

Sakarya Toplum Taşıma Sistemi için CBS Uygulamalı Otobüs Durağı Optimizasyonu

*¹Hakan Kocaman and ²Hakan Aslan

^{*1}Institute of Natural Sciences, Program of Civil Engineering Sakarya University, Turkey

²Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering Sakarya University, Turkey

Özet

Günümüzde kentleşmenin yaygınlaşması, kent içi nüfus, kişi başına düşen araç sayısı ve trafik yoğunluğunun artmasından dolayı etkin ve verimli toplum taşıma ihtiyacı giderek artmaktadır. Bu sebeple kent içi toplum taşıma sisteminin, kent nüfusuna ve nüfusun zaman içerisindeki hareketliliğine göre planlanması önem arz etmektedir. Bu çalışmada, Sakarya Büyükşehir Belediyesi tarafından işletilen toplum taşıma sistemindeki mevcut otobüs duraklarının, coğrafi bilgi sistemi yazılımı kullanılarak konumsal etki alanları, yoğunlukları ve hizmet sağladıkları yaklaşık nüfus değerleri analiz edilmiştir. Mevcut duruma ilişkin yapılan bu analizin ardından, sistemdeki otobüs güzergahları için seçilen optimum mesafede yeni durak konumları belirlenerek, söz konusu analizler tekrar gerçekleştirilmiş ve mevcut durum ile önerilen durum arasındaki değişim gözlemlenerek otobüs durakları için bir optimizasyon çalışması örneği yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: CBS, Kentsel Toplum Taşıma, Otobüs Durağı Yerleşke Optimizasyonu

Abstract

Nowadays, due to the widespread urbanization, the increase in urban population, the number of vehicles per capita and traffic density, the need for effective and efficient community transportation is a concern for professionals in transportation planning. For this reason, it is important to plan the urban transportation system according to the requirements of the movement of the population over time. In this study, the existing bus stops in the community transportation system operated by Sakarya Metropolitan Municipality were analysed in terms of their spatial impact areas, density and number of population values serviced through geographical information system software (ArcGIS). Following the analysis of the present situation, new bus stop locations were determined at the optimum distance selected for the bus routes and the analysis was again performed so that an example of optimization for bus stops was suggested by observing the change between the current and proposed situation.

Keywords: GIS, Urban Public Transportation, Bus Stop Spacing Optimization

1. Giriş

17 Ağustos 1999 tarihinde yaşanan depremin ardından Sakarya İli'nin büyükşehirleşme sürecine girmesi ile birlikte, toplum taşıma hizmeti de ilçe belediyelerinden büyükşehir belediyesi bünyesine geçmiştir. Bu sayede, sunulan hizmet tek merkezden yönetilmeye ve planlanmaya başlanmıştır. Fakat hızlı kentleşmeden dolayı hizmet alanı ve nüfusun artması, toplum taşımada işletme, planlama ve yönetim faaliyetlerinin önemini artırmıştır. Araç sahiplik oranlarının her geçen gün artmasından dolayı, kentsel ulaşımın bireysel taşımacılıktan ziyade toplum taşıma sistemlerine yöneltilmesi, gerek sunulan ulaşım hizmetinin kalitesi gerekse de kent içi trafiğin

*Corresponding author: Hakan KOCAMAN Address: Institute of Natural Sciences, Program of Civil Engineering Sakarya University, 54187, Sakarya TURKEY. E-mail address: hakan.kocaman@ogr.sakarya.edu.tr, Phone: +902642955552

rahatlaması açısından oldukça önemlidir.

Otobüs servislerinin toplum taşıma sistemi olarak tercih edilirliliğini etkileyecek en önemli parametreler, seyahat süresi açısından tanımlanabilecek güvenilirlik düzeyi ile ilgili faktörlerle ilgilidir. Seyahat süresini azaltan otobüs servislerinin özel araç kullanımını azaltabileceği ifade edilirken, süre değişkenliğinin özel araçlara göre göreceli olarak daha düşük olmasının da, toplum taşıma seyahat unsurlarının kullanımını artırdığı bilinmektedir [1]. Güvenilirlik algısı ile ortaya çıkacak olumsuzlukların otobüs toplum taşıma sistemlerinin cazibesini azaltacağı, ayrıca kayıp kilometraj ve düşük filo performanslarının da otobüs işletmecilerinin maliyetlerini yükselteceği belirtilmiştir [2].

Güzergaha dayalı dakiklik (PIR), duraklara bağlı sapma ve eşitlik indexleri (DIS ve EIS) açısından otobüs toplum taşıma sistemlerinin hizmet güvenilirlikleri; durak, güzergah ve şebeke ölçeğinde incelenmiştir [3]. Toplam durak erişim mesafesinin, durakların ağırlıklı kombinasyonlarının ve durak sayılarının minimize edildiği çok amaçlı otobüs durağı belirleme modeli de literatürde önerilmiştir [4].

Bu çalışmada, 2016 yılı sonu itibarı ile Sakarya Büyükşehir Belediyesi (SBB) Ulaşım Dairesi Başkanlığı Toplu Taşıma Şube Müdürlüğü tarafından 4 büyük ilçede, 29 adet aktif güzergah ve 860 adet durak ile vatandaşların hizmetine sunulan toplum taşıma sistemine ait durakların etki ettiği alan ve hizmet sağladığı nüfus konumsal olarak analiz edilmiştir. Bu sayede, mevcut durumun, mahalle bazında ve seçilen mesafe aralıklarında hizmet sunduğu nüfus ve coğrafi alan yaklaşık olarak ortaya konulmuş, alternatif olarak geliştirilen optimum mesafe aralığında (her bir durak arası yürüme mesafesi ortalama 300 metre olacak şekilde) oluşturulan durak konumları ile bu iki parametrede sağlanan iyileştirmeler analiz edilerek irdelenmiştir.

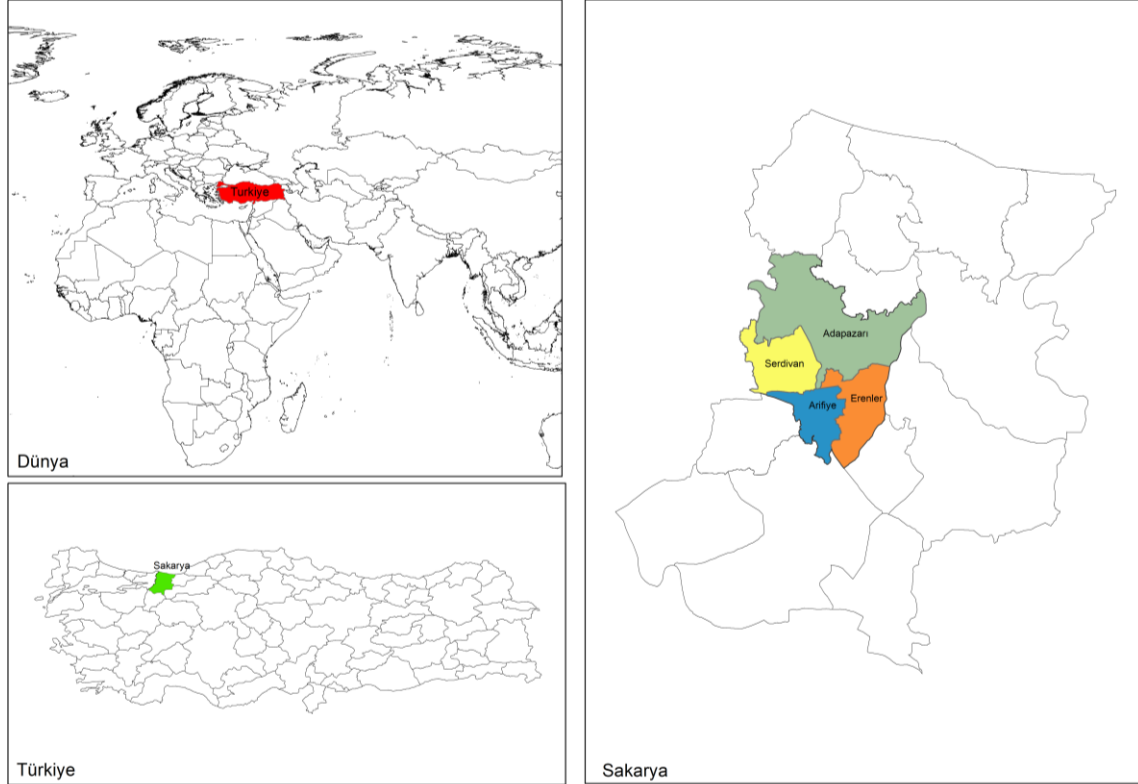
2. Materyal ve Yöntem

Çalışmada kullanılan Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yazılımı, Environmental System for Research and Innovation (ESRI) firması tarafından dünya genelinde ticari olarak kullanılan ArcGIS yazılımıdır. Yazılım, firmanın resmi sitesinde sağlanan deneme lisansı ile temin edilmiştir.

2016 yılı sonu itibarı ile SBB tarafından işletilen 29 adet güzergah ve ilgili 860 adet durağa ait veriler, <http://sakus.sakarya.bel.tr/> adresinde yer alan Sakarya Akıllı Ulaşım Sistemi de (SAKUS) dikkate alınarak, konumsal olarak bir araya getirilmiştir. 2016 yılı sonuna ait ilçe ve mahalle nüfus verileri, Nüfus ve Vatandaşlık İşleri Genel Müdürlüğü (NVI) tarafından üretilen ve Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından yayımlanan adrese dayalı nüfus kayıt sistemi verilerinden elde edilmiştir. İlçe ve mahallelere ait yaklaşık sınırlar ve yol eksen hatları, SASKİ Genel Müdürlüğü Bilgi İşlem Daire Başkanlığı Yazılım ve CBS Şube Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Ayrıca, SBB tarafından hazırlanmış olan 1/25000'lik imar planı da nüfus verilerinin konut alanlarına dağıtılmasında kullanılmıştır.

Sakarya'nın nüfusu 2016 yılı sonu itibarı ile 976.948'dir. İl nüfusunun yaklaşık yarısı erkek, yarısı da kadın nüfustan oluşmaktadır. Yıllık nüfus artış hızı binde 24,6, İlin yüzölçümü 4.817

km² olup, km²'ye il genelinde 202 kişi düşmektedir [5]. 1954 yılına kadar Kocaeli'ye bağlı bir ilçe olan Adapazarı, 22 Haziran 1954 tarihinde İl olarak Sakarya adını almıştır. 06.03.2000 tarihinde de Büyükşehir Belediyesi statüsüne kavuşturulan Sakarya, nüfus olarak Türkiye'deki iller arasında 22., yüzölçümü olarak ise 66. sıradadır. **Şekil 1.**'de, çalışma alanı olarak belirlenen Sakarya İli'ne ait Adapazarı, Arifiye, Erenler ve Serdivan ilçelerinin konumsal dağılımı yer almaktadır.



Şekil 1. Çalışma alanı

Çalışmada kullanılan il, ilçe ve mahallelere ait nüfus verileri, her yıl TÜİK tarafından NVİ'ne ait Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADNKS) verileri baz alınarak hazırlanan 2016 yılı veritabanından elde edilmiştir.

Temin edilen tüm veriler ArcGIS programı kullanılarak hazırlanan konumsal veritabanına aktarıldıktan sonra konumsal sorgu ve analiz işlemleri gerçekleştirilmiştir.

2.1. Mevcut Durum

Çalışma alanı olarak belirlenen Adapazarı, Arifiye, Erenler ve Serdivan ilçelerine ait son 5 yıllık nüfus verileri **Tablo 1.**'de verilmiştir.

Tablo 1. Çalışma alanı son 5 yıllık nüfus verileri

	2012	2013	2014	2015	2016
Adapazarı	257826	259516	263408	269079	274898
Arifiye	38293	38905	39024	39632	40568
Erenler	76090	78094	79934	81660	83984
Serdivan	101248	105775	112611	120731	128121

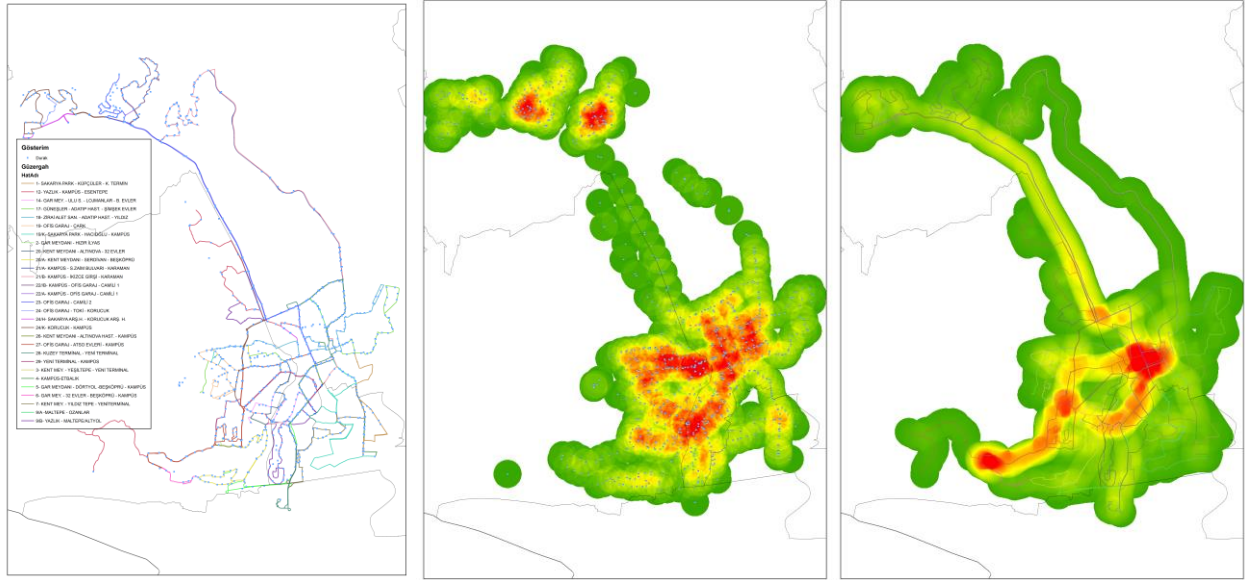
Çalışma alanına ait son 5 yıllık nüfus verileri incelendiğinde nüfusun tüm ilçelerde her yıl arttığı gözlemlenmektedir. Oluşan nüfus artışı kentleşmeyi tetiklemekte ve buna paralel olarak insanların günlük ulaşım ihtiyacı da artış göstermektedir.

Kent içi toplum taşımada etkin ve tercih edilebilir bir sistem tasarımı ve performansı için duraklar arası mesafeler, insanların yürüyerek ulaşabileceği optimum uzaklıkta olmalıdır. Duraklar arası mesafeler, yolcuların duraklara erişim süresini ve araç içerisindeki seyahat sürelerini doğrudan etkilemektedir. Daha sık ve fazla sayıda durağın olması durumunda yayaların durağa erişim mesafeleri ve süreleri azalmakta, duraklar arası mesafenin fazla olduğu durumlarda ise, yürüme mesafeleri uzarken daha kısa araç içi seyahat süreleri ortaya çıkmaktadır. Otobüs durak mesafelerinin belirlenmesi problemi, yolcular ve işletmecilerin beklentilerini ve isteklerini dengelemeye yönelik bir problem olarak ele alınmalıdır. Yolcuların beklentisi, erişebilirlik ve araç içi seyahat süresi toplamını minimize etmek iken; işletmeler için ise, işletme masrafları, gelirler, güvenilir hizmet ve müşteri memnuniyeti önem kazanmaktadır. Toplum taşıma sistem kullanıcılarının sistemden uzaklaşmayacağı yürüme mesafelerinin sağlanabilmesi, gerek işletmeciler gerekse de araç içinde seyahat eden yolcular için çok uzun araç içi yolculuk sürelerinin ortaya çıkmaması ile yakından ilgilidir [6]. Transit Cooperative Research Program (TCRP) tarafından yapılan araştırmalar sonucu elde edilen verilere göre uluslararası literatürde geçerli durak aralıkları **Tablo 2.**' de verilmiştir [7].

Tablo 2. Uluslararası literatürde geçerli durak aralıkları

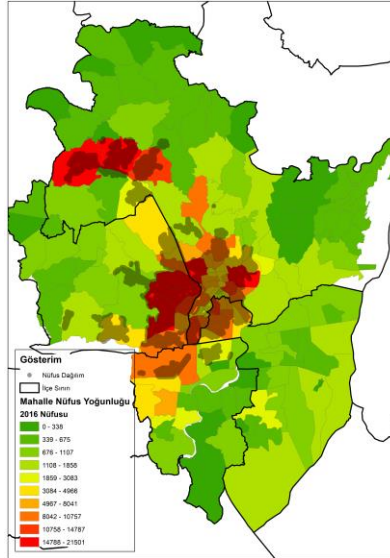
	Durak Aralıkları (m)	Genel Uygulama (m)
Ticari Bölgeler	92-305m	183m
Şehir Merkezleri	152-366m	229m
Banliyöler	183-762m	305m
Kırsal Bölgeler	198-805m	381m

Yukarıdaki tabloda şehir merkezi olarak nitelendirilen alanlar içerisinde duraklar arası mesafenin 152-366m olduğu ve genel uygulamada bu mesafenin 229m olarak kabul edildiği görülmektedir. Çalışma alanında yer alan 29 adet güzergaha ait 860 adet durağın birbirleri ile olan mesafeleri incelendiğinde durakların yer yer homejen bir dağılıma sahip olmadıkları gözlemlenmiştir. **Şekil 2.**'de çalışma alanında bulunan mevcut duruma ait 29 adet güzergah ve 860 adet durağın dağılımı ve oluşturdıkları yoğunluk haritaları yer almaktadır.



Şekil 2. Soldan sağa doğru; güzergah/durak dağılım, durak yoğunluk ve güzergah yoğunluk haritaları

Şekil 3.'de TÜİK'e ait veri tabanından elde edilen 2016 yılına ait nüfus verilerinin, hazırlanan coğrafi veritabanındaki mahalle sınırları içerisine aktarılması ile oluşturulan mahalle nüfus yoğunlukları ve nüfus dağılım alanları gösterilmektedir. Şekilde yer alan mahallelere ait nüfus yoğunlukları, yeşil renkten kırmızı renk alanlarına doğru gidildikçe artmaktadır. Ayrıca şekil üzerinde yer alan koyu renkli alanlar imar planlarındaki konut alanlarını göstermektedir.



Şekil 3. Mahalle nüfus yoğunluğu ve nüfus dağılımı.

2.2. Mevcut Durum Analizi

Çalışma için temin edilen, ilçe/mahalle sınırları, ilçe/mahalle nüfus verileri, toplum taşımaya ait

güzergah ve durak konumları, yolu temsil eden orta eksen çizimleri ArcGIS yazılımı kullanılarak coğrafi veritabanında bir araya getirilmiştir. İlk olarak idari alanlar olan ilçe/mahalle sınırlarına ait nüfus verileri ilgili ilçe/mahalle tablolarının içerisine eklenerek, tüm mahalleleri kapsayan alanlar içerisinde ayrı bir detay sınıfında, aralarında 10mx10m mesafe olacak şekilde noktalar oluşturulmuştur. Daha sonra 1/25000 ölçekli imar planı verileri ve uydu/hava fotoğrafı görüntüleri kullanılarak bu noktalarla temsil edilmeyen konut alanlarının ayıklanması işlemi gerçekleştirilmiştir. Ayıklama işleminin ardından her bir mahalle içerisinde kalan noktalar seçilerek sayıları tespit edilmiş ve ilgili mahallenin nüfusu ile oranlanarak her bir noktanın temsil ettiği mahalle nüfus değerleri hesaplanmıştır. Bu sayede, ilgili mahallere ait her bir nokta için nüfus değeri aşağıdaki eşitlikle ifade edilmiştir.

$$\text{Nokta Nüfus Değeri} = \text{İlgili Mahalle Nüfusu} / \text{İlgili Mahalle Sınırı İçerisindeki Nokta Adeti}$$

Yol eksen hatlarına ait eksik ve hatalı çizimler, çeşitli hava/uydu fotoğrafları da altlık olarak kullanılarak düzenlenmiş ve 29 adet toplum taşıma güzergahlarına ait mevcut çizimler bu hatlar ile çakışacak şekilde tekrar elde edilmiştir. Ortaya çıkan yol ağının şebeke analizinde kullanılabilmesi için, içerisinde verilerin bulunduğu konumsal veri tabanı üzerinde bir ağ veri kümesi oluşturulmuştur. Oluşturulan ağ veri kümesi ve ArcGIS yazılımı kullanılarak, mevcut 860 adet otobüs durağına 300m, 400m, 500m, 600m ve 700m yürüme mesafesindeki ulaşım alanları çıkarılmıştır. Oluşturulan bu alanlar içerisinde kalan 10m x 10m aralıklı noktalar konumsal olarak tespit edilerek, her bir ilçe/mahalle içerisinde bulunan durakların söz konusu erişim mesafelerinde hizmet sağladıkları yaklaşık nüfus değerleri hesaplanarak ayrı ayrı tablolara aktarılmıştır. **Tablo 3.**, bu hesaplamalarla elde edilen mevcut durumu temsil eden ilçe bazlı güzergah/durak sayıları ve nüfus analizlerini sunmaktadır.

Tablo 3. Mevcut durum için ilçe bazında güzergah/durak sayıları ve nüfus analizi

	2016 Nüfusu	Geçen Güzergah Sayısı	Durak Sayısı	300m Nüfus Analizi	400m Nüfus Analizi	500m Nüfus Analizi	600m Nüfus Analizi	700m Nüfus Analizi
Adapazarı	274898	29	474	153530	196425	214781	225388	231867
Arifiye	40568	5	2	0	0	0	21	102
Erenler	83984	14	62	29635	38297	46504	52615	56460
Serdivan	128121	22	264	77231	90142	97826	101908	104202

2.3. Durak Optimizasyonu ve Alternatif Durum Analizi

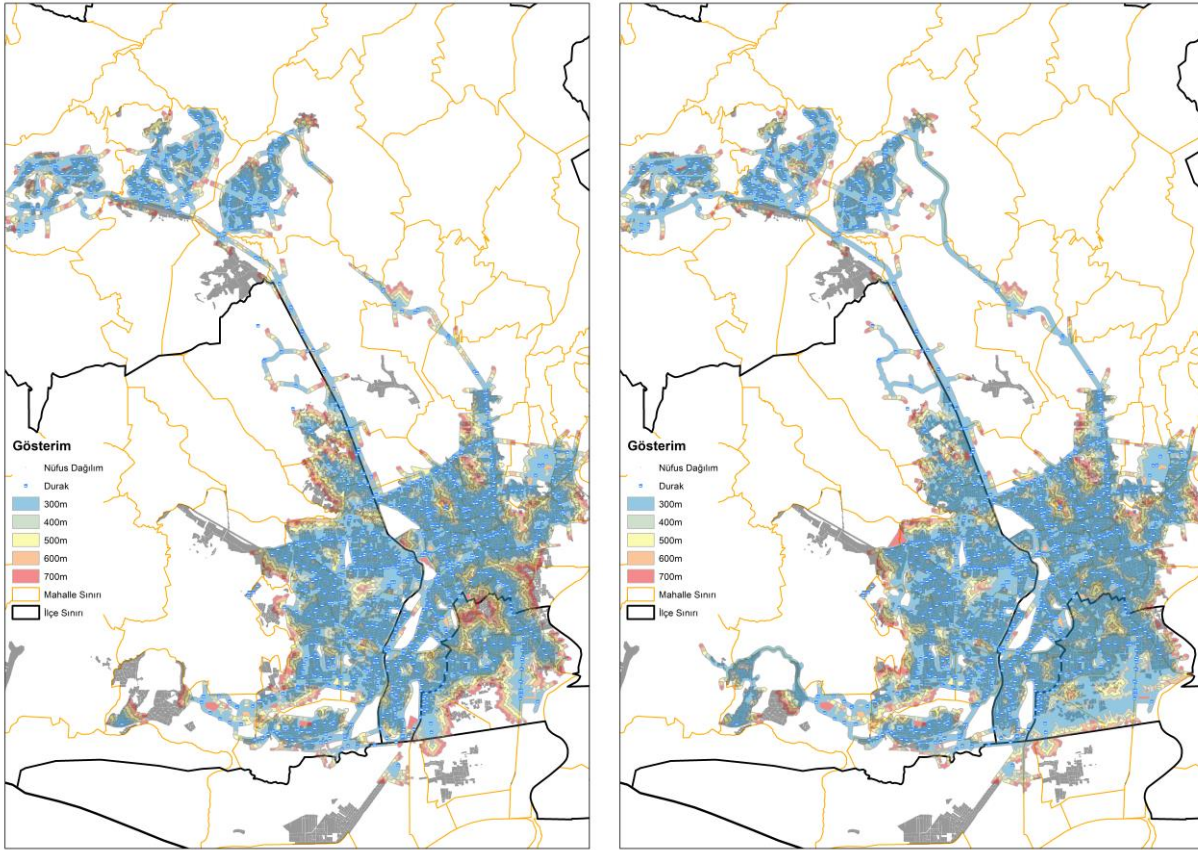
Durak optimizasyon çalışmasının ilk aşamasında, 29 adet toplum taşıma güzergahının geçtiği yol eksen hatları üzerinde ortalama 300m aralıklı 909 adet yeni durak konumları, mevcut duraklara alternatif olacak şekilde tespit edilmiştir. İkinci aşamada ise, önceden oluşturulan ağ veri kümesi ve ArcGIS yazılımının sahip olduğu Network Analyst (ağ analizi) eklentisinde bulunan Service Area (servis alanı) aracı kullanılarak, 909 adet yeni otobüs durağına 300m, 400m, 500m, 600m ve 700m yürüme mesafesindeki ulaşım alanları çıkarılmıştır. Dolayısı ile mevcut durumu temsil eden durak topolojisi için (860 durak) yukarıda bahsedilen işlem adımları, yeni topoloji için

tekrar edilerek elde edilen ilçe bazlı nüfus değerleri **Tablo 4.**'de farklı durak erişim mesafelerine bağlı olarak sunulmuştur.

Tablo 4. Alternatif durum için ilçe bazında güzergah/durak sayıları ve nüfus analizi

	2016 Nüfusu	Geçen Güzergah Sayısı	Durak Sayısı	300m Nüfus Analizi	400m Nüfus Analizi	500m Nüfus Analizi	600m Nüfus Analizi	700m Nüfus Analizi
Adapazarı	274898	29	513	181172	211044	226058	233475	236731
Arifiye	40568	5	9	0	0	20	923	1067
Erenler	83984	14	96	47458	56256	60443	61533	61886
Serdivan	128121	22	294	83126	96037	103180	106542	108740

Mevcut ve model durum üzerinde gerçekleştirilen 300m, 400m, 500m, 600m ve 700m mesafedeki nüfusun yol eksen hatları üzerinden duraklara ulaşım analizleri **Şekil 4.**'de gösterilmektedir. Analiz, bir durağın yatay anlamda belirlenen bir mesafedeki tampon analizi ile oluşturulan çembersel kapsama alanı yerine, herhangi bir durağın en yakınında bulunan mevcut yol eksenini kullanılarak yapılan ağ analizi ile erişilebilecek alanların tespiti şeklinde yapılmıştır. Şekilde görüldüğü üzere açık mavi renkli alanlardan (300m alanı) kırmızı (700m alanı) renkli alanların kapsadığı bölgelere doğru gidildikçe, bu bölgelerdeki nüfusun arttığı görülmektedir. Şekil 4 incelendiğinde Erenler İlçesi'nde bulunan durak erişim alanlarının arttığı, bu ilçedeki konut dışı alanlardan olan sanayi bölgesinin de durak erişimi bakımından zenginleştiği fakat hizmet edilen nüfusun kapsanan yeni alan karşısında çok da fazla değişmediği gözlemlenebilmektedir.



Şekil 4. Soldan sağa doğru: Mevcut ve Model durum durak erişim alanları nüfus analizi

4. Sonuç ve Değerlendirme

Mevcut duruma dair yapılan ilk incelemeler neticesinde; 860 adet durağın sadece 802 adedinin mevcut güzergahlar ile ilişkili olduğu, geri kalan 58 durağın ise hiçbir güzergah ile ilişkisinin bulunmadığı ve en az 1 adet güzergahla ilişkili durak oranının %93 olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca duraklar arası mesafelerin belirli bir standarda sahip olmadığı da gözlemlenmiştir. Bu makalede, yolcuların duraklara erişim alanları ve duraklar arası mesafeler yaklaşık 300m olacak şekilde tasarlanarak, yolcu durak erişimi ve yolcu araç içerisindeki seyahat süreleri için optimum bir model oluşturulmuştur. Önerilen modelde duraklar arası mesafeler yaklaşık 300m olacak şekilde tasarlanmış ve oluşturulan yeni durak konumlarına mevcut nüfusun erişim sayısı analiz edildiğinde genel olarak artış olduğu sonucuna varılmıştır. Oluşturulan bu model ile mevcut durum arasında yapılan analizlerin karşılaştırılması neticesinde; mevcut duruma göre durak sayısının 860 adetten 909 adete yükseldiği, en az 1 (bir) güzergah ile ilişkili olacak şekilde konumlandırılan her bir durağın, durak güzergah ilişkisi oranının %93 den %100 oranına çıktığı saptanmıştır.

Mevcut durumda; en çok güzergahın yer aldığı ilçenin Adapazarı İlçesi olduğu, Arifiye İlçesi'nin ise en az güzergah ve durağa sahip olduğu, bu ilçede durak sayısı bakımından model durumda da çok fazla artış olmadığı tespit edilmiştir. Arifiye İlçesi'nin toplum taşıma hizmetinden sadece ilçe

sınırları içerisinde yer alan Sakarya Büyükşehir Belediyesi Şehirlerarası Otobüs Terminali dolayısı ile yararlandığı gözlemlenmiştir. Model durumda, Erenler İlçesi'nde durak erişim alanlarının artmasına rağmen bu alanların büyük bir kısmının konut dışı alan olan sanayi alanları içerisinde kalmasından dolayı, beklenen hizmet alan nüfus artışını sağlamadığı görülmektedir. **Tablo 5.**'de mevcut ve optimize edilmiş durumlara ait durak sayıları, çalışma alanındaki her bir ilçe için ayrı ayrı gösterilmiştir. Tablodaki değerler incelendiğinde; güzergahlar değiştirilmeden yapılan mevcut ve model durumdaki durak sayılarının farklılık gösterdiği, önerilen modelde söz konusu ilçelerin tümünde durak sayılarının arttığı belirlenmiştir. Ayrıca, hem mevcut hem de model durumda ilçe bazında durak sayısının ilgili ilçede yer alan güzergah sayısı ile doğru orantılı olduğu tablodan görülebilmektedir. Mevcut durumda da model durumda da en fazla güzergah bulunan ilçede en fazla durak sayısı, en az güzergah bulunan ilçede ise en az durak sayısının bulunduğu tabloda ifade edilmektedir.

Tablo 5. İlçe bazında mevcut durum ile model duruma ait güzergah ve durak değişim sayıları

	Mevcut Güzergah Sayısı	Model Güzergah Sayısı	Güzergah Artış (%)	Mevcut Durak Sayısı	Model Durak Sayısı	Durak Artış (%)
Adapazarı	29	29	0	474	512	8.01
Arifiye	5	5	0	2	9	350
Erenler	14	14	0	62	94	51.61
Serdivan	22	22	0	264	294	11.36

Mevcut durum üzerinde yapılan, 300m, 400m, 500m, 600m ve 700m mesafedeki nüfusun yol eksen hatları üzerinden duraklara ulaşım analizlerinin model durumdaki analizler ile karşılaştırılması neticesinde; önerilen modelde hizmet alan nüfusun ilçe bazında artış gösterdiği, fakat mahalle bazında karşılaştırıldığında bazı mahallelerde artma, bazılarında azalma, bazılarında ise kayda değer bir değişiklik göstermediği gözlemlenmiştir. Bu durum, bazı mahallelerde duraklar arası mesafelerin çok kısa, bazılarında çok uzun, bazılarında ise model durumdaki gibi yaklaşık 300m civarında olduğunu, durak konumlarının homejen bir dağılıma sahip olmamasından dolayı mahalle bazında hizmet alan nüfusun artma, azalma ya da değişmeme şeklinde farklı ölçülerde yönelim gösterdiğini ifade etmektedir. Yapılacak daha detaylı bir çalışma ile her bir mahalle sınırı içerisinde kalan durak/nüfus oranları ayrı ayrı karşılaştırıldığında ortaya çıkacak sonuç, geçmişte mevcut durak konumlarının belirlenmesinde nüfusun ne kadar dikkate alındığının tespiti açısından faydalı olacaktır.

İlçe bazlı mevcut ve model duruma ait hizmet alan nüfus yüzdeleri **Tablo 6.**'da gösterilmektedir. Tabloda mevcut durumdan model duruma geçildiğinde, Arifiye İlçesi dışında ki diğer tüm ilçelerde, hizmet alımıyla ilgili kayda değer bir nüfus artışının olduğu gözlemlenmiştir. Mevcut durumdaki durak konumlarının değerlendirilmesi ve buna bağlı olarak model durum üzerinde duraklar arası mesafelerin yaklaşık 300m olarak belirlenmesi, duraklara erişim sağlayabilen nüfusun artmasında oldukça etkili bir rol oynamıştır. Ayrıca önerilen model konumsal olarak incelendiğinde, oluşturulan yeni durak konumlarının bir kısmının konut dışı alan olan sanayi bölgesinde kalmasından dolayı Erenler ilçesinde beklenen nüfus artışının gerçekleşmediği

belirlenmiştir.

Tablo 6. İlçe bazında 300m, 400m, 500m, 600m ve 700m mesafedeki nüfus değişimi

	300m Nüfus Değişimi (%)	400m Nüfus Değişimi (%)	500m Nüfus Değişimi (%)	600m Nüfus Değişimi (%)	700m Nüfus Değişimi (%)
Adapazarı	56...66 (% 17.85)	71...77 (% 8.45)	78...82 (% 5.13)	82...85 (% 3.66)	84...86 (% 2.38)
Arifiye	0...0 (% 0.0)	0...0 (% 0.0)	0...0 (% 0.0)	0...2 (% 200.0)	0...3 (% 300.0)
Erenler	35...57 (% 62.86)	46...67 (% 45.65)	55...72 (% 30.91)	63...73 (% 15.87)	67...74 (% 10.45)
Serdivan	60...65 (% 8.33)	70...75 (% 7.14)	76...81 (% 6.58)	80...83 (% 3.75)	81...85 (% 4.94)

Yapılan çalışmada önerilen modele ait sonuçlar, toplum taşıma sistemlerinde duraklar arası ve durak erişim mesafelerinin, yolcuların talepleri ve hizmet edilen nüfus bakımından oldukça önemli olduğunu ortaya çıkarmıştır. Duraklar arası mesafelerin otobüs sistemli kentsel toplum taşıma sistemlerinde yaklaşık 300m olarak belirlenmesi kriterine göre önerilen modelde, yol eksenleri üzerinden yapılan analiz neticesinde 300m, 400m, 500m, 600m, 700m alanlar içerisinde kalan nüfusun mevcut durum ile kıyaslandığında daha yüksek değerlerde olduğu belirlenmiştir. Bu durum, şehir içi toplum taşıma sistemlerinde duraklar arası mesafelerin standart olması durumunda hizmet edilen nüfusun önemli derecede arttığı sonucunu doğurmaktadır.

Referanslar

- [1] Commuting by car or by public transportation?, A social dilemma analysis of travel mode judgements. European Journal of Social Psychology, 26, 373-395, Van Vugt M. Van Lange A.M., Meertens M., 1998.
 - [2] A quality control framework for bus schedule reliability., Transportation Research Part E 44, 1086-1098, Lin J., Wang P., Barnum D., 2008.
 - [3] Analysing urban bus service reliability at the stop, route and network levels. Transportation Research Part A 43 . 722-734, Xumei Chen., Lei Yu., Yushi Zhang., Jifu Guo., 2009.
 - [4] A Novel Model for Bus Stop Location Appropriate for Public Transit Network Design: The Case of Central Business Districts (CBD) of Tehran., International Journal of Smart Electrical Engineering, Vol.2, No.3, 133-141, Majid J., S. Mehdi H., Mehdi G., Mohsen J., 2013.
 - [5] T.C. Sakarya Valiliği, Sakarya; Mart 2017.
- Reference to a book:
- [6] Nurcan Uludağ, Bulanık Optimizasyon ve Doğrusal Hedef Programlama Yaklaşımları ile Otobüs Hatlarının Modellenmesi. Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi Denizli, Mayıs 2010
 - [7] Transit Cooperative Research Program, TCRP Report 19, Guidelines for the Location and Design of Bus Stops, National Academy Press; Washington, D.C. 1996.