* (pp. 55-60).
- Dowling, R., Skabardonis, A., & Alexiadis, V. (2004). *Traffic Analysis Toolbox Volume III: Guidelines for Applying Traffic Microsimulation Software*. Office of Operations Federal Highway Administration.
- Gössling, S. (2016). Urban transport justice. *Journal of Transport Geography*, 54, 1-9.

Litman, T. (2011). Evaluating transportation equity: guidance for incorporating distributional impacts in transportation planning. Victoria Transport Policy Institute.

Litman, T. (2013). Transportation and public health. Annual Review of Public Health, 34, 217-233.

Krajzewicz, D., Erdmann, J., Behrisch, M., & Bieker, L. (2006). Recent development and applications of SUMO-simulation of urban mobility. International Journal On Advances in Systems and Measurements, 5(3&4), 128-138.

Krogscheepers, J., & Roebuck, C. (1998). Unbalanced traffic volumes at roundabouts. In: Fourth International Symposium on Highway Capacity, Hawaii, USA.

Niero, S. (2018). Development and implementation of a fleet simulation in SUMO.

Schrank, D., Eisele, B., & Lomax, T. (2012). TTI's 2012 Urban Mobility Report. Texas A&M Transportation Institute.

ShamimAkhter, M. N. A., Quaderi, S. J. S., Al Forhad, M. A., Sumit, S. H., & Rahman, M. R. (2020). A SUMO based simulation framework for intelligent traffic management system. Journal of Traffic and Logistics Engineering, 8(1).

Soares, G., Macedo, J. L., Kokkinogenis, Z., & Rossetti, R. J. (2013). An integrated framework for multi-agent traffic simulation using SUMO and JADE.

URL 1:

<https://akillishirekosistem.csb.go9v.tr/DataBank/Detail?mId=310035003800&dataBankDataTypeMIId=3900360030003600> (Erişim Tarihi 20.02.2024).

URL 2: <https://www.akillisehirler.gov.tr/sumo/> (Erişim Tarihi: 03.03.2024).

Not: Bu makale İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Enstitüsü, Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi Tezli Yüksek Lisans Programı'nda, Prof. Dr. Mustafa ILICALI danışmanlığında, Gülten BAYRAM tarafından yürütülecek olan, "Balıkesir Sanayi 1-2 Nolu Kavşakların SUMO ile Kentsel Hareketlilik Analizi" başlıklı yüksek lisans tezinin ön çalışmalarından yararlanılarak hazırlanmıştır.