

Hız Tümseklerinin Araç ve Sürücüler/Yolcular Üzerindeki Etkilerinin Simülasyon Yöntemi ile Araştırılması

Turan ARSLAN^{1,*}, Mohammad Mahdi HOSSAİNY²

¹ Doç. Dr. Bursa Uludağ Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 16059, Nilüfer, Bursa, Türkiye

² Yüksek Lisans Öğrencisi, Bursa Uludağ Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 16059, Nilüfer, Bursa, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0003-1313-3091>

²<https://orcid.org/0000-0002-2900-6743>

*Sorumlu yazar: arsltur@gmail.com

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 5 Aralık 2019

Kabul tarihi: 25 Mart 2020

Online Yayınlanma: 15 Haziran 2020

Anahtar Kelimeler:

Hız tümsekleri

Trafik sakinleştirme

Trafik güvenliği

ÖZET

Trafik sakinleştirme için en fazla tercih edilen yöntemlerin başında hız tümsekleri uygulaması gelmektedir. Dolayısıyla hız tümseği uygulamalarının mevcut standartlara uyumluluğu, belirlenen hız azaltma hedefine ulaştırıp ulaştırmadığı ve araç/yolcu üzerindeki etkilerinin belirlenmesi gibi hususların araştırılması önem taşımaktadır. Çalışma kapsamında Bursa Nilüfer bölgesinde bulunan Uludağ Üniversitesinde yaygın olarak kullanılan hız tümsekleri örnek alınarak, bunların Türkiye standardına (TS 6283) uygunluğu kontrol edilecek ve sürücü/yolcu üzerindeki etkileri konfor açısından değerlendirilecektir. Çalışma üç aşama olarak düşünülmektedir. Simülasyon yöntemi ile tümsek ve araçların modellenerek değişik hız ve tipteki araç tiplerinde meydana gelen titreşimlerin yatay/düşey ivmeler cinsinden belirlenerek sürücü/yolcu açısından konfor seviyelerinin ISO 2631 standardına göre uygunluğu çalışmanın ilk aşamasını oluşturmaktadır (çalışmada bu ilk aşama anlatılmıştır). İkinci aşaması ise arazide gözlemlenen araçların geçiş hızlarına göre sürücülerin hissettikleri subjektif konfor seviyelerinin anket yoluyla belirlenmesini hedeflemektedir. İkinci aşamada gözlem ve anket yoluyla elde edilen subjektif konfor seviyeleri ile bu hızlara göre simülasyondan elde edilen teorik konfor seviyeleri arasındaki ilişkinin istatistiksel olarak değerlendirilmesi çalışmanın son aşamasını oluşturacaktır. Bulunan bulgular doğrultusunda trafik sakinleştirmede uygulanan hız tümseklerinin etkinliği değerlendirilecek ve öneriler geliştirilecektir.

Investigating Speed Hump Effects on Drivers Using Simulation Techniques

Research Article

Article History:

Received: 5 December 2019

Accepted: 25 March 2020

Published online: 15 June 2020

Keywords:

Speed humps

Traffic calming

Traffic safety

ABSTRACT

Speed humps are one of the most preferred methods for achieving traffic calming. Therefore, it is important to investigate whether speed hump applications are in compliance with the current standards, whether they achieve the specified speed reduction target or not, and their effects on the vehicle and drivers/passengers. Speed humps used in Bursa Uludağ University campus are examined in this study for evaluating the speed humps' conformity to the standards (TS 6283) and for their effectiveness on drivers in terms of comfort. The study consists of three stages. In the first stage speed humps' comfort levels are determined according to the ISO 2631 by assessing the vibrations occurred due to the horizontal/vertical accelerations as vehicles passing over the humps with varying speeds via simulation model (only this stage is explained in this paper). In the second stage, the subjective comfort levels felt by the drivers considering the speeds of the vehicles are determined by observations and survey in the field. In the third stage, some statistical analysis will be conducted to reveal the relationship between subjective comfort levels obtained by the survey and theoretical comfort levels obtained by simulations with the observed speeds. In line with the findings, the

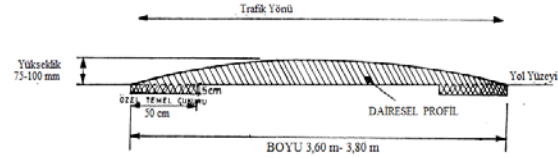
To Cite: Arslan T., Hossainy MM. Hız Tümseklerinin Araç ve Sürücüler/Yolcular Üzerindeki Etkilerinin Simülasyon Yöntemi ile Araştırılması. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2020; 3(1): 11-16.

1. Giriş

Şehirlerin gelişmesine paralel olarak motorlu taşıt kullanımındaki artış kentlerde ciddi trafik problemlerinin en temel kaynağını oluşturmaktadır. Araç kullanımı arttıkça yayalara ve motorsuz taşıtlara hizmet veren sokaklarda ve yollarda trafik güvenliği önemli bir problem olarak ortaya çıkmıştır. Özellikle kamusal sosyalleşme mekânları olarak görülen bu yollar gün geçtikçe işlevini kaybederek yerini motorlu araç trafiğine bırakmıştır. Öyle ki, bu kesimlerde yayalar sosyal aktivitelere erişmekte zorlanırken, yaralanma veya ölümlü kazalar gibi ciddi trafik güvenliği sorunlarıyla da karşı karşıya kalmaktadır. Bu nedenle, gelişmiş ülkelerde ve ülkemizde bu sorunların önüne geçebilmek için birçok önlemler alınmaktadır. Bu önlemler arasında en tercih edileni, çeşitli fiziksel değişikliklerin yollarda uygulanarak araçların akışının denetlenmesidir. Böylelikle araç hızları kontrol altına alınarak diğer yol kullanıcıları açısından daha güvenli ve kullanışlı bir ortam oluşturulması hedeflenmektedir. Bazen kullanımı bazı kesimlerce eleştirilse de bu yöntemlerden dünyada en çok tercih edileni hız tümsekleridir.

Hız tümsekleri, yolun platform genişliği boyunca belirli bir uzunluk, genişlik ve yükseklikte fiziksel bir engel olarak uygulanmaktadır [1]. Sürücüler tümseklerin üzerinden geçerken maruz kaldıkları titreşim etkilerini en aza indirmek için doğal olarak araçlarının hızlarını düşürürler. Taşıtların hızları düşünce hem yolun güvenliği sağlanmış olur hem de araç ve yolcuları rahatsız edici sarsılmalar ve titreşimlerden kurtulmuş olunur. Ülkemizde hız tümsekleri TS 6283 “Yol sathı hız kontrol elemanları-Tümsekler (kasisler)” şartnamesine göre tasarlanmaktadır [2]. Tipik bir hız tümseği Şekil 1’de gösterilmiştir.

Watts [3], tümseklerden farklı geçiş hızları ile ilgili bir dizi testler yapmıştır. Testler sonucunda, yerleşim bölgelerinde hız tümseğinin 10 cm yüksekliğinde ve 3,7 m genişliğinde tasarlanması halinde en uygun sonuçlar alınabileceğini belirtmiştir. Watts [3]’ün bu araştırmasının sonucunda 1970’ten itibaren dünya çapında hız tümseğinin kullanılması yaygın bir biçimde önemsenmeye başlanmıştır [4].



Şekil 1. TS 6283 standardına göre tipik bir hız tümseği [2]

Bununla birlikte hız tümseklerinin kullanımlarıyla ilgili değişik endişeler de ortaya çıkmıştır. Özellikle acil durum araçlarına etkileri, tümseklerin yol bakım işlemleri üzerindeki negatif etkileri ve uygun şekilde tasarlanmadıkça yarattığı gürültü kirliliği ve araç/sürücü/yolcu üzerinde titreşimlerin oluşturduğu istenmeyen sorunlar dile getirilmeye başlanmıştır. Bu nedenle araçların hızları hedeflenen değerlere düştüğünde, sürücülerin/yolcuların hissettiği rahatsızlığın kabul edilebilir seviyede olması önemlidir. Ayrıca, araçların hasar görmemesi ve yol güvenliğinin de en üst seviyede olması gibi hedefler de dikkate alınmaya başlamıştır [5].

Hız tümseklerine yönelik; geometrik özellikleri, etkinliği, hızın etkisi, optimum tasarım boyutları vb. üzerine çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Özellikle bu araştırmalar 1980’li yılların ortasından başlayıp bugüne kadar devam etmektedir. Bu araştırmaların çoğu ABD, Kanada, Avrupa ülkeleri ve Avustralya gibi ülkelerde yapılmıştır [6].

Bu çalışmada TS 6283 standardında [2] tanımlanan hız tümseği profilleri değişik araç tiplerine ve farklı hızlara göre simülasyon yöntemiyle analiz edilerek, tümseklerin sürücü/yolcu üzerindeki etkileri konfor açısından değerlendirilecektir. İlk olarak ilgili standartta belirtilen özelliklere uygun olacak şekilde hız tümsekleri MSC Adams/Car simülasyon yazılımında tanımlanmıştır [7]. Ardından yazılımda bulunan hazır araç modelleri özellikleri (taşıt ağırlığı, amortisör sönüm oranı ve yay katsayısı) gerçek araç özellikleri değerlerine uygun olacak şekilde değiştirilerek farklı hızlarda tümsekten geçişleri sağlanmıştır. Böylelikle geçiş sırasında meydana çıkacak titreşimler ivme

cinsinden kaydedilmiştir. Bu ivmelerin sürücü/yolcu üzerinde etkileri ise ISO 2631 [8] standardında verilen RMS (root mean square) yöntemine göre dönüştürülerek konfor seviyeleri belirlenmiştir.

2. Materyal ve Metot

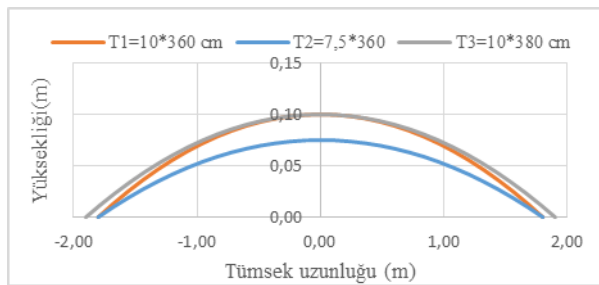
Çalışma esas olarak iki aşamalıdır:

- Bilgisayar ortamında simülasyon yöntemi ile hız tümsekleri ve gerçek taşıt modellenerek, maruz kalınan titreşimlerin ivme-zamana bağlı olarak elde edilmesi (MSC Adams/Car)
- Elde edilen titreşimlerini konfor açısından değerlendirmesi (ISO 2631)

2.1. Simülasyon Yöntemi

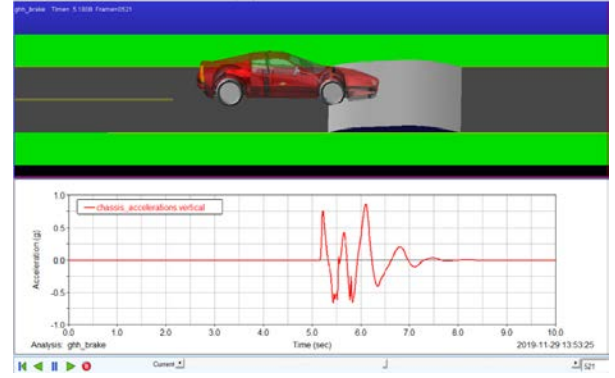
Diğer yöntemlere kıyasla simülasyon yöntemi kullanılarak geliştirilen modellerin; daha hızlı olması, daha fazla değişken ile çalışabilme imkânı vermesi, maliyet açısından daha avantajlı olması ve yapılan hataları geriye dönüp kolaylıkla düzeltebilme imkânı vermesi gibi birçok avantajları vardır [9]. Bu çalışmada hız tümseği uygulamalarının araç/sürücü/yolcu üzerindeki etkilerini tespit etmek ve incelemek için MSC Adams/Car simülasyonu kullanılmıştır.

Şekil 2’de görüldüğü gibi TS 6283 standardında [2] verilen 3 farklı parabolik profildeki hız tümsekleri ve farklı iki tip taşıt türü (otomobil ve otobüs) MSC Adams/Car programında modellenmiştir. Araçların değişik hızlarda maruz kaldıkları ivmeler simülasyon sonucunda elde edilerek kaydedilmiştir.



Şekil 2. TS 6283’e göre üç farklı tümseğin profilleri [2]

Bu hız tümseklerin profil modelleri noktasal koordinat şeklinde Adams/Car programında oluşturulmuştur. Adams/Car yazılımında oluşturan tümsekler ve araç modelleri değişik hızlarla tümsekten geçirilerek araçlarda meydana gelen titreşimler ivme cinsinden elde edilmiştir (örnek bir sonuç Şekil 3’te gösterilmektedir).



Şekil 3. Bir otomobilin hız tümseğinden geçişi sırasında kaydedilen ivmesi

2.2. Titreşimlerin Değerlendirilmesi

ISO 2631-1 standardına göre insan vücudunda oluşan titreşimlerin etkileri dikkate alınarak konfor seviyeleri belirlenmiştir. Standartta konfor; sayısal olarak ölçülen titreşim değerlerinin ağırlıklandırılmış frekans analizi ile bulunan karesel ortalama kökü (a_w) olarak ifade edilmektedir. Genel olarak düşey doğrultudaki titreşimler (a_{wz}) dikkate alınır (yatay ekseninde titreşim değerleri çok küçük çıktığı için ihmal edilir). Bu değerler hesaplanırken titreşimlerin zamana bağlı ivmelerinin frekans ağırlıklandırılmış ivmeye dönüştürülmesi gerekmektedir.

ISO 2631-1 standardına göre bu ivmeler frekans aralıklarına karşılık gelen ağırlıklar ile çarpılarak karelerinin ortalamasının karekökü (RMS) alınarak maruz kalınan etki konfor değerine dönüştürülür. Araçlarda oluşan titreşimler farklı yönlerde salınım yapacağından pozitif ve negatif ivmeler oluşacaktır ve eksiler artıları götürcektir. Bu nedenle standartlarda kullanılan RMS yönteminde her bir ivme değerinin karesi alınarak toplanır ve daha sonra ortalamalarının karekökü aşağıdaki formüle göre bulunur:

$$a_w = \left[\sum_i (w_i a_i)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

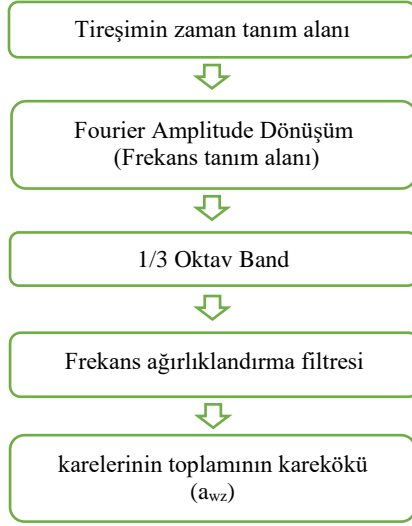
Formülde;

a_w : frekans ağırlıklı ivme

w_i : faktör ağırlıkları (ISO 2631-1)

a_i : i inci 1/3 oktav bandı için frekansa dönüştürülmüş ivmeleri göstermektedir.

Titreşimleri konfor açısından değerlendirilmesinde izlenen prosedürün akış diyagramı Şekil 4’te gösterilmektedir.



Şekil 4. Konfor seviyelerinin belirlenmesinde izlenen süreç

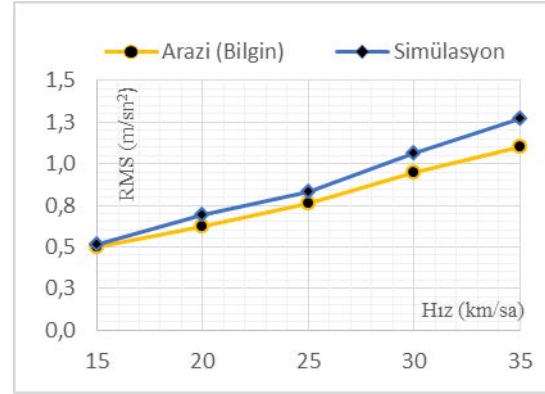
Şekil 4’te verilen akış özeti; ilk olarak aracın maruz kaldığı farklı yönlerdeki (x , y ve z) ivme-zaman grafiğinin Fourier amplitud dönüşümü ile ivme-frekans grafiğine dönüştürülmesi gerekmektedir. Elde edilen bu frekansların farklı eksenler için önerilen frekans ağırlıkları faktörleri ISO 2631-1’e göre elde edilerek, frekansların ağırlıklandırılarak elde edilecek RMS ivme değerinin bulunmasıdır. ISO 2631-1 standardında titreşim sinyalleri frekansa bağlı olarak, 0.1Hz-400 Hz frekans Aralığında 1/3 oktav bant frekans limitlerine göre Butterworth filtreleme tekniği kullanılarak sinyallerin düzenlenmesi tavsiye edilmektedir. Çalışmada SeismoSignal 2016 öğrenci yazılımı kullanılarak bu işlem yapılmıştır [10]. Kısaca, her bir yönden etkileyen ivmelerin frekansa dönüştürülmesiyle elde edilen ivme değerleri filtrelenen her bir bant aralığı için belirlenen faktör ağırlıklarıyla çarpılarak kareleri alınır ve toplanır. Bu toplamın karekökü insan üzerindeki “titreşim etkisi” olarak kabul edilir ve yukarıda verilen Formül (1) ile elde edilir.

ISO 2631-1 standardı insan vücuduna iletilen titreşimin ortalamasını temsil etmesi açısından a_w bileşenini en uygun sayısal değer olarak kabul etmektedir. Böylelikle, formüle göre elde edilen sonuçlar, ISO 2631-1 standardına göre konfor olarak değerlendirilir. Standartta, titreşime maruz kalan insanın hissettiği titreşim miktarlarına göre oluşacak konfor seviyeleri Tablo 1’de gösterilmiştir.

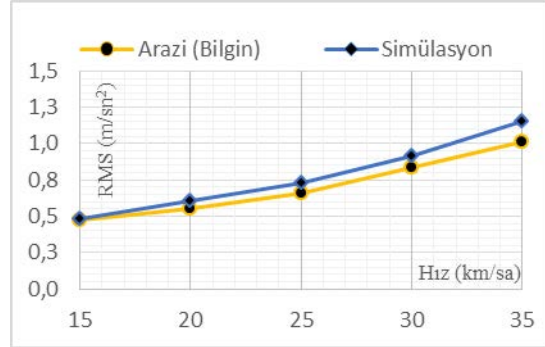
Tablo 1. ISO 2631’e göre a_w değerlerine göre konfor seviyeleri

a_{wRMS}	Konfor seviyeleri
$<0.315 \text{ m/sn}^2$	Konforlu
$0.315 - 0.360 \text{ m/sn}^2$	Az konforlu
$0.5 - 1 \text{ m/sn}^2$	Biraz konforsuz
$0.8 - 1.6 \text{ m/sn}^2$	Konforsuz
$1.25 - 2.5 \text{ m/sn}^2$	Çok konforsuz
$>2 \text{ m/sn}^2$	Aşırı konforsuz

Geliştirdiğimiz simülasyon yöntemini doğrulamak amacıyla Bilgin [11]’in arazide 7 adet tümsekten testler yaparak ölçtüğü RMS değerleri ile karşılaştırma yapılmıştır. Sonuçların makul derecede birbirine yakın olduğu görülmektedir (iki tümsek için sonuçlar Şekil 5’te gösterilmiştir, diğerleri için Mahdi [12]’nin çalışması önemlidir).



(a)



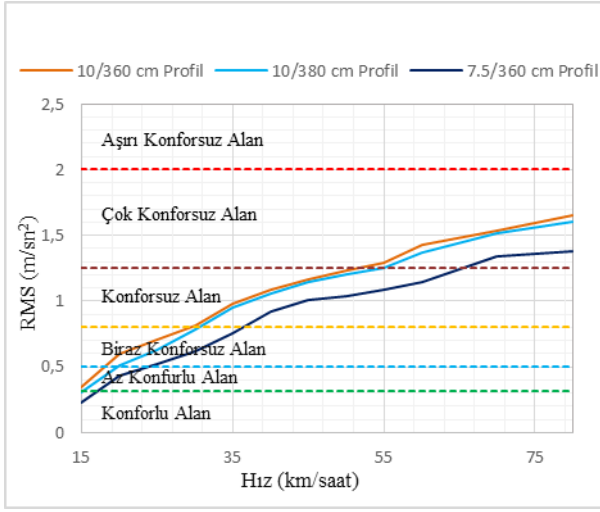
(b)

Şekil 5. Arazi [11] ve simülasyon sonuçları: a) ilgili çalışmadaki No 1 b) No 2 Tümsekleri

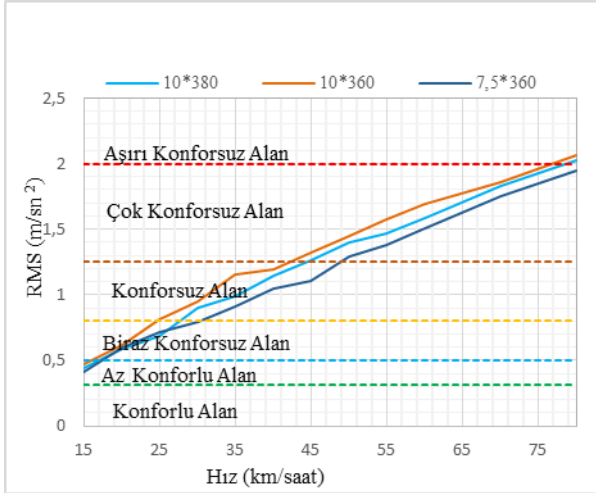
3. Bulgular

Bu çalışmada iki farklı araç tipi (otomobil ve otobüs) farklı hızlarda tümsekten geçirilerek araçların maruz kaldıkları titreşimler ivme cinsinden elde edilmiştir. Daha sonra bu ivmeler SeismoSignal [10] yazılımı ile frekans ağırlıklı ivmelere dönüştürülerek, her bir ivme için RMS değerleri hesaplanmıştır (farklı profil değerleri için elde edilen RMS değerleri ve karşılık gelen

konfor seviyeleri Şekil 6 ve Şekil 7’de gösterilmiştir).



Şekil 6. Profil tiplerine göre tümseklerde farklı hızdaki otomobil için elde edilen konfor seviyeleri



Şekil 7. Profil tiplerine göre tümseklerde farklı hızdaki otobüs için elde edilen konfor seviyeleri

Şekil 7’de Simülasyon çalışmasında dikkate alınan tümseklerin boyutları grafiklerde lejand olarak (daha önce Şekil 2’de verilen tümsek profillerine uygun olarak) verilmiştir. Şekil 7’de elde edilen grafikler incelendiğinde simülasyon çalışması sonucunda elde edilen değerler ile Tablo 1’deki ISO 2631 standardında tariflenen konfor seviyeleri karşılaştırıldığında aşağıdaki sonuçlar gözlemlenebilir:

- Hız tümseğin yüksekliği taşıt konforunu çok ciddi bir şekilde etkilemektedir. Yani tümsek yüksekliği ne kadar artarsa o oranda konforsuzluğa neden olur.
- Diğer yandan tümseğin genişliği ile konfor arasında doğrusal bir ilişki görülmektedir. Yani tümsek genişliği ne kadar artarsa o ölçüde konfor artar (konforsuzluk azalır).

- TS 6283 göre yapılacak hız tümsekleri üzerinden taşıtların daha konforlu veya az konforlu seviyelerinde geçebilmesi için genelde 30 km/saat uygun görülmektedir.

Tüm taşıtlar için konforsuzluk yaklaşık 40 km/saat hız üzerinde başlar.

4. Tartışma ve Sonuçlar

Bu çalışmada simülasyon yöntemi kullanılarak TS 6283 standardına göre tanımlanan hız tümseklerinin araçlar üzerindeki etkileri değişik hızlar dikkate alınarak incelenmiştir. Tümseklerden geçiş sırasında meydana gelen titreşimler ivme cinsinden belirlenerek sürücü/yolcu üzerinde oluşturacağı konfor seviyeleri ISO 231 standardına göre teorik olarak belirlenmiştir. Çalışma sonuçları incelendiğinde tümseklerin sürücü/yolcu üzerindeki etkilerinin tümseğin boyutu ve araç hızına bağlı olarak değiştiği açıkça görülmektedir. Tümseğin genişliği arttığında o oranda konfor düzeyi artmakta fakat yükseklik ne kadar artarsa konfor düzeyi de o kadar azalmaktadır. Hız ise konforsuzluğu doğrudan etkilemektedir. TS 6283 standardına göre yapılan tümsekler araçların düşük hızları için (25 km/saat civarında) çok ciddi titreşimler üretmemektedir. Tüm bu etkilerin daha detaylı incelenerek faydalı sonuçların çıkarılması için çalışmanın ileriki aşamalarında yapılacaklar şu şekilde sıralanabilir:

- Uygulanmış tümseklerin gerçek boyutlarının belirlenerek standartlara uygunluklarının belirlenmesi
- Araçların gerçekte tümseklerden geçiş hızlarının tespit edilerek, bu hızlarda sürücü/yolcuların tecrübe ettikleri öznel konfor seviyelerinin tespit edilmesi
- Tespit edilen öznel konfor ile programdan elde edilen teorik konfor arasındaki istatistiksel ilişkinin (bağlılık ölçümünün) belirlenmesi

Not: Bu çalışma, 13-15 Haziran 2019 tarihleri arasında İskenderun/Türkiye’de düzenlenen Uluslararası İnşaat Mühendisliği’nde İnovasyon, Sürdürülebilirlik, Teknoloji ve Eğitim Konferansında (iSTE-CE’2019) sunulmuştur.

Kaynakça

- [1] Kaygısız Ö. Trafiği sakinleştirmeye yönelik önlemler, Trafik Araştırma Merkezi Müdürlüğü, Ankara, 2012.

- [2] TS 6283. Yol sathı hız kontrol elemanları-tümsekler (kasisler), Türk Standartları, Ankara, Türk Standartları Enstitüsü, 2000.
- [3] Watts GR. Road humps for the control of vehicle speeds, *Verkeerstechnick* 1973; 24 (NLR59 R & D Rpt.).
- [4] Antić B., Pešić D., Vujanić M., Lipovac K. The influence of speed bumps heights to the decrease of the vehicle speed-Belgrade experience, *Safety Science* 2013; 57, 303-312.
- [5] Adnan MA., Hoon TS., Mohamed K. Harmonizing speed reduction and level of discomfort for better roads humps design in Malaysia residential area, *Malaysian Univ. Transport Res. Forum Conf.* 2004.
- [6] Weber PA., Braaksma JP. Towards a North American geometric design standard for speed humps, *ITE Journal* 2000; 70(1): 30-39.
- [7] MSC. Software Corporation: Msc Adams Version 2017.2.
- [8] ISO. Mechanical vibration and shock: Evaluation of human exposure to whole-body vibration, Part 1, General Requirements: International Standard ISO 2631-1: 1997 (E). ISO, 1997.
- [9] BİAS. BİAS Mühendislik. 2019. Available at: <https://bias.com.tr/10/17/yapisal/msc-adams>.
- [10] SeismoSignal, version 2016. <https://seismosoft.com>.
- [11] Bilgin E. Kent içi yollarda hız kesici platform ve tümsek profillerinin sürüş konforu üzerindeki etkilerinin arazi testleri, nümerik ve analitik modeller vasıtasıyla belirlenmesi, Doktora Tezi. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2018.
- [12] Hossainy MM. Hız tümseklerinin araç ve sürücüler/yolcular üzerindeki etkilerinin araştırılması, Master Tezi. BUÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 2019.