

JOURNAL OF ICIVILTECH

INNOVATIONS IN CIVIL ENGINEERING AND TECHNOLOGY

YEAR: 2019 VOLUME: 1 ISSUE: 1

EARTHQUAKE **ENGINEERING**

BUILDING MATERIALS **ENGINEERING**

STRUCTURAL **ENGINEERING**

CONSTRUCTION MANAGEMENT **ENGINEERING**

TRANSPORTATION **ENGINEERING**

GEOTECHNICAL **ENGINEERING**

e-ISSN: 2687-2129

HYDRAULIC AND WATER RESOURCES **ENGINEERING**

JOURNAL OF  CIVILTECH
INNOVATIONS IN CIVIL ENGINEERING AND TECHNOLOGY



Name of The Journal
Journal of Innovations in
Civil Engineering and Technology
(JICIVILTECH)

Publisher
Prof. Dr. Hüseyin AKBULUT

Editors
Prof. Dr. Hüseyin AKBULUT (Editor in Chief)
Assoc. Prof. Dr. Cahit GÜRER
Assoc. Prof. Dr. Gökhan GÖRHAN
Assist. Prof. Dr. Gökhan KÜRKLÜ

Secretary of Publication
Inst. Dr. Pelin SERTYEŞİLİŞİK
Res. Assist. Burak Enis KORKMAZ
Res. Assist Şule YARCI

Access
Open Access

Language of Publication
Turkish and English

Frequency of Publication
Twice a year

e-ISSN
2687 – 2129

www.iciviltech.com

j.iciviltech@gmail.com

Journal of Innovations in Civil
Engineering and Technology

Volume 1, Issue 1, Year 2019
(15.06.2019)

İnşaat Mühendisliği ve
Teknolojilerinde Yenilikler Dergisi

Cilt 1, Sayı 1, Yıl 2019

Advisory Board

Prof. Dr. Alan WOODSIDE, Brunel University, UK
Prof. Dr. Bojan ZLENDER, University of Maribor, SLOVENIA
Prof. Dr. Erol TUTUMLUER, University of Illinois at Urbana-Champaign, USA
Prof. Dr. Hasan TOSUN, Eskişehir Osmangazi University, TURKEY
Prof. Dr. Hashem R. AL-MASAEID, Jordan University of Science and Technology, JORDAN
Prof. Dr. Hüseyin Yılmaz ARUNTAŞ, Gazi University, TURKEY
Prof. Dr. Imad L. AL-QADI, University of Illinois at Urbana-Champaign, USA
Prof. Dr. İlhami DEMİR, Kırıkkale University, TURKEY
Prof. Dr. İsmail DEMİR, Afyon Kocatepe University, TURKEY
Prof. Dr. João Pedro SILVA, Polytechnic Institute of Leiria, PORTUGAL
Prof. Dr. Masayasu OHTSU, Kyoto University, JAPAN
Prof. Dr. Mehmet SALTAN, Süleyman Demirel University, TURKEY
Prof. Dr. Meor Othman HAMZAH, University Sains Malasia, MALAYSIA
Prof. Dr. M. Iqbal KHAN, King Saud University, SAUDI ARABIA
Prof. Dr. Özcan TAN, Selçuk University, TURKEY
Prof. Dr. Serdal TERZİ, Süleyman Demirel University, TURKEY
Assoc. Prof. Dr. Dunja PERIC, Kansas State University, USA
Assoc. Prof. Dr. Murat KANKAL, Uludağ University, TURKEY
Assoc. Prof. Dr. Paula Folino, University of Buenos Aires, ARGENTINA
Assoc. Prof. Dr. Roumiana ZAHARIEVA, University of Arc, Civil Eng and Geo, BULGARIA
Assoc. Prof. Dr. Sri Atmaja P. ROSYIDI, University Muhammadiyah Yogyakarta, INDONESIA
Assist. Prof. Dr. Ivanka Netinger, University of Osijek, CROATIA
Assist. Prof. Dr. Murat HİÇYILMAZ, Afyon Kocatepe University, TURKEY

(It is listed by title and alphabetical order.)

Table of Contents / İçindekiler

Traffic Safety and Vulnerable Road Users in Low and Middle Income Countries / Orta ve Az Gelirli Ülkelerde Trafik Güvenliği Ve Korumasız Yol Kullanıcıları (*Akbulut, H. ve Woodside, A. R.*)1-9

Determination of Change of Soil Properties on Chip Sealed Roads by Dynamic Cone Penetration (DCP) Test / Dinamik Koni Penetrasyon (DCP) Deneyi ile Sathi Kaplamalı Güzergahlarda Zemin Özelliklerinin Değişiminin Belirlenmesi (*Gürer, C. ve Karasahin, M.*)11-20

The Effects of Stone Powder Additive on Concrete Parquet Stone Properties / Beton Parke Taşı Özelliklerine Taş Unu Katkısının Etkileri (*Görhan G. vd.*)21-28

Assessment of The Impact of The Ratio of The Developed Area on The Fluvial Flood Risk of Lower Wortley Beck (*Sertyeşilşik, P.*)29-39

Determination of Traffic Light Time at Signalized Intersections with Fuzzy Logic Method / Bulanık Mantık Yöntemi ile Sinyalize Kavşaklarda Trafik Işığı Süresi Belirlenmesi (*Akbulut H. vd.*)41-56

Traffic Safety and Vulnerable Road Users in Low and Middle-Income Countries

**Hüseyin AKBULUT¹, Alan R. WOODSIDE²*

Abstract

Deaths and injuries caused by traffic accidents around the world have almost become an epidemic and have become an unbearable social and economic burden for all countries, especially low and middle-income countries. The World Health Organization estimates that 1.35 million people die and 20 to 50 million people become disabled per year due to traffic accidents. In addition, deaths and injuries will increase by 80% over the next 20 years and are expected to rank second in the list of causes of death in the world. While the measures taken in the high-income countries in this data show a certain decrease on an annual basis, it is seen that more than 90% of deaths and injuries occur in low and middle-income countries where the registered vehicles in the world have 48%. It is seen that half of the deaths and injuries in these low-income countries (54%) are vulnerable road users such as pedestrians, bicycles and motorcycles, and those from low income, low socio-economic environment such as low-income countries remain under a much heavier burden. This situation is the result of ignoring or neglecting road users, who are priorities of the vehicles and those who are in need of genuine protection, who prioritize the movement of vehicles. Instead, it is thought that it will provide a significant contribution to the creation of a transportation infrastructure with a weak, vulnerable road users and a reduction in the number of deaths and injuries.

Keywords: Traffic Safety, Transportation Planning, Traffic Safety in Middle and Low Income Countries.

¹*Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar.*

²*Highway Engineering, University of Ulster, Shore Road, Newtownabbey, Northern Ireland.*

** Corresponding Author, e-mail: hakbulut@aku.edu.tr*

Orta ve Az Gelirli Ülkelerde Trafik Güvenliği Ve Korumasız Yol Kullanıcıları

Özet

Dünya genelinde trafik kazalarına bağlı ölüm ve yaralanmalar adeta bir salgın halini almış, önlenemez bir şekilde bütün ülkelerin, özellikle de düşük ve orta gelirli ülkeler açısından katlanılmaz bir sosyal ve ekonomik yük haline gelmiştir. Dünya Sağlık Örgütü tahminlerine göre, trafik kazalarına bağlı olarak yılda 20 ila 50 milyon insan sakat kalmakta, 1.35 milyon insan da hayatını kaybetmektedir. Buna ek olarak, gelecek 20 yılda ölüm ve yaralanmaların %80 oranında artarak dünyadaki ölüm sebepleri sıralamasında ikinci sıraya geleceği tahmin edilmektedir. Bu verilerde yer alan yüksek gelirli ülkelerde alınan tedbirlerle yıllık bazda belirli bir azalma gözlenirken, dünyadaki kayıtlı araçların %48 oranına sahip olduğu düşük ve orta gelirli ülkelerde ölüm ve yaralanmaların %90 dan fazlasının meydana geldiği görülmektedir. Gelir düzeyi düşük bu ülkelerde meydana gelen ölüm ve yaralanmaların yarısının (%54), yaya, bisiklet ve motosiklet gibi korumasız yol kullanıcıların olması, az gelirli ülkeler gibi, az gelirli, düşük sosyo-ekonomik çevreden olanların çok daha ağır bir yük altında kaldığı görülmektedir. Bu durumun daha çok araç öncelikli ve araçların hareketini önceleyen, korumasız ve asıl koruma ihtiyacı olan yol kullanıcıların dikkate alınmamasının veya ihmal edilmesinin sonucunu olarak ortaya çıkmaktadır. Bunun yerine, zayıf, korunmaya muhtaç yol kullanıcılarını kollayan bir ulaşım alt-yapısı anlayışı ile oluşturulması, meydana gelen ölüm ve yaralanmaların azaltılmasında ciddi oranda bir katkı sağlayacağı düşünölmektedir.

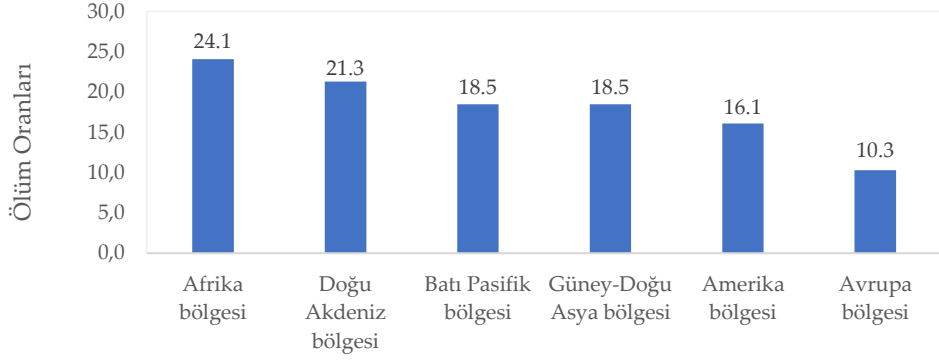
Anahtar kelimeler: Trafik Güvenliği, Ulaştırma Planlaması, Orta ve Az Gelirli Ülkelerde Trafik Güvenliği.

1. Giriş

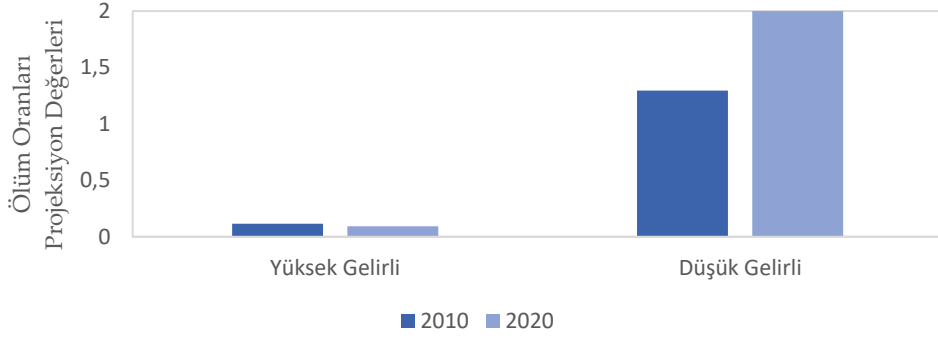
Gelişmekte olan ülkelerdeki son yıllarda meydana gelen çok hızlı artan araç sayısı ve buna paralel aynı oranda artırılmayan karayolu alt-yapısı ve eski kullanılan ulaşım araçlarının devre dışı bırakılmaması, özellikle düşük gelirli ülkelerin yol güvenliğinde çok ciddi zorluklara yüz yüze kalmaktadırlar. Dünya genelinde trafik kazalarına bağlı ölüm ve yaralanmalar adeta bir salgın halini almış, önlenemez bir şekilde bütün ülkelerde, özellikle de düşük ve orta gelirli ülkeler açısından katlanılamaz bir sosyal ve ekonomik yük haline gelmiştir. Şekil 1'de görüldüğü gibi, Dünya Sağlık Örgütü'nün tahminlerine göre, trafik kazalarına bağlı olarak yılda 20 ila 50 milyon insan sakat kalmakta, 1.3 milyon insan da hayatını kaybetmektedir. Buna ek olarak, gelecek 20 yılda ölüm ve yaralanmaların %80 oranında artarak dünyadaki ölüm sebepleri sıralamasında ikinci sıraya geleceği tahmin edilmektedir [1, 2]. Bu verilerde yer alan yüksek gelirli ülkeler aldığı tedbirlerle yıllık bazda belirli bir azalma gözlenirken, ölüm ve yaralanmaların %90 dan fazlasının meydana geldiği düşük ve orta gelirli ülkeler, dünyadaki kayıtlı araçların %48 oranında sahip olmaları dikkate alınması gereken bir eşitsizliktir [1, 3]. Şekil 2'de gösterildiği gibi, düşük ve orta gelirli ülkelerde meydana gelen kazalarda devamlı bir artış olacağı beklenirken, yüksek gelirli ülkelerde düşme olacağı tahmin edilmektedir. Düşük ve orta gelirli ülkelerin çok daha ciddi plan programlarla yol kullanıcıları ve alt-yapı konusunda sürdürülebilir bir yapı

kurmaları öncelikli konu haline getirerek farkındalığın artırılması gerekmektedir. Orta ve düşük gelirli bu ülkelerdeki meydana gelen ölüm ve yaralanmaların yarısının, yaya, bisiklet ve motosiklet gibi korumasız yol kullanıcıların olduğu görülmektedir [1, 4, 8]. Şekil 3'te görüldüğü gibi, bir milyon nüfusa düşen ölüm oranları düşük ve yüksek gelirli ülkeler arasındaki makasın çok açıldığı görülmektedir. Yüksek gelirli ülkeler, orta ve düşük gelirli ülkelere nazaran çok daha uzun süredir trafik güvenliği ve kazaların getirdiği ağır sosyal ve ekonomik faturaların önlenmesi için büyük gayretler sarf ederek daha güvenli yol, hatta sıfır ölüm ve yaralanma hedefi üzerinde çalışmaktadırlar. Genelde üç temel parametre üzerinde, alt-yapı, araç ve yol kullanıcıları üzerinde yoğunlaşarak çok ciddi gelişmeler sağlamaktalar. Araç ve alt yapı sorunlarından daha ziyade kaza nedenlerinin çok yüksek oranlarda yol kullanıcılarına, yani sürücü ve yayalara bağlı olduğu için, insan davranışını kontrol eden hatta devre dışı bırakan otonom bir yapı üzerinde çalışmaktadırlar. Yüksek gelirli ülkelerde devamlı olarak yapılan bu çalışmalara rağmen, orta ve az gelişmiş ülkelerin aynı oranda yoğunlaşamamasının çeşitli nedenleri ortaya çıkmaktadır. Bunların en başında, ekonomik kaynaklar ulaştırma alt-yapısından ziyade daha farklı alanlarda kullanılmaktadır. Refah düzeyini artırmaya çalışırken, aynı oranda artan araç sayısındaki artışa paralel, karayolu

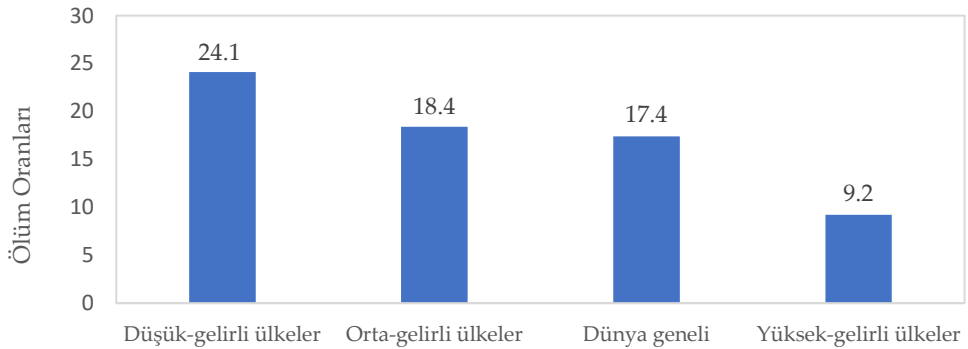
alt-yapısındaki gelişme aynı oranda sağlanamamaktadır.



Şekil 1. Dünya'da farklı bölgelerde 100 000 nüfusa düşen trafik kazalarında ölüm oranları [2]



Şekil 2. Düşük ve orta gelir düzeyindeki ülkeler ile yüksek gelir düzeyindeki ülkelerde 2010-2020 arası kaza ölüm oranları projeksiyon değerleri [2]



Şekil 3. Gelir gruplarına göre, trafik kazalarında 1 000 000 nüfusa düşen ölüm oranı [1]

Orta ve düşük gelirli ülkelerin temel modlarına rağmen çok daha ucuz olan çıkamazlarında biriside, diğer ulaşım karayolu alt yapısı ile yük ve yolcu

taşımacılığının üstesinden gelinmeye çalışılmaktadır [5, 6]. Bunun sonucu olarak, yetersiz karayolu ağı ve korumasız yol kullanıcıların kullanacağı alanların olmaması veya yetersiz oluşu, karayolu ulaşım altyapısı güvensiz bir platforma dönüşmekte ve oluşacak kazalarda korumasız yol kullanıcıların büyük oranda ölüm ve yaralanmalarına neden olmaktadır [8]. Bu durumun daha çok araç öncelikli ve araçların hareketini önceleyen, korumasız ve asıl koruma ihtiyacı olan yol kullanıcıların dikkate alınmamasının veya ihmal edilmesinin sonucunu olarak ortaya çıkmaktadır.

2. Sosyo-Ekonomik Yapı ve Trafik Kazaları

Ülkelerin sosyo-ekonomik yapısına, gelir seviyelerine göre yapılan değerlendirmelerde, düşük gelirli ülkelerin trafik kazalarındaki ölüm ve yaralanma oranları açısından yüksek gelirli ülkelere göre çok daha ağır bir yük altında kaldığı ve çok daha ağır sosyal ve ekonomik faturalar ödediği görülmektedir (Şekil.3). Bunun her ülkenin kendine özgü nedenleri olmasına rağmen, genelde dengesiz bir ulaşım modu seçimi ve ağırlıklı olarak yolcu ve yük taşımacılığının karayolu alt-yapısı ile yapılmaya çalışılması, yetersiz kaynak aktarımı nedeni ile karayolu alt-yapı ve diğer yol kullanıcıları tesislerindeki yetersizlikler öne çıkmaktadır.

Benzer şekilde, düşük ve orta gelirli ülkelerde de daha az gelirli sosyal sınıflardan gelen insanların daha üst sosyal kimlikten gelen insanlara göre çok daha ağır bir yük altında kaldığı

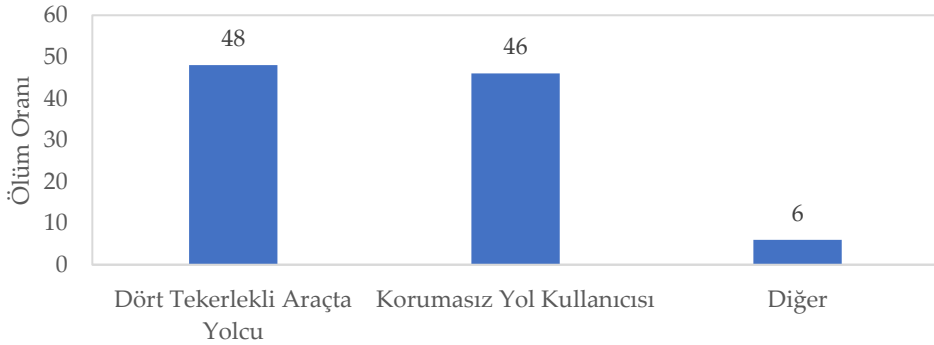
görülmektedir [8]. Bunun en temel nedenleri, düşük sosyo-ekonomik kesimde yaşayan insanların eğitim, çalışma, alışveriş vb. ihtiyaçları için daha uzun bir seyahat yapma zorunluluğu vardır. Bu alanlarda yaşayan insanların hem karayolu alt-yapısı hem de ulaşım araçları açısından daha yetersiz ve daha güvensiz bir durumdadırlar. Eğitim için seyahat etmek zorunda olan çocukların yaya olarak veya bisiklet kullanarak seyahat etmeleri oluşacak kazaların ölümcül sonuçlara neden olduğu görülmektedir. Kullanılan toplu taşıma araçları 'da hem bakımsız hem de çok dolu olarak kullanıldığı için, çok fazla ölümlü kazaya neden olmaktadır [4, 7, 8]. Daha yüksek gelirli insanların sahip olduğu daha güvenli özel araç ve toplu taşıma araçlarına erişim imkânları sınırlı olmaktadır. Özellikle 0-4 yaş arasında ölüm ve yaralanma oranı çok yüksek olmaktadır. Bunun en temel nedeni, ailelerin çocuk sayısının fazla olması ve araçlarında çocuk bağlama kitlerinin olmaması veya yetersiz olması veya iki kişilik motosiklet ile çok fazla yolcunun seyahat etmek zorunda kalmasıdır. Trafik kazalarındaki dağılım oranları, hem ülkeler arasında hem de ülkelerin sosyo-ekonomik yapılarının aynı oranda etkilenmediği, daha zayıf olanların daha fazla ölüm ve yaralanmaya maruz kaldığı görülmektedir.

3. Yetersiz Alt-yapı ve Korumasız Yol Kullanıcıları

Düşük gelirli ülkeler genelde karayolu ağırlıklı bir ulaşım alt-yapısı benimsemek zorunda kaldıkları ve dengesiz ulaşım modları ile talebin karşılanmaya çalışıldığı bilinmektedir.

Özellikle korumasız yol kullanıcılarına hizmet vermesi beklenen yaya kaldırımı, banket, yaya ve bisikletlerin kullanacağı yolların yetersizliği veya olmaması, yaya olarak, bisiklet kullanma seçeneğinden başka seyahat etme imkanı bulamayan yol kullanıcıları çok ciddi risk altında seyahat etmek zorunda kalmaktadır. Şekil.4.'te görüldüğü gibi, düşük gelirli ülkelerde korumasız yol kullanıcılarının, yaya, bisiklet ve motosiklet, toplam kaza oranındaki

payının %50 si gibi çok yüksek bir değere sahiptir [7, 8]. Bu yüksek gelirli ülkelerle kıyaslandığında oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Yüksek gelirli ülkelerin, korumasız yol kullanıcılarının daha güvenli seyahat etmesi için gerekli alt-yapı ve yaya ve bisiklet öncelikli bir anlayışla trafiğin düzenlenmesi ve sıkı denetime tabi tutulması, yaya ve bisiklet kazalarını ve ölümleri kaza oranları içerisinde çok az bir düzeye indirgemişlerdir [9].



Şekil 4. Düşük gelirli ülkelerde korumasız yol kullanıcıları ölüm oranı [1]

Neredeyse %50 ye yakın oranında meydana gelen ölüm oranlarındaki en büyük payın altyapı ile beraber, yol kullanıcılarının eğitimi ve etkin bir şekilde yapılamayan denetleme ile ilgili yetersizlikler de önemli rol oynamaktadırlar [10]. Özellikle eğitim için yeterli kaynak aktarılamaması karayolu trafiğinde kaotik bir durum ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Buna ek olarak, denetleme kurumlarına aktarılamayan insan kaynağı ve denetleme araçlarının yetersizliği de bu kaotik durumun çözümüne katkı sağlamaktan uzaktır.

4. Kazaların Önlenmesi ve Müdahale Noktaları

Bütün ülkelerin kendine özgü, sosyal ve ekonomik yapıları, buna bağlı davranış biçimleri ve siyasi karar verme süreçleri olduğu, her ülkenin sorunu özgün olduğu için çözüm önerileri de farklı olacaktır. Buna rağmen başarılı program ve çalışmalar yaparak trafik kazaları ve buna bağlı ölüm ve yaralanmaların kabul edilebilir bir seviyeye getirmeleri, hatta sıfır ölüm ve kaza oranı hedefi ile ilerlemeleri onların başarılarından öğrenilecek ve adapte edilecek yapılar vardır. Çok uzun zaman içerisinde ısrarcı bir çalışmanın sonucunda bu noktalara gelindiği dikkate alınırsa,

müdahale noktalarının çok dikkatli ve sınırlı tutulması ve belirli zamana yayılması programın başarısı açısından önemlidir. Aksi durumda program sürdürülebilir olmaktan uzak ve başarısız olması kaçınılmazdır. Örnek olarak, Türkiye'de Dünya Sağlık Örgütü'nün koordinasyonunda yapılan RS 10 projesinde emniyet kemeri kullanımı ön plana çıkarılmıştır. Kemer kullanımındaki sağlanacak başarı kazalardaki ölüm ve yaralanmaların %50 oranında azaltacağı bilinmektedir. Benzer şekilde, Rusya'da yapılan RS 10

projesinde ise alkollü araç kullanımına yoğunlaşmıştır. Benzer şekilde, etkin bir sonuç alınabilmesi için müdahale noktalarının çok iyi belirlenmesi gerekmektedir. Bunlara ek olarak, çok uzun süredir başarılı çalışmalar yürüten İsveç vb. ülkelerin "Vision zero" mottosu ile yaptığı çalışmaların, Şekil 5'de olduğu gibi, güvenli yol, güvenli araç ve güvenli yol kullanıcı hedefi ile oluşturulacak programlar ve müdahale noktaları kurulan modelin başarısını artıracaktır.



Şekil 5. Kazaların tolerans sınırlarında kalması için müdahale noktaları [2]

5. Sonuç

Gelişmiş ülkelerle kıyaslandığında, gelişmekte olan ve az gelişmiş ülkelerin trafik kazalarındaki ölüm ve yaralanma oranları, araç sayısının nispeten çok az olmasına rağmen kabul edilebilir değerlerin çok üzerindedir. Bu sadece sosyal bir sorundan çok sağlık

sisteminin ve ekonomik yapının da çok ciddi bir yük altında olduğunu göstermektedir. Genellikle araçların hareketini önceleyen, korumasız ve asıl koruma ihtiyacı olan yol kullanıcıların dikkate alınmaması veya ihmal edilmesi, düşük gelirli grupları risk altında seyahat etmek zorunda bırakmaktadır. Özellikle düşük gelir grubundaki ülkelerin ve burada yaşayan düşük

gelirli bölgelerde yaşayan insanların en korumasız olan grupların olduğu görülmektedir [1, 3, 11]. Bu tür yol kullanıcılarının bulunduğu bölgelerdeki yetersiz alt-yapı ve yol kenarı karayolu yapılarının yetersizliği ile beraber daha az gelişmiş ulaşım araçları, hayvanla çekilen, iki tekerlekli araçlar, bisiklet, motosiklet ve yaya olarak seyahat etmek zorunda kalmaları bu grubun ihtiyaçlarına yoğunlaşılması, zayıf, korunmaya muhtaç yol kullanıcılarını kollayan bir ulaşım alt-yapısı anlayışı, meydana gelen ölüm ve yaralanmaların azaltılmasında ciddi oranda bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir [10].

Orta gelirli ülkelerin içine düştüğü otomobil ağırlıklı, karayoluna bağımlı bir yapı ile ulaşım talebinin geleneksel anlayış olan “talep tahmin modeline göre kurulan ulaşım alt-yapısı” ile ulaşım talebinin karşılanmaya çalışılması sistemin kitlenmesine yol açmaktadır. Bunun yerine talebin yönetilmesi, ve multi-modal bir ulaşım alt-yapısının inşası, şehirlerin yayalaştırılması sürdürülebilir bir ulaşım modelinin kurulmasına ciddi katkı sağlayacaktır.

Düşük ve orta gelirli ülkelerin, güvensiz ulaşım altyapısına bağlı ölüm ve yaralanmaların ve ödenmek zorunda olunan sosyal ve ekonomik faturaların azaltılması için, kısa, orta ve uzun dönem plan ve programlarla ölüm ve yaralanmaların kabul edilebilir sınırlara düşürülmesi için bütün kurum ve kuruluşları ile koordinasyon içerisinde çalışılması programın başarısı için önem arz etmektedir.

Kaynaklar

- [1] WHO (2018) Global status Report on Road Safety.
- [2] WHO (2013) Global status Report on Road Safety.
- [3] Peden, M., Scurfield, R., Sleet, D., Mohan, D., Hyder, A.A., Jarawan, E., Mathers, C., 2004. World report on road traffic injury prevention, *World Health Organization*.
- [4] Vinand, M.N. And Reich, M.R., 2003. Equity dimensions of road traffic injuries in low and middle income countries. *Injury Control and Safety Promotion*. Vol. 10, pp.13-20.
- [5] Odero, W., Garner, P., Zwi, A., 1997. Road Traffic injuries in developing countries; a comprehensive review of epidemiological studies. *Tropical Medicine & International Health*, pp.445-460.
- [6] Krug, E. G., Sharma, G.K., Lozano, R., 2000. The global burden of injuries. *American Journal of Health*, pp.523-526.
- [7] Khanal, M., and Sarkar, R., 2016. Road Safety in developing countries, *Civil & Environmental Engineering*, pp.2-8.
- [8] Krug, E. G., Sharma, G. K., Lozano, R., 2000. The global burden of injuries, *American Journal of Public Health*, pp.523-526
- [9] Zhang, Y., Rong, D. and Huwu, X., 2016. Pedestrian detection for traffic safety based on Accumulate Binary Haar features and improved deep belief network algorithm, *Transportation Planning and Technology*, pp-791-800
- [10] Dumbaugh, E. and Li, W., 2010. Designing for the safety of pedestrians, cyclists, and motorists in urban environments, *Journal of the American Planning Association*, Volume 77, No 1.
- [11] Chen, G., 2010. Road traffic safety in African countries – status, trend, contributing factors, countermeasures and challenges, *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*.

Determination of Change of Soil Properties on Chip Sealed Roads by Dynamic Cone Penetration (DCP) Test

**Cahit GÜNER¹, Mustafa KARAŞAHİN²*

Abstract

One of the most widely used road pavement in Turkey is chip seals. The length of 67333 km road network in Turkey consists of 39 333 km is chip sealed road pavements. The performance of chip sealed road pavements are influenced by many factors such as sub layer conditions, design, construction, material etc. Since the surface coatings on the granular base course don't have load bearing capacities, this task is carried out by layers such as base and sub-base layers. Therefore, these layers have a great effect on chip sealed road pavement performance. In this study, DCP tests were carried out at five different chip sealed test roads and the bearing capacity changes in the base and sub base/subgrade layers were determined and compared with the route performance indices.

Key Words: Chip Seals, Performance, DCP Test, Base, Sub Base, CBR.

¹ Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar

² İstanbul Gelişim Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul

*Corresponding Author, e-mail: cgurer@aku.edu.tr

Dinamik Koni Penetrasyon (DCP) Deneyi ile Sathi Kaplamalı Güzergahlarda Zemin Özelliklerinin Değişiminin Belirlenmesi

Özet

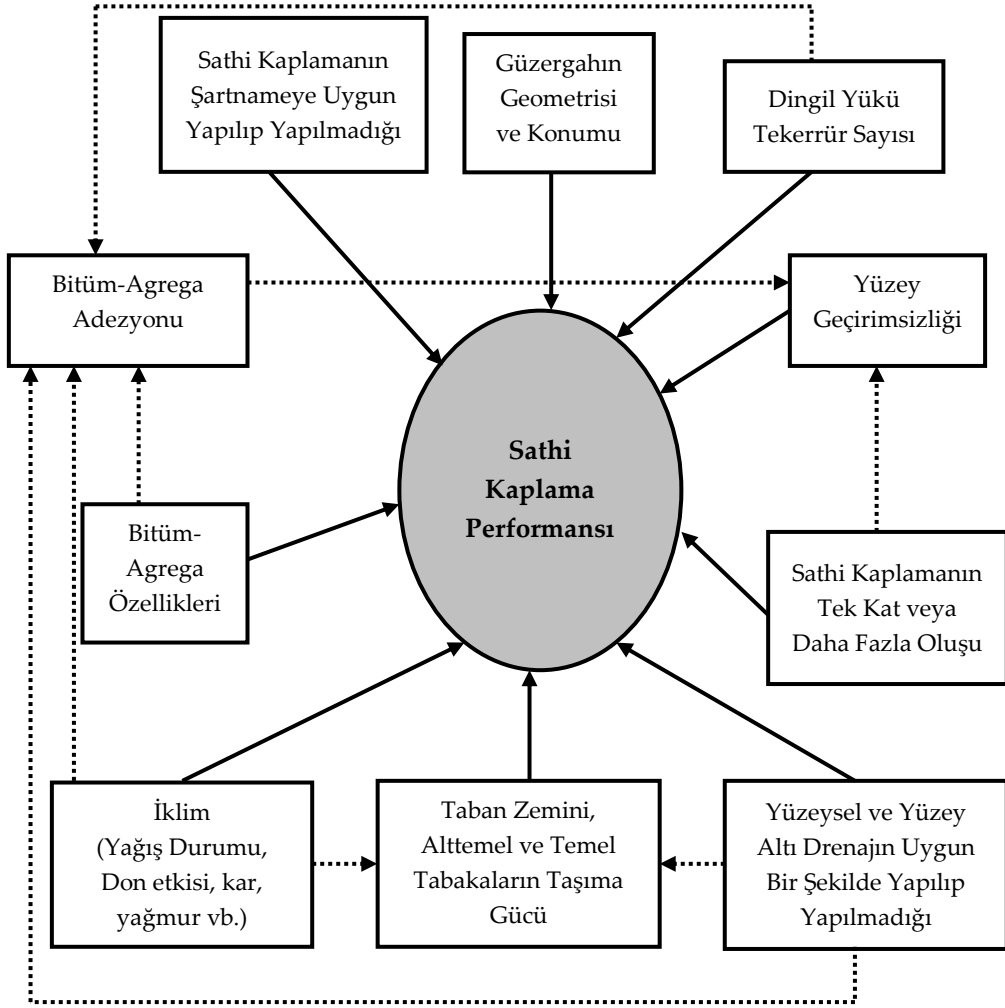
Türkiye’de en yoğun kullanılan karayolu kaplamalarının başında sathi kaplamalar gelmektedir. 67333 km uzunluğundaki Türkiye karayolu ağının 39333 km’si sathi kaplamalı yollardan oluşmaktadır. Sathi kaplamaların performansı alt tabaka koşulları, dizayn, yapım, malzeme vb gibi pek çok faktörden etkilenmektedir. Granüler temel üzerine yapılan sathi kaplamaların yük taşıma kapasiteleri olmadığı için bu görev temel ve alt temel gibi tabakalar tarafından yapılmaktadır. Dolayısı ile sathi kaplama performansı üzerinde bu tabakaların oldukça büyük etkisi bulunmaktadır. Bu çalışmada beş farklı sathi kaplamalı güzergahta belirli aralıklarla DCP (Dinamik Koni Penetrasyon) deneyleri gerçekleştirilerek sathi kaplamalı üstyapılarda temel ve alt temel tabakasındaki taşıma gücü değişimleri belirlenmiş ve güzergah performans indeksleri ile karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sathi Kaplama, Performans, DCP Deneyi, Temel, Alt Temel, CBR.

1. Giriş

Kaplamanın zamana bağlı olarak yapısal veya fonksiyonel durumunun ölçülerek tanımlanması kaplama performansı olarak nitelendirilmektedir [1]. Yol üstyapı mühendisliğinde “performans” terimi genellikle “bitmiş bir ürünün veya imalatın zaman içinde sergilediği davranış” olarak tanımlanmaktadır [11]. Prozzi’ye (2001) göre yol üstyapıları trafik yükleri ve çevrenin etkisi altında sürekli olarak bozulma eğilimindedir, dolayısıyla Prozzi bir yolun servis ömrü boyunca trafik yükleri ve çevre etkilerini arzu edilir şekilde karşılama yeteneğini performans olarak tanımlamıştır. 1950’lerin başında nicel olarak asfalt kaplama performansının ölçülmesi gerekliliği fikri oluşmuş ve Devlet Karayolları İdaresi Batı Birliği (WASHO) bir deneme yolu imalatı gerçekleştirerek kaplamalarda meydana gelen bozulmaları belirlemeye çalışmış fakat bozulmalar konusunda fikir birliğine varılamayınca bu denemeler başarılı olamamıştır. Daha 1960’lı yıllarda Birleşik Devletler, Devlet Karayolları İdaresi Birliğinde (AASHO) yol deneyleri tasarlanmış ve istatistikçiler kaplama tasarım denklemlerinin geliştirilebilmesi için performansla ilgili bazı objektif ölçümlerin gerekli olduğunun farkına varmışlardır. Buna göre performans terimi kaplamanın servis verebilirliği – zaman eğrisi altında kalan alan olarak tanımlanmıştır. Servis verebilirlik/performans fikri ilk olarak AASHO yol deneyleri ile

uygulanmıştır [2]. Subagio vd. (2005), kaplama performansını, “servis ömrü boyunca trafiğe hizmet verebilme kapasitesi” olarak tanımlamışlardır. Kaplama performansını etkileyen faktörler arasında başlangıç taşıma gücü, imalat kalitesi, ağır trafik hacmi (yüklerin büyüklüğü) ve tekrar sayısı, drenaj şartları, iklim, bakım politikaları ve uygulamaları sayılabilir. İster yapısal ister fonksiyonel performans eğrisi olsun, başlangıçta kaplama performans eğrisi oldukça stabildir. İlerleyen zamanlarda kaplama durumu hızlı bir şekilde kötüleşmeye başlar. “Kritik seviye olarak” adlandırılan bu aşamada güçlendirici bir kaplama takviye tabakası gereklidir, şayet önlem alınmadan bozulmanın kritik seviyenin daha da ötesine ilerlemesine izin verilirse bu aşamada kaplama bozulur ve yeniden yapılması gerekir [1]. Sathi kaplamalarda çeşitli nedenlerden dolayı zaman içinde görülen bozulma türleri giderek kaplama performansının azalmasına neden olmaktadır. Trafik yükleri yol üstyapılarının performansını etkileyen en büyük faktörlerden birisidir. Kaplamada oluşan hasarların tümünde bu yüklerin büyüklüğü ve toplamı en önemli etkidir [3, 4, 5]. Türkiye’de sathi kaplamaların performansına doğrudan veya dolaylı olarak etki ettiği düşünülen parametreler Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Sathi kaplama performansına doğrudan veya dolayli olarak etki ettiği düşünölen parametreler (Kardeşahin ve Gürer, 2007)

Sathi kaplamaların kaplama olarak taşıma gücü olmadığı kabul edilmektedir. Bu durumda granöler temel üzerine yapılan sathi kaplamaların performansları üzerinde temel ve alttemel gibi tabakaların taşıma güçlerinin oldukça büyük etkisi olduğu düşünölmektedir. Bu makale çalışmasında beş farklı sathi kaplama güzergahında DCP (Dinamik Koni Penetrasyon testleri) 1 yıl boyunca mevsim geçişlerinde dört kez tekrarlanmış ve yapılan görsel

performans değerlendirmesi sonucu ile zemin taşıma gücü değışimleri ile ilişkilendirilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Materyal

Çalışma deneylerin yapıldığı test yolları, deney tarihleri ve bu yollara ait YOGT trafik değeri Çizelge 1’de verilmiştir DCP deneyleri her güzergahta 3 farklı noktada ve en kritik nokta olan banket

bölgesinde yapılmıştır. Her test yolunda üç farklı mevsim ve tarih içerisinde gerçekleştirilmiştir. Güzergahlardan Finike-Demre ve Akşar-Göle test

yollarında alttemel tabakası bulunmamaktadır. Test yollarının GPR ile ölçülen ortalama temel ve alttemel kalınlıkları ise Çizelge 2’de verilmiştir.

Tablo 1. Test yollarının konumları ve ölçüm yıllarındaki trafik bilgileri

Yol Konumu	Deney Tarihleri			YOĞT	Otomobil	Hafif Ticari Taşıt	Otobüs	Kamyon	Çekici
	1	2	3						
Soma-Kırkağaç	23.12.2009	27.04.2010	22.07.2010	3820	2789	256	65	509	201
Akşehir-Argıthanı	25.12.2009	10.05.2010	26.07.2010	8916	4890	482	380	2107	1057
Kalecik-Kırıkkale	13.08.2009	23.04.2010	29.07.2010	3713	2713	235	123	531	111
Akşar-Göle	13.06.2010	06.08.2010	04.08.2010	2440	1881	197	51	278	33
Finike-Demre	14.12.2009	03.05.2010	19.07.2010	2440	1881	197	51	278	33

Tablo 2. Test yollarının temel ve alttemel kalınlıkları

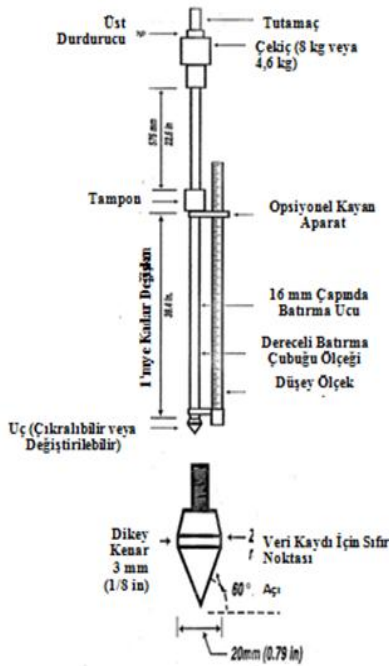
Yol Konumu	Temel Kalınlığı (cm)	Alttemel Kalınlığı (cm)
Soma-Kırkağaç	24	18
Akşehir-Argıthanı	29	28
Kalecik-Kırıkkale	27	24
Akşar-Göle	16	-
Finike-Demre	23	-

2.2 DCP Deneyi

Bu deney yöntemi, dinamik konik penetrasyon deney cihazının üzerine düşürülen 8 kg'lık ağırlık ile, sıkışmış granüler temel ve alttemel malzemelerinde ve zeminlerdeki penetrasyon oranı ölçülür. Penetrasyon oranı yerindeki temel veya alttemel malzemesinin dayanımı ile ilgilidir ve buradan yola çıkılarak zemin

tabakasının CBR (Kaliforniya Taşıma Oranları), tabaka ve üst yapının yapısal sayıları (SN) tahmin edilir.

Cihaz 60°'lik açiya sahip konik ucu olan penetrometre çubuğunun üzerine yerleştirilmiş bir örs ve bunun üzerine 575 mm yükseklikten düşen 8 kg'lık bir ağırlığa sahiptir (Şekil 2). Konik uç çapı 20 mm çubuk çapı ise 16 mm'dir.



Şekil 2. Dinamik konik penetrasyon deney cihazı (Gürer, 2010)

Okumalar genellikle 5 veya 10 kere ağırlık düşürmeden sonra yapılır, ağırlık düşürme sayısı genellikle konik ucun kaplama altındaki tabakalara batmasına bağlı olarak değişir. İyi granüler temeller için genellikle 5-10 düşürmeden sonra okumalar yapılırken daha zayıf olan alttemel ve taban zeminlerinde 1-2

düşürmede uygun okuma yapılabilir. Genellikle yumuşak zemin tabakaları için 1 düşürme yeterli olurken, normal zemin tabakaları için 5 düşürme, çok dirençli zemin tabakaları için 10 düşürme yeterli olmaktadır. Deneyde düşen ağırlık sayısına karşılık olan batma miktarı kaydedilir ve her

deney için konik penetrasyon oranı hesaplanır. Elde edilen ortalama penetrasyon oranı ile California Taşıma oranları ile Elastisite modülleri tahmin edilebilir [7]. Üstyapı dayanım sayısı (SN) ise (1) eşitliğinden hesaplanır.

$$SN = \sum_{i=2}^n A_i * T_i \quad (1)$$

Penetrasyon derinlikleri uygulamaya göre değişmekle birlikte, yolla ilgili yapılan çalışmalar için söz konusu değer 900 mm'den daha azdır. Şayet beş ağırlık düşürmesinden sonra 2 mm'den fazla deformasyon olmamışsa veya 75 mm'den daha fazla bir deformasyon meydana gelmişse deney durdurularak başka bir noktada deney tekrar edilir. Yeni deney noktası eski noktadan en az 300 mm uzakta olmalıdır.

Deneyssel çalışmalardan elde edilen verilerden yola çıkarak CBR oranlarının tahmin edilmesinde Transportation Road Research Laboratory (TRRL) tarafından geliştirilen, DCP veri analiz programı [12] kullanılarak tabakaların CBR değerlerindeki değişimler hesaplanmıştır. Yerindeki CBR'ın belirlenmesinde DCP indeks değerinden yararlanılır. DCP indeks değeri, kümülatif düşürmede her bir düşürmeye karşılık gelen penetrasyon değeridir (düşme/mm). Bu değer ile uygun korelasyon denklemi kullanılarak yerindeki CBR değeri veya kayma dayanımı hesaplanır. Örneğin CBR değerinin hesaplanması için U.S. Army Corps of Engineers tarafından (2) eşitliği önerilmiştir.

$$CBR = \frac{292}{DCP^{1,12}} \quad (2)$$

Bu denklem CBR değeri 10'dan küçük olan CL türü zeminler ve CH türü zeminler hariç olmak üzere tüm zeminlerde kullanılırlar. Bu tip zeminlerde ise U.S. Army Corps of Engineers tarafından (3) ve (4) eşitlikleri önerilmiştir.

CL Türü Zeminler, CBR < 10:

$$CBR = \frac{1}{(0,017019 \times DCP)^2} \quad (3)$$

CH Türü Zeminler,

$$CBR = \frac{1}{(0,002871 \times DCP)} \quad (4)$$

Bu çalışmada ise TRL tarafından geliştirilen (5) eşitliği kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır.

$$\log_{10}(CBR) = 2,48 - 1,057 \log_{10}(p.o.) \quad (5)$$

(p. o. : penetrasyon oranı)

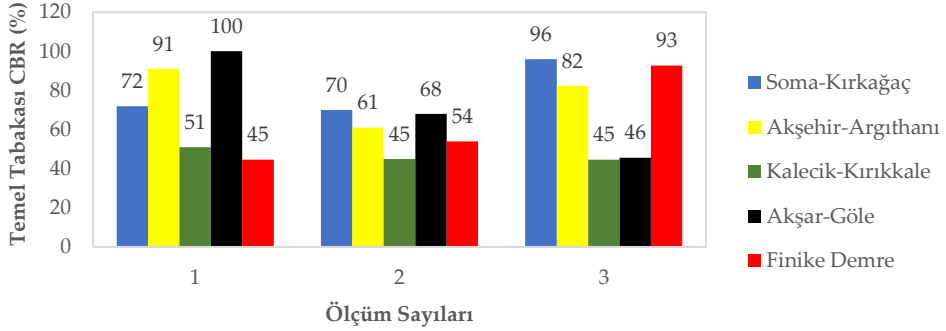
3. Bulgular

3.1 Dinamik Konik Penetrasyon (DCP) Deney Bulguları

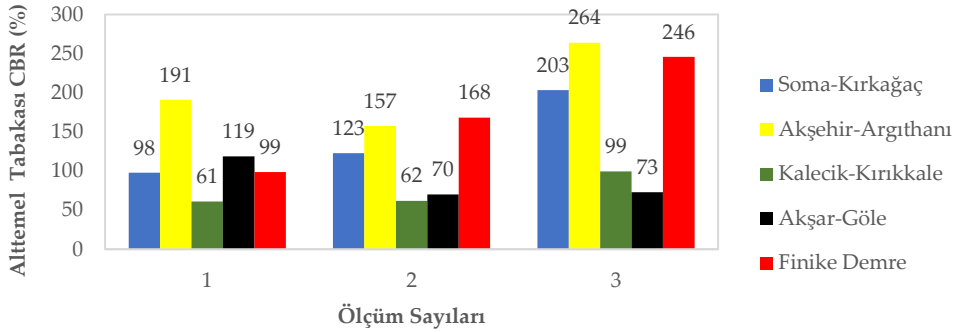
Yapılan DCP deneyi sonucunda test yollarının 1-3. Ölçümler arasında temel tabakası CBR değişimleri Şekil 3.'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yağmur yağışlarının fazla olduğu, ilkbahar mevsimine rastlayan 2. ölçüm periyodunda temel tabakası CBR değerlerinde önemli azalmalar belirlenmiştir. Üçüncü ölçümlerde bazı yollarda CBR değerlerinde azalmalar görülürken bazı yollarda yükselme görülmüştür. Finike-Demre test yolu yarma en kesitinde olup genellikle zemin kayadır. Bunun bir sonucu olarak yaz mevsiminde CBR değerleri yükselmiştir. Kış mevsiminde ise

heyelan potansiyeli olan bir zemine sahip olduğu için CBR değerlerinde önemli azalmalar görülmüştür. Akşar-Göle, Kalecik-Kırıkkale, Akşehir-

Argıthanı gibi kesimlerdeki temel tabakası CBR azalmalarının ise tabakanın taşıma gücü kaybından kaynaklandığı düşünülmektedir.



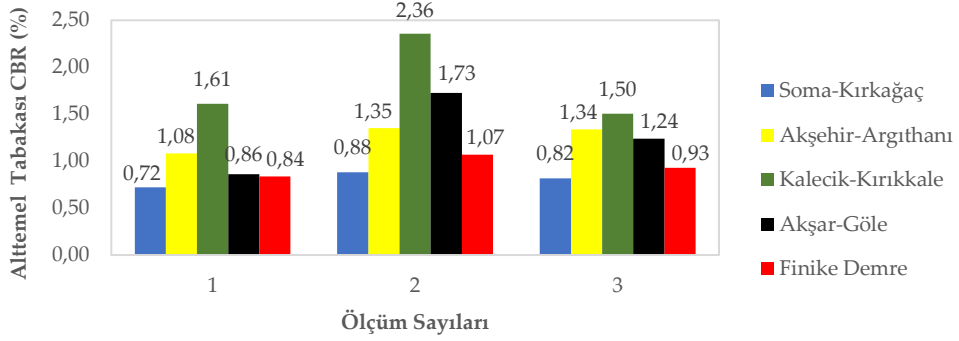
Şekil 3. Test yollarının temel tabakası CBR değişimleri



Şekil 4. Test yollarının alttemel/tabani tabakası CBR değişimleri

Tüm test kesimlerinin yapısal sayılarında kış mevsiminde ve bahar mevsiminden sonraki ölçümler olan üçüncü ölçümlerde azalmalar dikkat çekmektedir (Şekil 5). Bunun da en

önemli sebebinin yağışlar nedeniyle tabakalardaki taşıma gücü kayıplarından kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 5. Test yollarının SN değişimleri

4. Sonuçlar

Sathi kaplama gibi granüler temel üzerine yapılan ve temel ve alt temel tabakasının taşıma gücü ile performansı doğrudan ilişkili olan bu tip kaplamaların yapısal durumlarının değerlendirilmesi ve kalite kontrollerinin güvenilir bir şekilde yapılmasında DCP deneyi önemli bir göstergedir. Yerinde üstyapı performansının hızlı bir şekilde

ölçülmesinde kullanılacak bu deney diğer esnek üstyapıların performans ölçümlerinde de kullanılabilir.

Teşekkür

Yazarlar bu çalışmaya 107G081 ve 1589-D07 nolu projelerle destek olan TÜBİTAK kurumuna ve Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Koordinasyon Birimine teşekkür ederler.

Kaynaklar

- [1] O'Flaherty, E.C.A., 2002. Highways, The location, design, construction and maintenance of road pavements. Butterworth and Heinemann, Oxford, 552p.
- [2] Roberts, F., Kandhal, P., Brown, E.R., Lee, D-Y., Kennedy, T.W., 1991. Performance/Distress of HMA In: Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design And Construction. NAPA Education Foundation, Lanham, Maryland, 490 p.
- [3] Whiteoak, D., 1990. The Shell Bitumen Handbook. Shell Bitumen, pp-287-290. England.
- [4] Subagio, B.S., Cahyanto, H.T., Rachman, A., Mardiyah, S., 2005. Multi-Layer pavement structural analysis using method of equivalent thickness case study: Jakarta-Cikampek toll road. Journal of the Eastern of Transportation Studies.6, 55-65.
- [5] Neaylon, K., Spies, R., Alderson, A., 2008. The equivalent heavy vehicle concept in Australian sprayed seal design. 1st Sprayed Sealing Conferance. Adelaide Australia.
- [6] Prozzi, J.A., 2001. Modelling pavement performance by combining field and experimental data. Civil and Enviromental Engineering, University of California. 126, California, Berkeley.
- [7] ASTM E 0303-93R03. 2006. Standard Test Method for Use of The Dynamic Cone Penetrometer in Shallow Pavement Applications. American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Road and Paving Materials; Vehicle-Pavement Systems. Vol. 04.03.US.
- [8] Kardeşahin, M., Gürer, C., 2007. Sathi kaplamalar. Konya Belediyeler Birliği, 106'ncı Eğitim Semineri, Asfalt Günleri. ss. 75-116. Konya.
- [9] Gürer, C. 2010. Sathi kaplamaların performansına etki eden parametrelerin incelenmesi ve performans modeli geliştirilmesi. Doktora Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı.İsparta.379s.
- [10] Kardeşahin, M., Gürer, C., 2007. Sathi kaplamalar. Konya Belediyeler Birliği, 106'ncı Eğitim Semineri, Asfalt Günleri. ss. 75-116. Konya.
- [11] Chamberlain, W., 1995. Performance-Related Specifications for Highway Construction and Rehabilitation, NCHRP Synthesis 212, Transportation Research Board, National Research Council Washington, D.C.
- [12] Samuel P., Done S., 2005. DCP analysis and design of low volume roads by the new TRL software UK-DCP. Proceedings of the Seminar on Sustainable Access and Local Resource Solutions. PIARC, Paris, France.

The Effects of Stone Powder Additive on Concrete Parquet Stone Properties

**Gökhan Görhan¹, İsmail Demir¹, M. Serhat Başpınar², Erhan Kahraman¹*

Abstract

In this study, the properties of concrete parquet stones with stone powder are investigated. For this purpose, CEM I 42,5 R type cement, two aggregate gradations (0-4 and 6-12 mm) were used. Stone powder was used as 5% and 10% by weight of cement, and Na₂SO₄ additive was used as 1% of cement. Test samples were prepared in 6 different mixtures, one of which was a control mixture. Water / cement ratio was kept constant in all mixtures and this rate was taken as 0.3. The components were mixed in the pan mixer until they were homogenous and then shaped in a vibrating parquet machine. 12 pieces of parquet were produced from each series of mixtures and subjected to water curing for 28 days in order to gain strength. Curing on the samples applied; tensile strength, Bohme abrasion rate, water absorption, apparent porosity, unit weight and apparent density tests were performed. According to the findings, the added stone powder to the mixtures decreased the tensile strength, unit weight and apparent density values of the specimens. However, bohme abrasion rate, water absorption and porosity increased. With the addition of Na₂SO₄ and stone powder admixture, it was concluded that the tensile strength and bohme abrasion rate values were increased.

Keywords: Parquet, Cement, Stone Powder.

¹Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar

²Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar

*Corresponding Author, e-mail: ggorhan@aku.edu.tr

Beton Parke Taşı Özelliklerine Taş Unu Katkısının Etkileri

Özet

Bu çalışmada taş unu katkılı beton parke taşlarının özellikleri araştırılmıştır. Bu amaçla karışımlarda CEM I 42,5 R tipi çimento, 0-4 ve 6-12 mm'lik iki farklı agrega gradasyonu kullanılmıştır. Taş unu katkısı, çimentonun ağırlıkça % 5'i ve % 10'u oranında, Na₂SO₄ katkısı ise çimentonun % 1'i oranında kullanılmıştır. Biri kontrol karışımı olmak üzere toplam 6 farklı karışımda deney örnekleri hazırlanmıştır. Tüm karışımlarda su/çimento oranı sabit tutulmuş ve bu oran 0,3 olarak alınmıştır. Bileşenler pan mikserde homojen bir hale gelinceye kadar karıştırılmış ve ardından vibrasyonlu parke makinesinde şekillendirilmiştir. Her karışım serisinden 12 adet parke örneği üretilmiş ve dayanım kazanmaları amacıyla 28 gün su kürüne tabi tutulmuşlardır. Kür uygulanan örnekler üzerinde; yarmada çekme dayanımı, böhme aşınma oranı, su emme, görünür porozite, birim hacim ağırlık ve görünür yoğunluk deneyleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, karışımlara eklenen taş unu katkısı örneklerin yarmada çekme dayanımı, birim hacim ağırlığı ve görünür yoğunluk değerlerini düşürürken; böhme aşınması, su emme ve porozite değerlerini arttırmıştır. Na₂SO₄ ve taş unu katkısının beraber uygulandığı karışımlarda ise taş unu katkısının artmasıyla birlikte yarmada çekme dayanımı ve böhme aşınma değerlerinde artışlar belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Parke, Çimento, Taş Unu.

1. Giriş

Dayanıklı ve temiz bir yüzey oluşturabilme olanakları açısından genelde taş parke kaplama uygulamalarının avantajlı olduğu düşünülmektedir [1]. Yaya yolları, bahçe peyzajı ve park gibi alanların kaplamalarında kullanılabilen parke taşları genelde doğal taştan üretilmekte olup betondan üretilen parke taşlarından daha sağlam ve dayanıklı olması nedeniyle öncelikle tercih edilmektedir [2]. Bu tip kaplama malzemelerinin üretiminde artan talepler doğrultusunda işçiliğin uzun zaman alması ve bununla birlikte estetik kaygılar nedeniyle belirli bir işçilik isteyen düzgün boyutlu parke taşları kullanımı da artmıştır. Bu artış ile beraber üretilen doğal taş parkelerin ekonomikliği, üretimi ve kalitesinin değişkenlik göstermesinden dolayı bu malzemeye karşı beton parke taşları ön plana çıkmaya başlamıştır. Aynı zamanda doğal taş parke kaplama malzemelerinin önemli ve üstün özelliklerini taşıyabilecek prefabrike parke malzemelerinin üretilmesi adına araştırmalar başlamıştır [1, 3]. Bu araştırmalar neticesinde prefabrik beton parke malzemeleri değişik tip ve boyutlarda üretilmekte ve son yıllarda beton parke kaplama uygulamalarında kullanılmaktadır [3].

Yapılan bir çalışmada kilitli beton parke taşlarının özellikleri ve yapımı hakkında araştırmalar yapılmış olup, beton

parkelerin taleplerinin artmasının nedeni olarak bu malzemelerin kolayca temin edilebilen malzemeler olması, hammaddenin tamamen yerli kaynaklardan elde edilebilmesi ile bakım ve onarım kolaylıklarından ötürü oldukları belirtilmiştir. Bu çalışma sonucunda kilitli parke taşı malzemelerinin kent ve meydanlarda rahatlıkla kullanılabileceği ve bu uygulamaların desteklenmesi gerektiği görüşü savunulmuştur [3].

Yapılan bu çalışmada ise, beton kilitli parke taşı üretiminde filler malzeme olarak taş unu katkısının ve Na_2SO_4 katkısının parke taşı özelliklerinde meydana getirdikleri değişimler incelenmiştir.

2. Materyal and Metot

Karışımların hazırlanmasında, 0-4 mm ve 6-12 mm tane sınıflarına uygun agrega, CEM I 42.5 R tipi portland çimentosu, filler malzeme olarak kireç taşı kökenli taş unu katkısı çimentonun ağırlıkça % 5 ile % 10'u oranında ve Na_2SO_4 ise yine çimento miktarının % 1'i oranında kimyasal aktivatör olarak karışımlara eklenmiştir.

Beton parke taşları, laboratuvar ortamında vibrasyonlu parke makinesinde, TS 802 [4] beton karışım hesabına göre ve su/çimento oranı 0,3 olacak şekilde hazırlanmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Örnek grupları ve karışım oranları

Malzemeler	A	B	C	D	E	F
Agrega 0-4 mm. (kg.)	26.4	26.2	26.0	26.4	26.2	26.0
Agrega 6-12 mm. (kg)	39.6	39.3	39.0	39.6	39.3	39.0
Çimento (kg.)	10	10	10	10	10	10
Taş unu (filler) (%)	0	5	10	0	5	10
Na ₂ SO ₄ (%)	-	-	-	1	1	1
Su/Çimento Oranı	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

Hazırlanan karışımlar parke kalıbında şekillendirildikten sonra dayanım kazanmaları amacıyla su tankına yerleştirilmiş ve 28 gün boyunca su içerisinde bekletilerek kür işlemi uygulanmıştır. Kür uygulanan örnekler, fiziksel ve mekanik testler uygulanmıştır. 28 gün sonunda örneklerde yarmada çekme dayanımı, aşınma ve su emme değerleri araştırılmıştır. Yarmada çekme deneyi TS 2824 EN 1338 [5] standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

Yarmada çekme dayanımı testinde örnekler yüklemeye yapılırken, yük 0,05 MPa/sn gerilme artışı yapılarak gerçekleştirilmiştir. Kırılma alanı eşitlik (1) yardımıyla hesaplanmıştır;

$$S = l \times t \quad (1)$$

Burada;

S: Kırılma alanı (mm²)

l: Üst ve altında yapılan iki ölçmenin ortalaması olarak kırılma kesitinin uzunluğu (mm)

t: Biri ortadan, diğer ikisi kenarlardan yapılan üç ölçmenin ortalaması olarak kırılma düzlemindeki kalınlığı (mm)

Yarmada çekme dayanımı eşitlik (2) yardımıyla hesaplanmıştır;

$$T = 0.637 \times k \frac{P}{S} \quad (2)$$

Burada;

T: Yarmada çekme dayanımı, MPa

P: Kırılma yükü, N

k: Aşağıdaki eşitlikle hesaplanan parke taşı kalınlığı için düzeltme katsayısıdır.

Beton blok kalınlığı; 140 mm < t < 180 mm ise, $k = 1.3 - 30 \times \frac{0.18-t^2}{1000}$ dir.

Aşınma dayanımı TS 2824 EN 1338 [5] standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Böhme aşınma cihazında 75 devir/dakika süresince aşındırma uygulanmıştır.

Fiziksel özelliklerin belirlenmesi amacıyla her örnek grubundan, üç örnek öncelikle etüvde değişmez ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş (W₁) ve ardından bir gün süreyle kür kavuzunda bekletilmiştir. Daha sonra bu örneklerin su içinde asılı ağırlıkları (W₂) ve suya doygun yüzey kuru ağırlıkları (W₃) belirlenerek örneklerin fiziksel özellikleri aşağıda verilen formüller (eşitlik 3-6) yardımıyla belirlenmiştir.

$$Su\ Emme\ (\%) = \left(\frac{w_3 - w_1}{w_1} \right) \times 100 \quad (3)$$

$$Porozite\ (\%) = \left(\frac{w_3 - w_1}{w_3 - w_2} \right) \times 100 \quad (4)$$

$$Bulk\ Yogunluk\ \left(\frac{gr}{cm^3} \right) = \frac{w_1}{w_3 - w_2} \quad (5)$$

$$Gorunur\ Yogunluk\ \left(\frac{gr}{cm^3} \right) = \frac{w_1}{w_1 - w_2} \quad (6)$$

3. Bulgular

Örneklerden elde edilen yarmada çekme dayanımı ve böhme aşınma değerleri Tablo 2’de verilmiştir. TS 2824 EN 1338 [5] standardına göre parke taşlarının karakteristik yarmada çekme dayanımının (T), 3.6 MPa’dan daha küçük olmaması gerektiği belirtilmiştir.

Ayrıca tek deney sonuçlarından hiçbirisi 2.9 MPa’dan daha küçük olmamalı ve numune kırılma yüklerinden hiçbirisi de 250 N/mm’den daha küçük olmaması gerektiği belirtilmiş olup, deneye tabi tutulan tüm örneklerde bu istenilen şartların sağlandığı belirlenmiştir.

Tablo 2. Örneklere ait yarmada çekme dayanımı ve böhme aşınma değerleri

Örnek Grubu	A	B	C	D	E	F
Yarmada çekme dayanımı (MPa)	5.94	5.44	5.38	4.68	5.07	5.55
Böhme aşınması (mm)	19.91	21.27	24.39	21.68	24.93	28.39

Yarmada çekme dayanımı değerleri incelendiğinde, taş unu katkısı örneklerin çekme dayanımı mukavemetini azaltmıştır (B ve C örnek grubu). Bunun yanında kimyasal aktivatör olarak eklenen Na₂SO₄ ve taş unu katkısı beraber yapıldığında (E ve F örnek grubu), örneklerin çekme dayanımı mukavemetinin arttığı gözlenmiştir. %0 ve %5 taş unu katkılı örnekler içerisinde Na₂SO₄ katkısı örneklerin mukavemet değerlerini azaltmıştır. Bunun yanında %10 taş unu katkılı örneklerde bu katkının kullanılmasıyla dayanım değerlerinde artış gözlenmiştir.

arttırdığı görülmüştür. Bu örneklere Na₂SO₄ katkısının yapılmasıyla birlikte sadece taş unu katkısı bulunan örnekler ile kıyaslandığında, aşınma değerlerinde biraz daha fazla artışlar gözlenmiştir. Aşınma değerleri, örneklerin 28 günlük su kürü sonunda uygulanmıştır. Burada örnek bünyelerinde yeterli hidrasyon gelişiminin referans örneğe göre (A örnek grubu) oluşmaması ve neticede daha zayıf bir yapıda olması, aşınma değerlerinin artışında bir gerekçe olduğu düşünülmektedir.

Aşınma oranları dikkate alındığında ise yapılan katkıların aşınma miktarlarını

Böhme aşınma değerlerine göre, A karışımına ait parke örnekleri TS 2824 EN 1338 [5]’e göre 4. Sınıf (I), B ve D örnekleri 3.Sınıf (H) parke sınıfında yer almaktadır (Tablo 3).

Tablo 3. TS 2824 EN 1338 standardında verilen parke sınıfı

Sınıf	Sınıf Gösterimi	Gerekli Şartlar
		Ek G’de tarif edilen deney metodu kullanılarak ölçülen değer
1	F	Performans Ölçülmez
3	H	≤ 23 mm
4	I	≤ 20 mm

Tablo 4. Beton parke örneklerine ait bazı fiziksel özellikler

Seri Adı	Su Emme (%)	Porozite (%)	Birim H. Ağ. (gr/cm ³)	Gör. Yoğ. (gr/cm ³)
A	4.01	9.71	2.42	2.68
B	4.36	10.41	2.38	2.66
C	4.50	10.63	2.36	2.64
D	4.25	10.08	2.37	2.64
E	4.38	9.80	2.24	2.48
F	3.02	7.26	2.40	2.59

Örneklerin fiziksel özellikleri Tablo 4’de verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre taş unu katkısı parke örneklerin gözenekliliğini arttırmıştır. Örnekler içerisinde %10 taş unu katkısı bulunan C örnekleri %10,63 ile en fazla gözeneğe sahip beton parke örnekleridir. Bununla birlikte, taş unu ve Na₂SO₄ katkısının beraber yapıldığı örneklerde taş unu katkısının artması örneklerin gözenekliliğini azalttığı gözlenmiştir. Sadece taş unu katkısı bulunan örneklerin porozite ve su emme değerleri katkı oranı miktarının artmasıyla birlikte artış göstermiştir. Bünyede gözenek oranının artması birim hacim ağırlık değerlerini

azaltmaktadır. Dolayısıyla bu örneklerin yarmada çekme dayanımı değerleri katkı oranının artmasıyla birlikte azalmıştır.

Taş unu ve Na₂SO₄ katkılı örneklerin gözenek oranları sadece taş unu katkılı örnekler nazaran daha düşük seviyelerde olduğu belirlenmiştir. Bunun yanında, Na₂SO₄ katkılı örnekler içerisinde en yüksek yarmada çekme dayanımı değerine sahip olan F serisi örnekleri tüm örnek grupları içerisinde en düşük porozite (%7,26) ve su emme (%3,02) oranı değerlerine sahip olduğu gözlenmiştir.

4. Sonuçlar

Taş unu katkısı örneklerin yarmada çekme dayanımı, birim hacim ağırlığı ve görünür yoğunluk değerlerini düşürürken, böhme aşınması, su emme ve porozite değerlerini arttırmıştır. Na₂SO₄ ve taş unu katkısının beraber uygulandığı karışımlarda ise yarmada

çekme dayanımı ve böhme aşınma değerlerinde artışlar belirlenmiştir. TS 2824 EN 1338’e göre, A örnek grubuna ait parke örnekleri 4. Sınıf (I), B ve D örnekleri ise 3.Sınıf (H) parke sınıfında yer almaktadır.

Kaynaklar

- [1] Durmuş, G., Şimşek, O., 2008. Uçucu Küllerin Beton Kilitli Parke Taşı Üretiminde Kullanımının Araştırılması. *Tubav Bilim Dergisi*, Cilt 1, Sayı 1, ss.1-6.
- [2] Çelik, M. Y., 2003. Dekoratif Doğal Yapı Taşlarının Kullanım Alanları ve Çeşitleri. *Madencilik*, Cilt 42, Sayı 1, ss. 3-15.
- [3] Tunay, C., 2008. Dekoratif Kaplama Sistemlerinde Asfalt Kullanımı ve Alternatif Yöntemler ile Teknik-Ekonomik Yönden Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, S.D.Ü., Fen Bil. Ens., Isparta.
- [4] TS 802, 1985. Beton Karışım Tasarımı Hesap Esasları, TSE, Ankara.
- [5] TS 2824 EN 1338, 2005. Zemin Döşemesi için Beton Kaplama Blokları-Gerekli Şartlar ve Deney Metotları, TSE, Ankara.

Assessment of The Impact of The Ratio of The Developed Area on The Fluvial Flood Risk of Lower Wortley Beck

Pelin Sertyesilisik¹

Abstract

Population and valuable investments have been increasing day by day in basins. Thus, urban rives create a serious potential risk in the cities. This paper investigates the impacts of the percentages of the impermeable surfaces on the discharges from sub-catchments of the Lower Wortley Beck, Leeds, UK. Lower Wortley is in urbanized and ungauged part of the basin. The fluvial flood events were created by combining hydrological and hydrodynamic models for various events. Flood events were designed by using Revitalised Flood Hydrograph (ReFH) rainfall-runoff models. The impact of land use changes was examined by applying various Extent of urban and suburban cover (URBEXT) parameter of the Flood Estimation Handbook (FEH) catchment descriptor. Also, flood extents were simulated by linking Flood Modeler Suite with TUFLOW, hydrodynamic models. The outcomes of these simulations are probabilistic inundation maps with maximum water depth values. Thus, the impact of the different percentages of the impermeable surfaces of the sub-catchments on the discharge and fluvial flood risk at the downstream can be observed. These outcomes can be used to enrich the flood resilience approaches by city councils.

Keywords: Probabilistic Fluvial Flood Risk Assessment, Urban Rivers, Land Use Change, URBEXT.

¹*School of Civil Engineering, University of Leeds, LS2 9JT, Leeds, UK. & Afyon Kocatepe University, Afyon Vocational High School, 03100 Afyon, Turkey*

**Corresponding Author, e-mail: psertyesilisik@aku.edu.tr*

1. Introduction

Fluvial flood can be the most significant natural threat all over the world [1, 2, 3]. In addition, urbanization can alter the size of a flood event by increasing surface runoff and decreasing the catchment response time [4]. Thus, intense discharge at the outfall of sub-catchment can affect the downstream flood size [5]. Especially, the rivers in the developing basins can be directly influenced by the land use change in a sub-catchment [6].

The aim of this research is to investigate the influence of the percentage of the impermeable surface on the discharge and fluvial flood risk at the downstream [7]. The research focuses on the Lower Wortley, Leeds, UK. Firstly, The Environment Agency flood zone map displays that this area is in flood zone 3 where has a 1 in a 100 year or higher risk of fluvial flooding [8, 9]. Secondly, the Lower Wortley Beck are affected by discharges of the sub-catchments of the Wortley Beck which are Farnley and Farnley Wood. The discharges of sub-catchments of the Wortley are combined at the Lower Wortley. Thirdly, there is a culvert in here. The culvert can cause backwater effect in this location [8]. Lastly, the consequences of a fluvial flood event in this location can affect directly transportation links between the M621 and A6110. This area has been undergoing urbanization [10] so the consequences of flood events will be much serious also, an updated assessment of the probability of the flood events in this location is necessary to

manage the future flood risk for Wortley Beck catchment.

In this paper, the impact of the land use on the fluvial flood risk was analyzed by investigating the influence of the percentage of impermeable surfaces on the discharge from the outlet of the sub-catchment. Firstly, the impact of the land use change was analyzed by using different Extent of urban and suburban cover (URBEXT) parameter values in this research.

The impact of the extent of catchment urbanization has always been considered for assessment of the flood frequency and catchment response times [4]. Initially, an Ordnance Survey (OS) 1:50,000 scale map was used to define the urban and suburban areas in the catchment in 1975, then digital Land Cover Map of Great Britain (LCMGB) was produced by the CEH Monks Wood [4]. However, in 1990, satellite imagery was used to define urban and suburban land cover data. This data was used to derivate the URBEXT1990 values for calculations of the Flood estimation handbook [4].

Secondly, due to the Wortley Beck was an ungauged catchment therefore, the discharges of the sub-catchments of the Wortley Beck were estimated by applying an event-based flood estimation method. Guo and Adams recommended the event-based probabilistic model in 1998 [11]. Also, the event-based probabilistic models can be used to compute discharge for a specified return period in ungauged catchments [12]. These designed rainfall

events can be integrated with a loss model and inserted into a flow routing model to simulate flood events [13, 14].

As a result of this, the designed discharges were integrated with a 1D/2D hydrodynamic fluvial flood model to assess the downstream flood risk in this research. The 1D/2D hydrodynamic fluvial flood software was Flood Modeller Suite link TUFLOW in this study. In addition to the 1D river channel model, a 2D solver is necessary to simulate the fluvial flood extent. Therefore, the Environment Agency investigated a 2D solver tool to link 1D Flood Modeller Suite. Two-dimensional Unsteady FLOW (TUFLOW) was one of the 2D solvers, producing reliable flood extents [15]. The link between the Flood Modeller Suite (CH2M) and the TUFLOW (BMT WMB) tools has been classified as suitable for simulations flood extents [16-19].

2. Material and Method

This research conducted an analysis of the impact of the land use change on the downstream flood risk. Thus, the effects of the ratio of the impermeable surfaces on outflow discharge of the sub-catchment could be examined. The Revitalised Flood Hydrograph (ReFH) rainfall-runoff Model and a one-dimensional Flood Modeller Suite link two-dimensional TUFLOW hydrodynamic model were used.

The probabilistic fluvial flood risk at the Lower Wortley due to the land use change was assessed by applying these following stages, first, as result of the

Wortley Beck is urbanized and ungauged basin, to calculate inflow, Rainfall-Runoff method for the ungauged site was used. Discharges from sub-catchments into the Lower Wortley Beck were computed by using Revitalised Flood Hydrograph (ReFH) methods in Flood Modeller Suite framework [20]. Properties of the sub-catchments were found in the Flood Estimation Handbook CD-ROM 3. Second, the percentage of the impermeable surfaces in the catchment was examined by using the extent of urban and suburban land cover for a specific year (URBEXT). Putro also examined the impact of urbanization on the fluvial system by using URBEXT in 2013. URBEXT is a catchment descriptor parameter in the ReFH rainfall-runoff model of the Flood Modeller Suite. Different values of the URBEXT parameter were used to analyze the response of the sub-catchments to the urbanization by observing the change on the discharge and catchment respond time.

The Revitalised Flood Hydrograph rainfall-runoff model is a physically-based conceptual model [21, 22]. A loss model, routing model and a base flow model are the sub-models of the ReFH model. The ReFH rainfall-runoff Model can be used to generate flood events from designed rainfall by considering the concept of seasonal variation in soil moisture content [21]. Loss model is used to calculate net rainfall. The total flow of the catchment is calculated by adding the base flow [7].

Initially, to design the rainfall events, critical storm durations (D) of FB and FWB sub-catchments were calculated from Equation 1. Time to peak was calculated from equation 2. The

catchment descriptor parameters of the equations were obtained from the FEH CD-ROM 3.0 [23] by using Easting-Northing coordinates of the sub-catchments (Table 1).

The Critical Storm Duration

$$D = T_p \left(1 + \frac{SAAR}{1000}\right), \quad D = \text{the Critical Storm Duration (h)}, \quad TP = \text{Time to Peak} \quad (1)$$

Time to Peak

$$T_p = 1.563 \times PROPWET^{-1.09} \times DPLBAR^{0.60} \times (1 + URBEXT)^{-3.34} \times DPSBAR^{-0.28} \quad (2)$$

Where at Equation 1 and 2;

DPLBAR: mean drainage path length (km)

DPSBAR: Mean of all the inter-nodal slopes for the catchment (m/km)

PROPWET: index of proportion of time that soils are wet

SAAR (mm): Standard Period Average Annual Rainfall (mm)

SPRHOST: Standard Percentage Runoff (%) derived using HOST classification

URBEXT₁₉₉₀: FEH index of fractional urban extent for 1990 [24]; [22].

Table 1. Catchment descriptors of FB and FWB sub-catchments

	Area (km ²)	URBEX ₁₉₉₀	SAAR	PROPWET	DPLBAR	BFIHOST	DPSBAR
FB	29.67	0.1704	799	0.33	5.85	0.449	75.3
FWB	20.95	0.2314	731	0.32	4.87	0.359	61.7

The undeveloped area and developed area of the sub-catchments;

$$\text{Undeveloped Area} = (\text{AREA} - (\text{AREA} \times \text{URBEXT}))$$

$$\text{Developed Area} = (\text{AREA} \times \text{URBEXT}) \quad (3)$$

The calculation of the area of the developed and undeveloped land cover of the sub-catchments of the Wortley Beck was calculated by using equation 3.

ratio of the urban land cover in the sub-catchment was calculated for different scenarios [7].

In addition to these calculations, to assess the impact of the ratio of urbanization on the fluvial flood risk, the

Equation 4 was used to calculate the increase in the ratio of the developed area in the sub-catchment.

Urbanisation expansion factor (UEF) [25],

$$UEF = 0.8165 + 0.2254 TAN - 1^{\left\{\frac{YEAR-1967.5}{21.25}\right\}} \quad (4)$$

Reducing the ratio of the developed area in the sub-catchment was the one other scenario in this study [7]. The rate of the developed area of the Farnley Wood Beck basin was decreased to the

minimum rate. Kjeldsen (2009) mentioned that 30 % of a catchment could be the minimum rate of the developed area (Equation 5).

Total percentage imperviousness [26],

$$I = 30\% \text{ Urban} = 30\% \cdot 2.05 \text{ URBEXT} = 0.615 \text{ URBEXT} \quad (5)$$

Third, probabilistic fluvial flood maps with maximum water depth (m) were produced by using Flood Modeller Suite link TUFLOW. The one-dimensional hydraulic model was used to simulate the river channel system of the Lower Wortley Beck was modelled by Flood Modeller Suite (v 3.7.0) software (CH2M HILL/Halcrow (UK)). Flood Modeller Suite software uses the finite difference method to solve the De Saint Venant Equation for the calculations of the unsteady flow. Flood extents of the Lower Wortley were modelled by linking TUFLOW (v 2013-12-AD-ISP-w64) in this study [7].

TUFLOW software was generated by BMT WBM. Also, the hydrodynamic model was linked to the geographic information system (GIS) tool to produce these maps by using LiDAR data.

The data sets of the hydraulic structures and initial conditions of the Lower Wortley Beck were taken from the Environment Agency. The Digital Terrain Model (DTM) data set was supplied at 8m resolution from the Environment Agency and the UK Ordnance Survey.

3. Results and Discussion

To assess the impact of the rate of the impermeable surface in the sub-catchment on the fluvial flood risk, firstly, the ratio of the developed area in the sub-catchments were computed.

Initially, URBEXT_{1990} value of the of Farnley and Farnley Wood is 0.17 and 0.23, respectively. The impermeable surface of the Farnley and Farnley Wood is 5.06 km² and 4.8 km² respectively in the 1990 year.

For the first assessment, the ratio of the developed area in the sub-catchments was increased by calculating the Urbanization Expansion Factor for the year of 2016 (Equation 4). Thus, the rate of the urban land cover becomes greater than the year of 1990 for the sub-catchments.

The rate of the impermeable area of sub-catchments was calculated as 0.27 for the Farnley and 0.37 for Farnley Wood for the year 2016 [7].

For the second assessment, the ratio of the developed area in Farnley Wood Beck (FWB) sub-catchment was decreased to 0.15 by applying equation 5 [7]. The impermeable surface of the

Farnley Wood for the first scenario is 7.86 km² and for the second scenario is 3 km². The impermeable surface of the Farnley is 8.13 km² for the first scenario and the impermeable surface of the Farnley was not decreased for the second scenario due to the URBEXT₁₉₉₀ value of the Farnley is already very small that is 0.17.

Secondly, catchment response time (time to peak (T_P)) and storm duration (D) of Farnley and Farnley Wood were calculated to estimate discharge [7].

Initially, the catchment response time of the Farnley and Farnley Wood sub-catchments are 2.7 h and 2.2 h respectively. Also, estimated rainfall duration values of the Farnley and Farnley Wood sub-catchments are 4.8 h and 3.8 h respectively.

For the first scenario, the catchment response time of the Farnley and Farnley Wood sub-catchments were computed by using Equation 2 Time to Peak and Equation 1 The Critical Storm Duration URBEXT₂₀₁₆ values of the FB and FWB basins are 0.27 and 0.375 respectively. Catchment response time the Farnley and Farnley Wood sub-catchments are 2.0 h and 1.5 h respectively. The estimated rainfall duration values the Farnley and Farnley Wood sub-catchments are 3.6 h and 2.64 h respectively [7].

Next, Critical Storm Duration values were entered in the Flood Modeller Suite ReFH boundary framework and discharge hydrographs were designed (Figure 1).

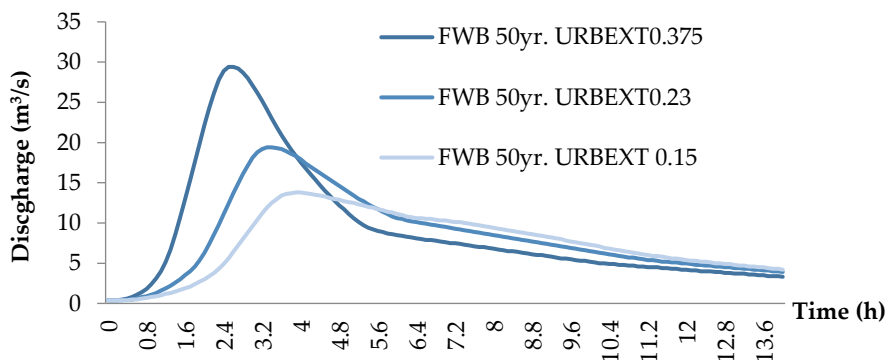


Figure 1. Discharge for a 2 % AEP on the upstream boundary

Peak values of the discharges from Farnley Wood Beck are 14 m³/s, 19m³/s, and 29m³/s respectively for a 2 % AEP flood event. This can be seen from Figure 1 that when the ratio of the impermeable surface is increased catchment response

time becomes greater but peak discharge becomes smaller [7].

Lastly, the discharges were entered into the 1D link 2D hydrodynamic model and fluvial flood extents were produced with maximum water depths (Figure 2) [7].

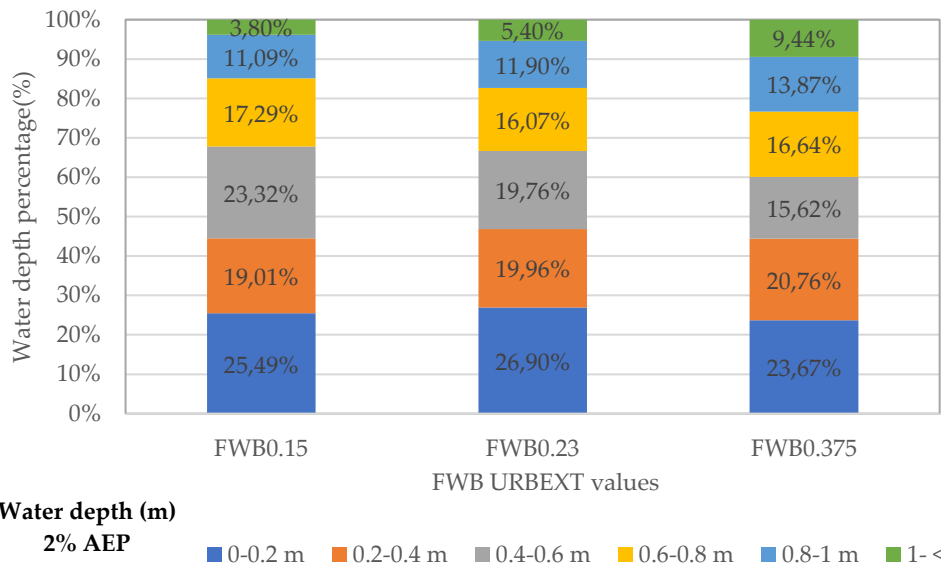


Figure 2. Water depth percentage (%)

This can be seen from Figure 2 that when the ratio of URBEXT increases, the flood depth can become greater.

The fluvial flood extent of a 2 % AEP flood event for initial conditions, which are each URBEXT values of Farnley and Farnley Wood are 0.17 and 0.23 respectively, is 0.26 km². The fluvial flood extent of a 2 % AEP flood event for the first scenario, which is the ratio of impermeable surface is increased, each URBEXT values of Farnley and Farnley Wood are 0.27 and 0.37 respectively, is 0.28 km². The fluvial flood extent of a 2 % AEP flood event for the second scenario, which is the ratio of impermeable surface of Farnley Wood is decreased and the ratio of impermeable surface of Farnley was kept the same as the value of the URBEXT of the 1990 year, each URBEXT values of Farnley

and Farnley Wood are 0.17 and 0.15 respectively, is 0.24 km²[7].

This could be said that when the ratio of URBEXT increases, the flood extent area can become greater.

The main limitation of this study is that only the ratio of the developed surface was changed. Miller et al., (2014) found similar outputs but Miller et al., (2014) stated that a simplification approach of land use change and land use properties cannot be sufficient to observe the catchment runoff [27]. Moreover, Kumar et al. (2017) and WMO and GWP (2008) added that the variety, location and amount of vegetation in the catchment are some of the important observation parameters due to the impact on the infiltration and evaporation in the catchment [28, 29].

4. Conclusion

The study assessed the impact of the ratio of the urbanized land on the catchment response, discharge, and fluvial flood risk at the downstream of the Lower Wortley. Lower Beck is an urban river channel along the developed lands with a high potential of fluvial flood risk. In addition, it is in the ungauged catchment. Therefore, discharge of the sub-catchments was calculated by using catchment descriptors to run ReFH rainfall-runoff model of the Flood modeller suite framework. The ratio of developed land was applied by using URBEXT parameter of the Flood Estimation Handbook (FEH) catchment descriptor. Then these dischargers were entered the 1D Flood Modeller suite link 2D TUFLOW hydrodynamic model. Fluvial flood extents at the downstream of the Lower Wortley Beck were produced with maximum water depth for different ratios of the developed land in the sub-catchments of the Wortley Beck.

The outputs of this study displayed that when the undeveloped area is transformed into the developed area, surface runoff on the developed basin can reach time to peak earlier and the size of the peak discharge can be greater. Also, downstream flood risk becomes greater due to the flood depth and flood extent can become greater.

In the future, this study can be extending by adding the location of the developed land, and the properties of vegetation in the rural area in the sub-catchments. Also, the results can be used to improve flood resilience approaches such a SuDS.

Acknowledgements

The UK Evironment Agency, the ordnance surey and Leeds City Council supplied the data sets of this research. This paper is a part of Pelin Sertyesilisik 's PhD research in University of Leeds 2017.

References

- [1] Field, C.B., Barros, V., Stocker, T.F., Qin, D., Dokken, D.J., Ebi, K.L., Mastrandrea, M.D., Mach, K.J., Plattner, G.K., Allen, S.K., Tignor, M., Midgley, P.M., 2012. IPCC: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation: A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press.
- [2] Jongman, B., Kreibich, H., Apel, H., Barredo, J.I., Bates, P.D., Feyen, L., Gericke, A., Neal, J., Aerts, J.C.J.H., and Ward, P.J., 2012. Comparative flood damage model assessment: towards a European approach. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci*, 12, pp. 3733-3752.
- [3] Tanoue, M., Hirabayashi, Y., Ikeuchi, H., 2016. Global-scale river flood vulnerability in the last 50 years. *Scientific reports*, 6.
- [4] Bayliss, A.C., Black, K.B., Fava-Verde, A., Kjeldsen, T. R., 2006. "URBEXT2000-A new FEH catchment descriptor. Calculation, dissemination and application.", pp. 50.
- [5] Putro, B., 2013. Links between environmental change and its impacts on river flow regime and quality in urbanising catchments (Doctoral dissertation, Royal Holloway, University of London).
- [6] Old, G., Thompson, J., Ramsbottom, D., Nottage, A., Packman, J., Thorne, C., Booker, D., Fisher, J., Durell, S., Acreman, M., 2008. Methods to Assess, Model and Map the Environmental Consequences of Flooding. Literature review. The Environment Agency.
- [7] Sertyesilisik, P., 2017. Assessing Urban Flood Risk with Probabilistic Approaches, PhD Thesis, University of Leeds, UK.
- [8] Jepps, S., 2011. Flood Modelling Study – Wortley Beck, Leeds. 42. [online]. Available from: <http://plandocs.leeds.gov.uk/WAM/doc/BackGround%20Papers420149.pdf?extension=.pdf&id=420149&location=VOLUME3&contentType=application/octet-stream&pageCount=1>.
- [9] Environment Agency, Risk of flooding from Surface Water – Wortley Beck & Farnley Reservoir- RFI no: 29864 – Date 14/07/2014 © Crown Copyright and database right 2013. Ordnance Survey licence number 100024198.
- [10] Niedda, M., Greppi, M, 2010. Watershed Runoff and River Flood Modeling in Land Use Planning. *Journal of Agricultural Engineering*.
- [11] Guo, Y., Adams, B. J., 1998. Hydrologic analysis of urban catchments with event-based probabilistic models: 1. Runoff volume. *Water Resources Research*, 34(12), pp. 3421-3431.
- [12] Faulkner, D., Wass, P., 2005. Flood estimation by continuous simulation in the Don catchment, South Yorkshire, UK. *Water and Environment Journal*, 19(2), pp.78-84.
- [13] Falter, D., Schröter, K., Dung, N.V., Vorogushyn, S., Kreibich, H., Hundedcha, Y., Apel, H., Merz, B., 2015. Spatially coherent flood risk assessment based on long-term continuous simulation with a coupled model chain. *Journal of Hydrology*, 524, p. 182-193. In R.J.

- [14] Romanowicz, R.J. and Kiczko, A., 2016. An event simulation approach to the assessment of flood level frequencies: risk maps for the Warsaw reach of the River Vistula. *Hydrological Processes*, 30(14), 2016, pp.2451-2462.
- [15] Evans, E.P., Wicks, J.M., Whitlow, C.D., Ramsbottom, D.M., 2007. The evolution of a river modelling system. In *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Water Management (Vol. 160, No. 1, pp. 3-13)*. Thomas Telford Ltd.
- [16] Liang, Q., Du, G., Hall, J.W., Borthwick, A.G., 2008. Flood inundation modeling with an adaptive quadtree grid shallow water equation solver. *Journal of Hydraulic Engineering*, 134(11), pp.1603-1610.
- [17] Delis, A.I., Kampanis, N.A., 2009. Numerical flood simulation by depth averaged free surface flow models. *Environmental Systems- Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*.
- [18] BMT WMB, TUFLOW USER Manual – Build 2010-10-AA. 2010.
- [19] Zhang, H., 2015. Urban food simulation by coupling a hydrodynamic model with a hydrological model.
- [20] Kjeldsen, T. R., 2006. The revitalised FSR/FEH rainfall-runoff method. FEH Supplementary Report No. 1, Centre for Ecology & Hydrology, Wallingford, UK.
- [21] Kjeldsen, T.R., Stewart, E.J., Packman, J.C., Folwell, S.S., Bayliss, A.C, 2005. Revitalisation of the FSR/FEH rainfall-runoff method. Final Report to DEFRA/EA, CEH, Wallingford.
- [22] Kjeldsen, T.R., 2007. The revitalised FSR/FEH rainfall-runoff method. FEH Supplementary Report No. 1, Centre for Ecology & Hydrology, Wallingford, UK.
- [23] CEH, The Flood Estimation Handbook CD-ROM 3. Centre for Ecology & Hydrology, Wallingford, oxon, UK. (2009). (15:58:20 GMT on Thu 25-Sep-2014)
- [24] Houghton-Carr, H., 1999. "Flood Estimation Handbook: Restatement and Application of the Flood Studies Report Rainfall-runoff Method."
- [25] Bayliss, A., *Catchment Descriptors: Flood Estimation Handbook*. Institute of Hydrology, 2000.
- [26] Kjeldsen, T.R., 2009. Modelling the impact of urbanisation on flood runoff volume. In *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Water Management (Vol. 162, No. 5, pp. 329-336)*. Thomas Telford Ltd.
- [27] Miller, J.D., Kim, H., Kjeldsen, T.R., Packman, J., Grebby, S., Dearden, R., 2014. "Assessing the impact of urbanization on storm runoff in a peri-urban catchment using historical change in impervious cover." *Journal of Hydrology* 515 : 59-70.
- [28] Kumar, N., Tischbein, B., Kusche, J., Beg, M.K., Bogardi, J.J., 2017. Impact of land-use change on the water resources of the Upper Kharun Catchment, Chhattisgarh, India. *Regional Environmental Change*, pp.1-13.

- [29] WMO and GWP, Urban Flood Risk Management – A Tool for Integrated Flood Management Version 1.0. APFM Technical Document No.11, Flood Management Tools Series, World Meteorological Organisation, Geneva, 2008.

Determination of Traffic Light Time at Signalized Intersections with Fuzzy Logic Method

**Hüseyin AKBULUT¹, Cahit GÜRER¹, Şule YARCI¹, Burak Enis KORKMAZ¹*

Abstract

Increased number of vehicles due to various reasons brings along with drawbacks, such as traffic congestion and consequently, carbon dioxide emissions, loss of time, fuel and energy consumption. Traffic congestion reaches its peak value in intersections. One of the basic control methods used to provide solutions to the problems occurring especially at the intersections of urbans is signal control. Signalization is one of the factors that have a significant impact on cycle length, junction capacity, vehicle delay and other indicators [15]. In order for such an important factor to be functional, it is of great importance that the right of way given to the vehicle groups in the intersections is done with the right timing. There is a tendency for adaptive methods to be used because the existing fixed-loop control systems are beginning to be inadequate in rapid urban life over time. Today, the most common use of adaptive methods is the applications made by expert systems. One of these expert systems is the Fuzzy Logic approach. In this study, the time required for the green light in an isolated junction is modeled in the case of the change in the volume of traffic and the average speed of the vehicles in the intersection way with the help of the Fuzzy Logic Toolbox of the MATLAB package programme. In this way, it is aimed that the traffic control is dynamic and compatible with the current condition.

Keywords: Fuzzy Logic, Traffic Control, Intersection, Volume of Traffic, Green Light Timing.

¹*Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar*

**Corresponding Author, e-mail: hakbulut@aku.edu.tr*

Bulanık Mantık Yöntemi ile Sinyalize Kavşaklarda Trafik Işığı Süresi Belirlenmesi

Özet

Çeşitli nedenlerle artan araç sayısı, trafik sıkışıklığını ve bunun sonucunda karbondioksit emisyonu, zaman kaybı, akaryakıt ve enerji tüketimi gibi olumsuzlukları beraberinde getirmektedir. Trafik sıkışıklığı, kesişen yol kesimlerinde zirve değerine ulaşmaktadır. Özellikle büyük kentlerin kavşaklarında meydana gelen sorunlara çözüm sunmak amacıyla kullanılan temel denetim yöntemlerinden biri sinyal kontrolüdür. Sinyalizasyon; döngü uzunluğu, kavşak kapasitesi, araç gecikmesi ve diğer göstergeler üzerinde önemli etkisi olan faktörlerden biridir [15]. Bu denli önemli bir faktörün işlevsel olabilmesi için kavşak kollarında araç gruplarına verilen geçiş hakkı doğru zamanlama ile yapılması oldukça büyük bir öneme sahiptir. Mevcut sabit süreli kontrol sistemleri zaman içerisinde hızlı kent yaşamına yetersiz gelmeye başladığından adaptif yöntemlerin kullanılmasına yönelik bir eğilim vardır. Günümüzde adaptif yöntemlerin en yaygın kullanımı, uzman sistemler aracılığı ile yapılan uygulamalardır. Bu uzman sistemlerden biri de Bulanık Mantık yaklaşımıdır. Bu çalışmada MATLAB paket programının “Fuzzy Logic (Bulanık Mantık) Araç Kutusu” yardımıyla trafik hacminin ve o kavşak kolundaki araçların ortalama hızının değişmesi durumunda, izole bir kavşakta yeşil ışık için gereken sürenin modellenmesi yapılmıştır. Bu şekilde, trafik kontrolünün dinamik ve mevcut koşula uyum sağlayabilen bir yapıda olması hedeflenmiştir.

Anahtar kelimeler: Bulanık Mantık, Trafik Kontrolü, Kavşak, Trafik Hacmi, Yeşil Işık Süresi.

1. Giriş

Günümüzde ulaştırma konusunda en önemli sorunlardan biri; özellikle büyük şehirlerde hızla artan nüfus, yaygınlaşan araç kullanımı, araç sahipliğinin artması, altyapıdaki yetersizlikler, uygun teknolojilerin kullanılmaması gibi nedenlerden kaynaklanan trafik yoğunluğudur. Bu yoğunluk, trafik kazalarını, trafik sıkışıklığını, enerji ve zaman kaybını, artan emisyonlarla insan ve çevre sağlığına olan olumsuz etkileri tetiklemektedir. Oluşan olumsuzluklar, toplumsal sağlığın bozulmasına, çevresel tahribat ve ekonomik kayıpların artmasına neden olmaktadır. Kentsel trafik taleplerindeki artış, kavşaklarda trafik akışını yönetmek için çözümcül yaklaşımları zorunlu kılmaktadır. Trafik akışının doğru bir şekilde tanımlanması, sürdürülebilir yaklaşımların geliştirilmesi ve dikkatli bir şekilde düzenlenmiş sinyal zamanlamaları trafiğin sorunsuz akışını sağlayabilir [1].

Trafik sinyali, ulaşım ağını yönetmek ve trafik akışını kontrol etmek için önemli bir elemandır. Geleneksel trafik kontrol sistemlerinde, geçişleri kontrol eden trafik ışıkları her koşula uygun olmayan sabit bir zaman diliminde değişir. Fakat bu tür sistemler genellikle normal trafik koşullarında çalışırken, alışılmadık dışı karşılaşılabilecek koşullarda yetersiz kalmaktadır. Bu gibi durumlara, olağandışı trafik koşullarına uyum sağlayabilen sinyal kontrol sistemleri çözüm sağlayabilir [2]. Trafikteki gecikmeyi; duran araçlar, çukurlar, yol bakımı, yavaş veya hızlı hareket eden araçların oranı ve trafik yoğunluğu gibi faktörler etkileyebilir. Gecikmeyi

azaltmak için trafiği yoğun olan fazda yeşil ışık süresinin uzatılması gibi önlemler alınabilir [2].

Literatür incelendiğinde, farklı sistemler üzerinde yapay zeka uygulamalarının alt disiplini olan bulanık mantık yöntemi kullanılarak modelleme çalışmalarının olduğu görülür. Trafik ışıklarının kontrolünde iki tipik yaklaşım kullanılmaktadır [16]. En basit yöntem sabit zaman yaklaşımı kullanmaktır. Yeşil süresi, kontrol cihazının yerleştirildiği trafik durumuna ilişkin yapılan çalışmalara dayanarak belirlenir. Trafik pik saatlerinde daha fazla yeşil süre, pik saatler dışında ise daha az yeşil süre ayrılır. Bu yaklaşım normal trafik koşullarında oldukça etkili olsa da trafik koşulundaki ani bir değişiklik bu yaklaşımın başarısız olmasına neden olur. Aynı zamanda bu yaklaşımda kırmızı fazda olan şeritlerde trafik koşullarını dikkate almaz. Başka bir deyişle, bu iki yaklaşımda fazların koordinasyonu yoktur. Bu nedenle, değişen trafik koşullarını dinamik olarak adapte edebilecek yaklaşımların geliştirilmesi arzu edilmektedir. Dinamik sinyal kontrolü ise hem artan kavşak kapasitesini hem de azalan gecikmeleri içeren karmaşık bir olgudur [3]. Fahmy, M.M.M. (2007), yapmış olduğu çalışmada dört kollu kavşak için bulanık mantığa dayalı adaptif trafik sinyalizasyon yöntemi sunmuş, mevcut sinyal fazının uzatılmasının veya sonlandırılmasının ve bir sonraki fazların sırasının seçilmesi sürecini bulanık mantık kullanarak belirlemeyi önermiştir. Çalışma sonunda, bulanık

mantık içeren trafik ışığı denetleyicisinin sabit zamanlı denetleyiciden, hatta araçla çalıştırılan denetleyicilerden daha iyi performans gösterdiğini ve bunun nedeninin, kavşak kollarına yaklaştığı algılanan araç sayısını sayma ve bekleme sürelerinde en yüksek önceliğe sahip yaklaşımı sağladığını ifade etmiştir [4].

Taha et al. (2012), yaptıkları çalışmada herhangi bir bulanık mantık tabanlı trafik yönetim sisteminin test edilmesi ve değerlendirilmesi için tasarlanmış bir simülasyon ortamı sunmuşlardır. Kullanıcının birden fazla şeritli trafik izole kavşak veya kavşak ağını taklit edebildiği, ayrıca girdi parametrelerini belirleyebildiği, trafik akışını kontrol eden bulanık kurallar oluşturabildiği ve çıktı parametrelerini kullanarak modelin verimliliğini izlemek amacıyla modeli simüle edebildiği bir arayüz önermişlerdir. Önerilen bulanık mantık sistemi ve sabit zaman kontrolörünün, sürekli trafik akışı olan durumlarda kullanıldığında ortalama gecikme açısından sonuçlarda çok az fark yarattığı ve zamanla değişen trafik koşullarında, önerilen bulanık mantık sisteminin sabit zaman denetleyicisinden daha üstün olduğunu belirtmişlerdir [5]. Alam et al. (2013), yaptıkları çalışmada izole edilmiş bir trafik kavşağının durumunu simüle etmek için MATLAB'da Bulanık Mantık yaklaşımı kullanmışlardır. Çalışma sonunda, simülasyon sonuçlarının, bulanık mantık denetleyicisinin daha iyi performansa sahip olduğu ve sabit zaman denetleyicisinden daha düşük maliyetli olduğunu gösterdiği bilgisine ulaşarak bulanık optimizasyonun

geleneksel tekniklerden daha esnek olduğu kanısına varmışlardır [6].

2. Materyal ve Yöntem

İnsan benzeri karar verme sürecine sahip bulanık sistemlerin kabiliyetinden yararlanıldığı bulanık denetleyicileri kullanan, esnek yapılı çalışma sistemine sahip olmasından hareketle, sinyalize bir kavşakta yeşil ışık süresini optimize etmek için Bulanık Mantık Modeli seçilmiştir [7, 8]. Bu yöntem, karmaşık olmayan işlem adımlarından oluşur ve işlemsel karışıklığı önler. Çalışmada, trafiğin özelliği dikkate alınarak trafik ışığının dinamik zamanlamasını ve MATLAB programını kullanarak bulanık yöntemle yeşil ışık süresini belirlemek amacıyla izole edilmiş bir kavşak için modellenmiştir [1]. Algoritma, kavşak sırasında araçların "ortalama hız" ve "trafik hacmi" parametrelerini kullanarak yeşil ışık için gereken süreyi hesaplama üzerine kurulmuştur.

2.1 Bulanık Mantık

Bulanık Mantık, 1965 yılında Lotfi Zadeh tarafından sunulmuş olan ve belirsizliği ele alan matematiksel bir araçtır. Hesapta yapay zeka kullanarak, bu hesapları kelimelerle ifade etme kavramını ortaya çıkarmıştır. Bilginin ayrıntıları ile ilgili bir teknik sunmaktadır. Bulanık teori, "çok", "düşük", "orta", "sıklıkla", "az" gibi sözel yapıları temsil eden bir mekanizma sağlamaktadır. Genel olarak, bulanık mantık, insanın akıl yürütme kabiliyetlerini sağlayan bir çıkarım yapısı oluşturmaktadır.

Geleneksel küme teorisi, Bulanık Teorinin aksine olayları net şekilde, “gerçekleşen” veya “gerçekleşmeyen” olarak tanımlamaktadır. Bir olayın gerçekleşip gerçekleşmeyeceğini açıklamak için olasılık teorisini kullanır ve belirli bir olayın gerçekleşmesine dair olasılığı ölçer.

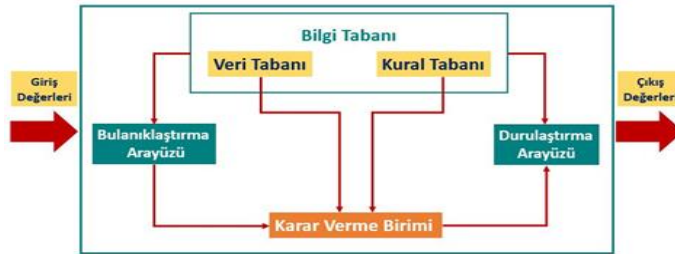
Bulanık mantık teorisi, nitel olarak derecelendirilmiş üyelik kavramına dayanmaktadır ve böylece zihinsel ve bilişsel süreçlerin işlevleri olarak sınıflandırılmaktadır.

Bulanık kümelerin en önemli özelliği, gerçek hayatta çok sık karşılaşılan belirsiz verileri modelleme yeteneğidir [9].

2.1.1 Bulanık Çıkarım Sisteminin Parametreleri

Bulanık çıkarım sistemi Şekil 1’de de gösterildiği gibi bir bulanıklaştırma arayüzü, bir kural tabanı, bir veri tabanı, bir karar verme birimi ve son olarak bir durulaştırma arayüzünden oluşur. Bunlar sisteme ait parametreler şu şekilde özetlenebilir:

- “EĞER...O HALDE...” kurallarını içeren bir kural tabanı,
- Bulanık kurallarda kullanılan bulanık kümelerin üyelik fonksiyonlarını tanımlayan bir veri tabanı,
- Kurallara göre çıkarım işlemlerini gerçekleştiren bir karar verme birimi,
- Net giriş parametrelerini sözel ifadelere dönüştüren dönüştüren bir bulanıklaştırma arayüzü,
- Çıkarımın bulanık sonuçlarını net çıktı parametrelerine dönüştüren bir durulaştırma arayüzü [9].



Şekil 1. Bulanık mantık çıkarım akış diyagramı [17]

2.1.2 Bulanık Çıkarım Yöntemleri

En önemli iki bulanık çıkarım yönteminden en sık kullanılanı Mamdani'nin bulanık çıkarım yöntemidir. Bu yöntem, Mamdani ve Assilian (1975) tarafından tanıtılmıştır. Bilinen bir başka çıkarım yöntemi, “Sugeno” diye tabir edilen Takagi-Sugeno Kang yöntemidir. Bu yöntem

Sugeno (1985) tarafından tanıtılmıştır [9].

Mamdani Tipi Bulanık Çıkarım Sistemi, özellikle karar destek uygulaması için yaygın olarak kullanılmaktadır ancak önemli bir hesaplama yükü gerektirmektedir. Öte yandan, Sugeno Tipi Bulanık Çıkarım Sistemi, metodu hesaplama açısından verimlidir ve

optimizasyon tekniklerinde iyi çalışır ve bu da kontrol problemleri açısından, özellikle dinamik lineer olmayan sistemler için çok önemlidir. Mamdani ve Sugeno yöntemleri arasındaki temel fark, net çıktı parametrelerinin bulanık girdilerden elde edilme biçiminde yatmaktadır. Mamdani yöntemi, bulanık çıktının durulaştırma tekniğini kullanırken, Sugeno yöntemi net çıktıyı hesaplamak için ağırlıklı ortalama kullanır, bu nedenle Sugeno yönteminde çıktı parametrelerinin fonksiyonları doğrusal ya da sabit ancak Mamdani yönteminin çıktı değerlerinin fonksiyonlarının da bulanık olması beklenir. Ayrıca, Sugeno metodu daha iyi işlem süresine sahiptir, çünkü ağırlıklı ortalama, zaman alan durulaştırma işleminin yerini almaktadır [10]. Yapılan çalışmada çıkış değişkeni için gereken değer, sabit bir fonksiyon olduğundan Sugeno Yöntemi kullanılmıştır.

2.1.3 Bulanıklaştırma Aşaması

Bulanıklaştırma olarak tanımlanan aşama, bulanık değişkenlerin farklı bölümleri için üyelik dereceleri oluşturmak amacıyla kullanılır. Bulanıklaştırma, bulanık sistemin davranışının nitel tanımları olan üyelik işlevleriyle temsil edilen her bulanık nicelik için sayısal bir değer atama sürecidir [11].

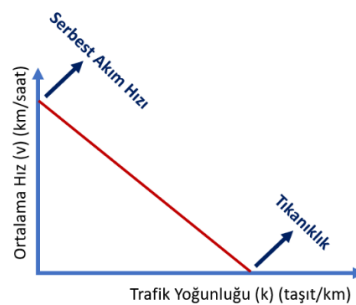
2.1.4 Durulaştırma Aşaması

Durulaştırma, bulanık kümeler ve buna karşılık gelen üyelik dereceleri verilen netlik mantığında ölçülebilir bir sonuç üretme sürecidir. Bulanık bir kümesi net

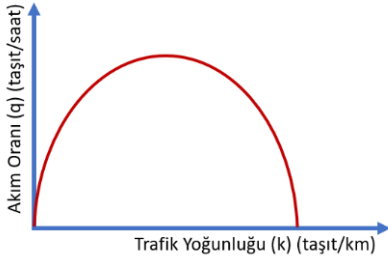
bir kümeye eşleyen süreçtir. Genellikle bulanık kontrol sistemlerinde gereklidir. Bunların bir dizi değişkeni bulanık bir sonuca dönüştüren bir dizi kuralı olacaktır, yani sonuç bulanık kümelere üyelik olarak açıklanmaktadır [12].

2.2 Kullanılan Parametreler

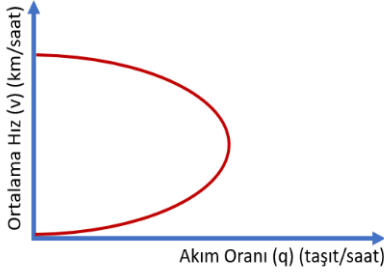
Trafik akımı; hız(v), trafiğin yoğunluğu (k) ve akım oranı (q) olarak ifade edilen üç parametreden oluşmaktadır. Akım oranı; hız ve trafik yoğunluğunun çarpımı ile bulunur. Bu parametrelerden öncelikli olanı hızın ortalama değeri olduğundan ve trafiği oluşturan her bir taşıt kendi hız karakteristiğini oluşturduğundan trafik akım değeri temsili bir hız ile ifade edilememektedir. Bu nedenle hız ifadesi, tek bir hız (v) değeri tanımlanarak sabit bir işletme hızı kullanılır. Belirli bir yol kesiminde seyahat eden taşıtların, o yolun uzunluğuna oranına "yoğunluk", belirli bir süre içinde geçen taşıtların saatlik olarak hesaplandığı değere "akım oranı" denir. Tüm bu parametreler karayolu tasarımında önem arz etmektedir.



Şekil 2. Ortalama hız ve trafik yoğunluğu grafiği [13]



Şekil 3. Akım oranı ve trafik yoğunluğu grafiği [13]



Şekil 4. Ortalama hız ve akım oranı grafiği [13]

Şekil 2’de verilen grafikte, ortalama hız ile trafik yoğunluğu arasındaki fonksiyonun doğrusal ilişkisi, trafik akımının durma düzeyine ulaşması ve serbest akımdaki hız parametreleri gösterilmektedir. Bu fonksiyon gerçek modelde doğrusal olmamasına rağmen doğrusal olarak kabul edilmektedir. Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4’te verilen grafiklerin her üçü de “kapasite” kavramı ile ilişkilendirilmektedir. Hız ve yoğunluk arasındaki ilişkiyi gösteren grafikten (Şekil 2) yola çıkılarak diğer iki grafik kolaylıkla açıklanabilir (Şekil 3, Şekil 4). Şekil 4 değerlendirildiğinde, trafik hacmi ve ortalama hız arasında oluşan ters orantı, maksimum akım oranına karşılık gelen ortalama hız değerine kadar sürmektedir. Bu değer aynı zamanda trafik kapasite değerine

vardığı noktadır. Bu noktaya yaklaşan alt ve üst değerler akımın gecikmelere eriştiği noktalardır. Tüm bu grafiklerden; trafik yoğunluğundaki ve trafik hacmindeki artış durumunun, trafiğin ortalama hızını oldukça düşürdüğü sonucu ortaya çıkmaktadır [13].

Zirve Saat Faktörü, Otoyol Kapasite El Kitabı (HCM,2000) tarafından, zirve saat faktörünü, zirve saat içindeki zirve 15 dakikalık akış hızına bölünen, günün maksimum hacim saati boyunca saatlik hacim olarak tanımlanmıştır ve bu değişken yoğun saatteki trafik talebi dalgalanmasının bir ölçüsüdür.

Başkan vd. (2017) yaptıkları çalışmada Denizli’nin belirli kavşaklarından aldıkları bazı parametreler kullanılarak kent içi yollarda hız yoğunluk kapasite ilişkisi ve kapasite kullanım oranının belirlenmesini amaçlamışlardır. Bu parametrelerin bir kısmı Tablo 1’de verilmiştir [13].

Tablo 1. Denizli’de belirli kavşaklardan alınmış veriler [13]

Kavşak Numarası	Veri Sayısı	Bölge Adı	Ortalama Hız (km/saat)	Trafik Hacmi (taşıt/saat)	Zirve Saat Faktörü (ZSF)
1	1	Eğitim (Sağ)	25,35	20	0,17
	2	Eğitim (Sol)	23	590	0,53
	3	Lise (Sol)	27,7	609	0,70
	4	Lise (Sağ)	30,7	10	0,17
2	1	Kampüs (Sağ)	32,67	98	0,36
	2	Kampüs (Sol)	38,87	377	0,57
	3	B. Yeri (Sol)	33,7	1061	0,67
	4	B. Yeri (Sağ)	31,2	73	0,27
3	1	Çınar (Sağ)	22,75	39	0,11
	2	Çınar (Sol)	29,50	71	0,34
	3	Garaj (Sol)	37,23	346	0,44
	4	Garaj (Sağ)	24,72	76	0,14

Bu makalede, Denizli’nin belirli kavşaklarından elde edilmiş veriler, yapılan uygulamada sınır değerleri olarak kullanılmıştır.

Sinyalize bir kavşağın tek bir kolu için yapılan modellemede, o kavşak kolundaki araçların ortalama hızları ve o kavşak kolundan saatte geçen taşıt sayıları kavşak sonundaki trafik ışığında ilgili araç grubuna geçiş hakkı sağlayan yeşil ışık süresi arasında bir bağıntı bulunmaktadır. Bu bağıntı, sözel

ifadelere dönüştürülerek MATLAB Paket Programında uygulanmıştır.

2.3 MATLAB Programında Modelleme

MATLAB programında yapılan modellemede oluşturulan sistemin giriş ve çıkış parametreleri girilmiş, çıkarım yöntemi belirlenmiştir (Şekil 5). “Ortalama Hız”, “Trafik Hacmi” ve “Yeşil Işık Süresi” parametrelerine ait üyelik fonksiyonları ve üyelik dereceleri Tablo 2’de düzenlendiği şekilde belirlenmiştir (Şekil 6, Şekil 7, Şekil 8).

Tablo 2. Modellemede kullanılan değişkenler ve özellikleri

Değişken Adı	Üyelik Dereceleri	
Ortalama Hız (km/saat)	(yavaş) y	[0,40]
	(orta) o	[30,60]
	(hızlı) h	[50,90]
Trafik Hacmi (taşıt/saat)	(düşük) d	[0,400]
	(orta) o	[100,500]
	(yüksek) y	[600,1400]
Yeşil Işık Süresi (saniye)	24, 48, 72, 96, 120	

Girilen fonksiyonlar için 9 adet kuraldan oluşan bir kural tablosu oluşturulmuştur. Kurallara ait matris Tablo 3'te verilmiştir.

Kural oluşturulurken "EĞER...O HALDE..." yapısı kullanılmıştır (Şekil 9). Örneğin;

"EĞER **orthiz** (ortalama hız değeri) "y (yavaş)" ve **trafik hacmi** (saatte geçen

araç sayısı) "d (düşük)" ise, O HALDE **yis** (yeşil ışık süresi) "48 (saniye)" olarak belirlensin."

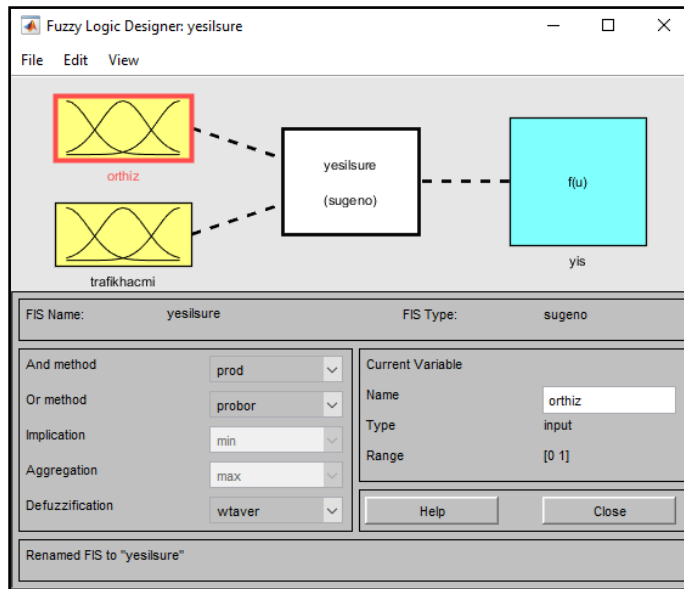
"EĞER **orthiz** (ortalama hız değeri) "o (orta)" ve **trafik hacmi** (saatte geçen araç sayısı) "o (orta)" ise, O HALDE **yis** (yeşil ışık süresi) "72 (saniye)" olarak belirlensin."

Tablo 3. Oluşturulan kuralların ilişki matrisi

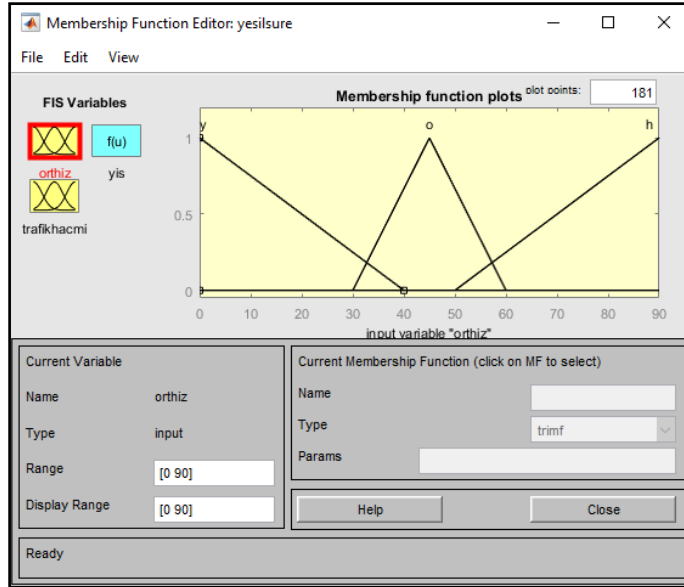
	Trafik Hacmi (taşıt/saat)			
	düşük	orta	yüksek	
Ortalama Hız (km/saat)	yavaş	48 s	72 s	120 s
	orta	48 s	72 s	96 s
	hızlı	24 s	72 s	120 s

Oluşturulan kurallar, kural görüntüleyici ile ekrana getirildiğinde giriş parametreleri değiştirilerek çıkış parametresinin sonuçları

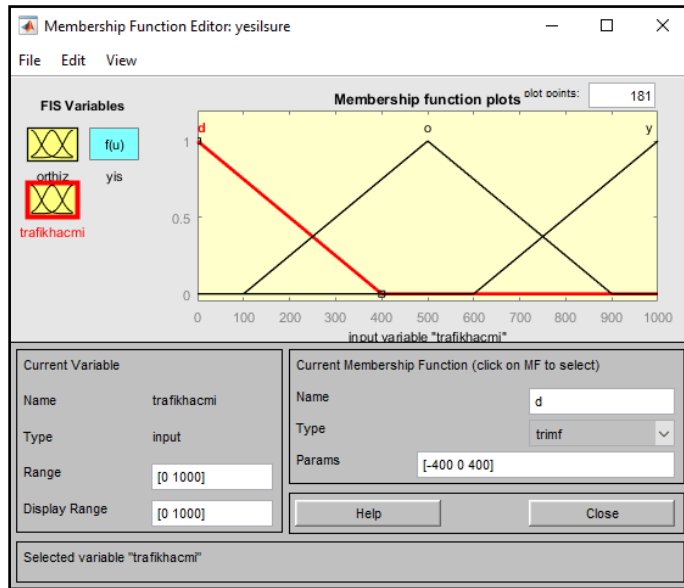
toplanabilmektedir (Şekil 10). Ayrıca bu kuralların birbiri ile olan ilişkilerinin 3 boyutlu yüzeysel bir grafiği de Şekil 11'deki gibi görüntülenebilmektedir.



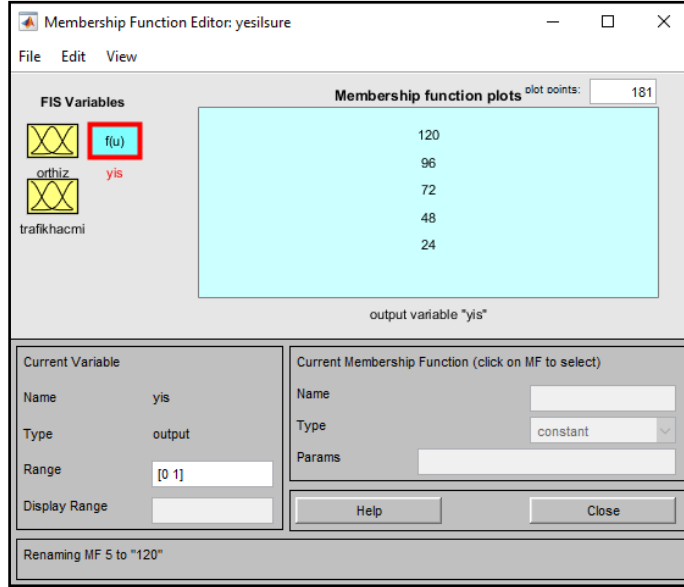
Şekil 5. Bulanık mantık modelleme ara yüzü



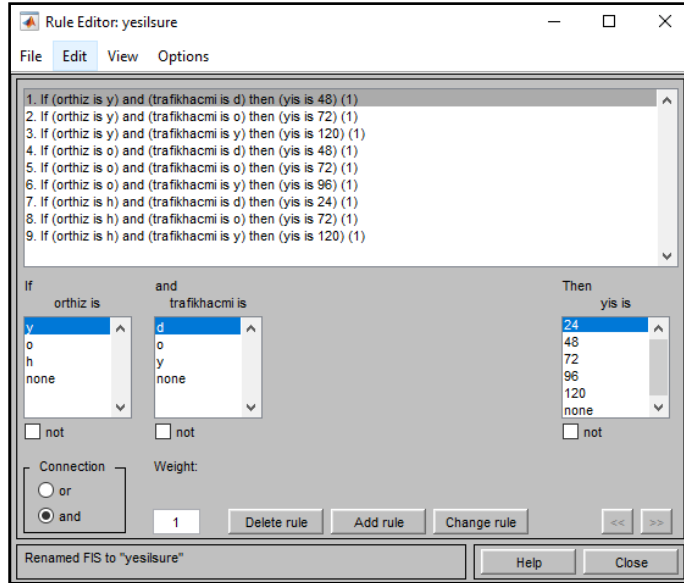
Şekil 6. Ortalama hız giriş parametresi üyelik fonksiyonu



Şekil 7. Trafik hacmi giriş parametresi üyelik fonksiyonu

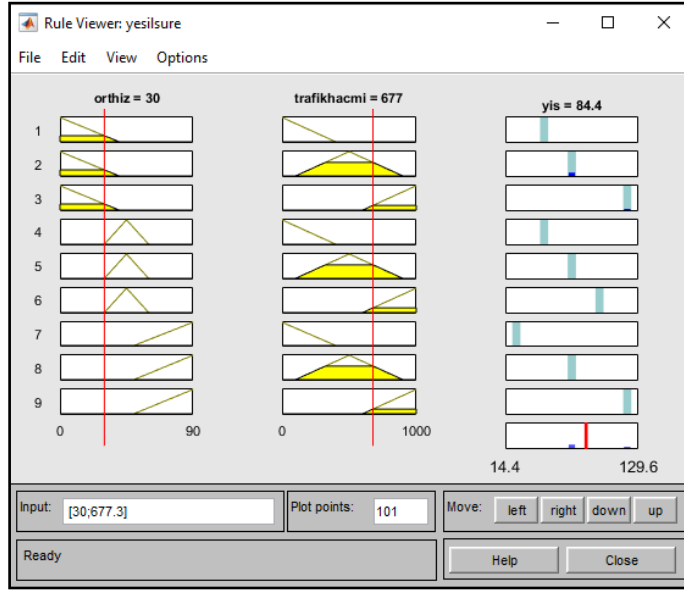


Şekil 8. Yeşil ışık süresi çıktı parametresi fonksiyonu

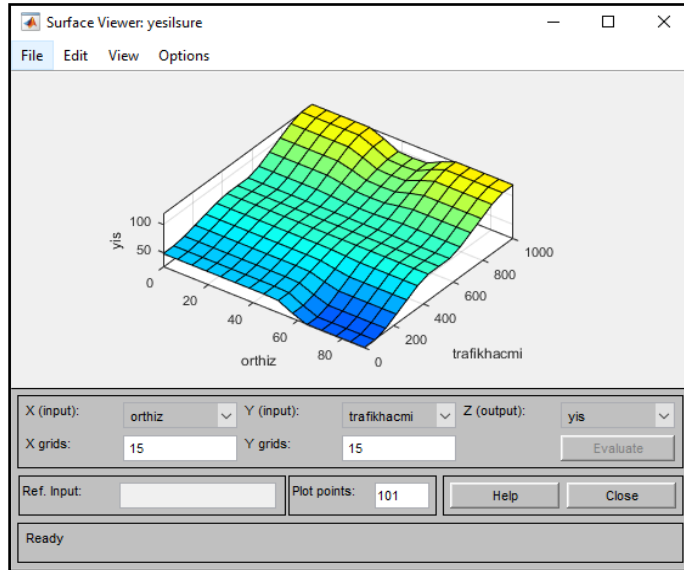


Şekil 9. Giriş ve çıkış parametreleri ile oluşturulan kural tablosu

3. Bulgular



Şekil 10. Giriş ve çıkış parametreleri ile oluşturulan kural görüntüleyici



Şekil 11. Oluşturulan kuralların 3 boyutlu yüzeysel grafiği

Yapılan uygulama sonucunda genel model üzerindeki kural görüntüleyicide “ortalama hız” ve “trafik hacmi” verileri girildiğinde elde edilen yeşil ışık süreleri Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4. Verilere bağlı yeşil ışık süresi

Kavşak No	Veri Sayısı	Bölge Adı	Ortalama Hız (km/saat)	Trafik Hacmi (taşıt/saat)	Zirve Saat Faktörü (ZSF)	Yeşil Işık Süresi (saniye)
1	1	Eğitim (Sağ)	25,35	20	0,17	48
	2	Eğitim (Sol)	23	590	0,53	72
	3	Lise (Sol)	27,7	609	0,70	73,4
	4	Lise (Sağ)	30,7	10	0,17	48
2	1	Kampüs (Sağ)	32,67	98	0,36	48
	2	Kampüs (Sol)	38,87	377	0,57	70,2
	3	B. Yeri (Sol)	33,7	1061	0,67	105
	4	B. Yeri (Sağ)	31,2	73	0,27	48
3	1	Çınar (Sağ)	22,75	39	0,11	48
	2	Çınar (Sol)	29,50	71	0,34	48
	3	Garaj (Sol)	37,23	346	0,44	67,7
	4	Garaj (Sağ)	24,72	76	0,14	48

4. Sonuç ve Öneriler

MATLAB Bulanık Mantık Araç Kutusu ile modellenmiş uygulamada değerlendirildiğinde, çıktı değişkeni olan yeşil ışık süresi (saniye) elde edilmiştir.

Uygulama sonunda şu sonuçlara ulaşılmıştır:

- Kavşak kolunu kullanan araçların ortalama hızları ve aynı kavşak kolundan 1 saatlik zaman dilimi içerisinde geçen araç sayısı ile elde edilen yeşil ışık süresine dair sonuçlar, kavşak kolunda geçiş önceliği gerektiren durumlara uyum sağlayan bir yapı oluşturulabileceğini göstermiştir.
- Yapılan değerlendirmede Zirve Saat Faktörü (ZSF) ile yeşil ışık süresi arasında bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir. Bu şekilde gerçek

bir sinyalizasyon kavşağına yerleştirilecek sistemler yardımıyla yeşil ışık süresi, geçiş önceliği sağlayarak trafikteki sıkışıklığın ve dalgalanmaların önüne geçerken aynı zamanda trafikte kavşak analizi için gereken veriler için de kolaylık sağlayabilir.

Konuyla ilgili yapılacak çalışmalarda:

- ✓ Benzer bir uygulama, kavşağına yaklaşan dört kol için de ayrı ayrı yapılarak daha hassas sonuçlara ulaşılabileceği belirtilebilir.
- ✓ Uygulama esnasında kullanılan Sugeno ve Mamdani çıkarım yöntemleri ayrı ayrı uygulanarak sonuçlar karşılaştırılabilir.
- ✓ Gerçek bir kavşakta sensörler yardımıyla alınacak veriler ile trafik ışıklarının kontrolünü bulanık

mantık ile yapabilen bir sistem geliştirilerek pilot bir uygulama yapılabilir.

✓ Daha çok giriş parametresi kullanılarak, o parametrelerin her birinin yeşil ışık süresine etki etme ağırlığı değerlendirilebilir.

Kaynaklar

- [1] Kooykhi, E., Ekbatanifard, G., 2018. An Optimal Dynamic Control Method For An Isolated Intersection Using Fuzzy Systems. *Iranian Journal of Optimization*. 10.2 :151-164.
- [2] Nair, M., Cai, J., 2007. A Fuzzy Logic Controller For Isolated Signalized Intersection With Traffic Abnormality Considered. *IEEE intelligent vehicles symposium*. p. 1229-1233.
- [3] Murat, Y. S., Gedizlioglu, E., 2005. A Fuzzy Logic Multi-Phased Signal Control Model For Isolated Junctions. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 13(1),19-36.
- [4] Fahmy, M. M. M., 2007. An Adaptive Traffic Signaling For Roundabout With Four Approach Intersections Based On Fuzzy Logic. *Journal of computing and information technology*. 15(1) 33-45.
- [5] Alam, J., Pandey, M. K., and Ahmed, H., 2013. Intellegent Traffic Light Control System For Isolated Intersection Using Fuzzy Logic. *Proceedings of the Conference on Advances in Communication and Control Systems*, Atlantis Press.
- [6] Taha, M.A., Ibrahim, L., 2012. Traffic Simulation System Based On Fuzzy Logic. *Procedia Computer Science* 12: 356-360.
- [7] Pappis, P. and Mamdani, E.H., 1977. A Fuzzy Logic Controller For A Traffic Junction, *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 707-717.
- [8] Niittymäki, J., Pursula, M., 1997. Saturation Flows At Signal-Group-Controlled Traffic Signals. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1572, 24-32.
- [9] Sivanandam, S.N., Sumathi, S., Deepa, S.N., 2007. Introduction To Fuzzy Logic Using MATLAB. Vol. 1. Berlin: Springer.
- [10] Blej, M., Azizi, M., 2016. Comparison Of Mamdani-Type And Sugeno-Type Fuzzy Inference Systems For Fuzzy Real Time Scheduling, *International Journal of Applied Engineering Research*, 11(22) 11071-11075.
- [11] Prontri, S., Wuttidittachotti, P., Thajchayapong, S., 2015. Traffic Signal Control Using Fuzzy Logic, *12th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON) IEEE*, pp.1-6.
- [12] Wikipedia, (<http://www.wikizeroo.net/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEuY2F0aW9u>), Erişim Tarihi: 09.03.2019
- [13] Başkan, Ö., Ceylan, H., Haldenbilen, S., Ceylan, H., 2007. Kentiçi yollarda hız yoğunluk kapasite ilişkisi ve kapasite kullanım oranının belirlenmesi, *5. Kentsel Altyapı Ulusal Sempozyumu*, 147-158.
- [14] Highway Capacity Manuel, 2000, 5-11.
- [15] Ma, X., Chen, H., Zhao, D., Yang, S., Song, Z., 2017. Optimization Method of Cycle Time In Signalized Intersection. *17th COTA International Conference of Transportation*.

- [16] Wey, W. M., Jayakrishnan, R., McNally, M.G., 1995. A Local Feedback Controller For Oversaturated Intersection Control Based On Dynamic Road Traffic Models. *Vehicle Navigation and Information Systems Conference Proceedings. 6th International VNIS*. pp. 172-178
- [17] Ajao, L.A., Ajao, F. J., Adegboye, M.A., Ismail, A.A., 2018. An Embedded Fuzzy Logic Based Application For Density Traffic Control System. *International Journal of Artificial Intelligence Research* 2.1: 6-13.

JOURNAL OF INNOVATIONS IN CIVIL ENGINEERING AND TECHNOLOGY

Afyon Kocetepe Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü

ANS Kampüsü
Afyonkarahisar/Türkiye