

YOLLARIN YAPIMI VE BAKIM ONARIMI İLE İLGİLİ BİLGİ SİSTEMİ OLUŞTURULMASI: MANİSA – SARUHANLI ÖRNEĞİ

Murat YAŞA¹, Tülin ÇETİN^{2*}

¹İnş.Yük.Müh., Manisa,

ORCID No : <https://orcid.org/0000-0002-1587-7142>

²Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Manisa,

ORCID No : <https://orcid.org/0000-0002-1511-7338>

Anahtar Kelimeler	Öz
Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Yolların Yapım ve Bakım Onarımı Yol Üstyapısı Üstyapı Yönetimi	<i>Bu çalışmada Manisa İli Saruhanlı ilçesi sınırları dahilinde yer alan yolları kapsayan bir Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) oluşturularak elde edilen verilerin analiz edilmesiyle yolların bakım ve onarımları ile ilgili ön çalışma yapılabilirliğinin ortaya konması hedeflenmiştir. İlçe sınırları içerisinde bulunan yolların konumları, nazım imar planı ve uygulama imar planı çalışmaları ile uydu görüntülerinden faydalanılarak CBS'ne aktarılmıştır. Yollar, yollarda mevcut olan köprü ve menfezler, hemzemin geçitleri ve bakım ve onarımla ilgili ön çalışma esnasında gerekli olabilecek çeşitli veriler, mevcut projelerden ve yerinde yapılan saha incelemelerinin ardından sisteme girilmiştir. Oluşturulan CBS'nin isteğe bağlı sorgulanması ile, bakım ve onarım çalışmaları sırasında ihtiyaç duyulabilecek bilgilere rahatça erişildiği ve istenen şekil ve formatta sonuçların alınabildiği görülmüştür. Örnek vermek gerekirse, Belediye tarafından yıl içinde yapılması planlanan yol bakım ve onarımları ile ilgili ön çalışma için, sorumluluğu Belediye'de olan sathi kaplama yollar arasında bozulma durumu "Çok Kötü" olan yolların belirlenmesi istenebilir. Bu özelliğe sahip yolların listesi alınarak, toplam yol uzunlukları ve yol genişlikleri ile yolların ilçenin hangi bölümünde yer aldığı görülebilir. Böylece hem bakım onarım maliyetinin yaklaşık olarak belirlenmesi, hem de ilçe genelinde konum olarak bakım onarım planlaması yapılabilmesi mümkün olacaktır.</i>

CREATING AN INFORMATION SYSTEM REGARDING TO THE CONSTRUCTION, MAINTENANCE AND REPAIR OF ROADS: THE CASE OF MANISA – SARUHANLI

Keywords	Abstract
Geographical Information System (GIS) Construction, Maintenance and Repair of Roads Superstructure of Road Superstructure Management	<i>In this study, it is aimed to establish a Geographic Information System (GIS) related to the roads within the borders of Saruhanlı district of Manisa province and to analyze the data obtained from the GIS, and to reveal the feasibility of preliminary work on the maintenance and the repair of roads. The locations of the roads within the boundaries of the district were transferred to the GIS with the master zoning plan and the implementation zoning plan studies and using satellite images. Roads, bridges and culverts on the roads, level crossings and various data which will be required during the preliminary work on maintenance and repair, were entered into the program after the existing projects and on-site field investigations. With the optional query of the created GIS, it has been seen that the information that may be needed during the maintenance and repair works can be easily accessed and the results can be obtained in the desired shape and format. To give an example, for the preliminary work on the road maintenance and repairs planned by the Municipality during the year, it may be requested to determine the roads with "Very Bad" deterioration among the surface pavement roads whose responsibility lies with the Municipality. By getting the list of roads with this feature, total road lengths and road widths, and in which part of the district the roads</i>

* Sorumlu yazar; e-posta : tulin.cetin@cbu.edu.tr



Bu eser, Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) hükümlerine göre açık erişimli bir makaledir.

This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

are located can be seen. Thus, it will be possible to determine the maintenance and repair costs approximately, and to make maintenance and repair planning in terms of location throughout the district.

Araştırma Makalesi		Research Article	
Başvuru Tarihi	: 02.12.2021	Submission Date	: 02.12.2021
Kabul Tarihi	: 25.04.2022	Accepted Date	: 25.04.2022

1. Giriş

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de nüfus artışıyla birlikte kentler hızla büyümektedir. Büyümenin sonucu olarak yerel yönetimlerin sorumluluk alanlarının genişlemesi ile eldeki bilgi miktarının fazla olması, yönetsel olarak karar verme süreçlerinde ihtiyaç duyulan verilere kısa zamanda erişmenin zorlaşmasına neden olmaktadır. Tüm bilgilerin güncel bir şekilde saklanması ve ihtiyaç olduğunda hızlı bir şekilde erişilmesi oldukça önem arz etmektedir. Böylece hızlı ve daha doğru planlamalar yapılırken stratejik kararlar verilebilecektir.

İnsanların, diğer canlıların veya eşyaların bir yerden başka bir yere taşınması ulaşım olarak adlandırılmaktadır. Ulaşımın sağlanabilmesi için istenen iki yer arasında güzergahlar belirlenerek yollar oluşturulmaktadır. Yollar oluşturulurken, önce planlama aşamasında belirlenen kriterler doğrultusunda ihtiyaç duyulan projelerin hazırlanması, sonrasında da yapım çalışmaları olmak üzere iki aşamalı çalışma yürütülmektedir. Yolların tamamlanarak kullanıma sunulmalarının ardından, zaman içinde mevcut yollarda bozulma meydana gelmesi durumunda ise, yolun yeniden yapılma maliyetinin yüksek olması ve sürdürülebilir bir yaşam sağlamak için onarım yapılmasına karar verilmektedir. Belirli zamanlarda yolların bakımdan geçirilmesi ile, onarım veya yeniden yapım süreçlerinin mümkün olduğunca geciktirilmesi hedeflenmektedir. (Yaşa, 2020)

Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) standartlarında üstyapının durumuna göre beş farklı bakım onarım stratejisi bulunmaktadır. Bu stratejiler, 1) bakıma gerek olmayabilir, 2) rutin bakım yapılması gerekebilir, 3) koruyucu bakım yapılabilir 4) takviye tabakası uygulanabilir ve 5) yolun yeniden yapılması gerekebilir, 'dir. Yollardaki bozulmaların durumuna göre bakım amaçlı yani geçici çözümler ve iyileştirme amaçlı yani kalıcı çözümler üretilebilir. Bakım metotlarından en yaygın olarak kullanılanlar, yamalar, çatlak dolgusu ve yalıtımı, koruyucu sathi kaplama ile ince yüzey kaplamasıdır. (Sağlık ve Güngör, 2008)

Bağdatlı ve Yıldırım (2017) çalışmalarında KGM Bakım Dairesi Başkanlığı onarım metotları doğrultusunda yapılan bakım ve onarımlar için 2010 yılı birim fiyatlarına göre maliyet analizleri yapmışlardır. Yaptıkları analizler sonucunda, esnek yol üstyapı kaplamalarındaki farklı bozulmaların bakım onarım maliyetlerini 4,49 - 21,93 TL/m² arasında değişen değerlerde olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmalarının

sonucunda esnek üstyapıya sahip yolların artması ile bakım ve onarım işlerinin de arttığını, bu konulardaki karar mekanizmalarında bütçenin çok önemli bir unsur olduğunu ortaya koymuşlardır. (Bağdatlı ve Yıldırım, 2017)

Karayolları Genel Müdürlüğü her yıl düzenli olarak "Devlet ve İl Yolları Bakım-İşletme Maliyetleri" 'ni bölge müdürlükleri ve şube şeflikleri bazında açıklamaktadır. 2019 yılına ait emanet ve ihaleli yol bakım birim maliyetlerinden, makalenin örnek çalışma alanı olan İzmir Bölge Müdürlüğüne bağlı Manisa Şube şefliği ile ilgili olanlar incelendiğinde, asfalt yol bakım birim maliyetinin 40641,- TL/Km olduğu görülmektedir. (KGM, 2020)

Kentsel yönetimlerdeki yetkili kurum olan belediyelerin önemli görevlerinden biri de sorumluluk alanlarındaki ulaşım ile ilgili olarak yolların yapımı ve ardından bakım ve onarımlarının gerçekleştirilmesidir. Yukarıda bahsi geçen maliyetlerin sadece mevcut yolların bakım ve onarımları ile ilgili olduğu dikkate alındığında, yolun yeniden yapılması, kaplama tipinin değiştirilmesi veya yeni yol yapılması gibi maliyetlerde düşünüldüğünde bu maliyetlerin belediyelerin bütçelerinde ne kadar önemli bir yer tuttuğu açıktır.

Ülkemizde iller arası yollardan KGM sorumlu iken, il içindeki dahili yollardan il belediyeleri sorumludur. İllerde büyükşehir veya merkez belediyelerin yanında ilçelerde de belediye yönetimleri bulunmaktadır. İlçe sınırları içinde bazı yollardan büyükşehir veya merkez belediyeleri sorumlu iken, bazı yollardan da bizzat ilçe belediyeleri sorumlu olmaktadır. Büyükşehir veya merkez belediyelerle kıyaslandığında ilçe belediyelerinin imkanları gerek bütçe gerekse personel açısından kısıtlıdır. İlçe belediyelerinin kısıtlı bütçe imkanları ile sorumluluk alanlarında yer alan yolların durumlarını takip ederek, hangi yollarla ilgili bakım onarım çalışmalarını yapabileceklerine karar vermeleri beklenmektedir.

Sahip oldukları bütçe ve personel kısıtlarına kıyasla ilçe belediyelerinin sorumlu oldukları yol ağı ve uzunluğu fazla olmaktadır. Bu durum, eldeki imkanların en uygun ve en fazla faydayı sağlayabilecek şekilde kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Ayrıca bahsedilen maliyet faktörü, yol bakım ve onarım çalışmaları ile ilgili stratejik kararların alınmasında geniş çaplı düşünme ve değerlendirmeyi gerektirmektedir.

Herhangi bir çalışmada ihtiyaç duyulan veriler aynı zamanda konumsal bilgileri de içeriyorsa, coğrafi bilgi

sistemlerinden faydalanılabilmektedir. Bu nedenle coğrafi bilgi sistemleri, günümüzde oldukça fazla alanda kendine yer bulmaktadır. Fazla miktarda bilgi arasında istenen bilgilerin toplu olarak ve belirli formatta ele alınabilmesi amacı, günümüzün son teknolojilerinden olan Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) kullanılmasını zorunlu kılmaktadır.

Bu çalışmada, Türkiye şartlarında imkanları kısıtlı olabilecek küçük ölçekli belediyelerin, sorumluluk alanlarında bulunan yolların bakım ve onarımlarının gerçekleştirilmesinde mevcut kaynakların en optimum şekilde kullanılmasını sağlamak amacıyla CBS kullanımı incelenmiştir. Küçük ölçekli belediyelerde coğrafi bilgi sistemleri kullanımı ile üstyapı yönetiminin gerçekleştirilebileceği ve bu sayede kısıtlı imkanlarla ve sınırlı sayıda personel ile karar mekanizmalarının daha hızlı çalışabileceği ve maliyetin yanında zamandan da tasarruf edileceği gösterilmek istenmiştir. Bu amaçla Manisa İli Saruhanlı ilçesi örnek olarak alınmış, yollar ve yollarla ilgili bilgileri içeren bir CBS hazırlanmıştır. Hazırlanan CBS'nden alınan verilerin grafiksel olarak analiz edilmesiyle belediyelerin yollarla ilgili yapmayı planladıkları işlerle ilgili, güncellenebilir bir veri tabanı oluşturulması sayesinde ön çalışma yapılabilmesi hedeflenmiştir. Sonuç olarak bu çalışma ile hızlı, kaliteli ve doğru iş planlaması yapılabileceği ve yerel idareler açısından faydası ortaya konmuştur.

Makalenin ilk bölümünde bilimsel yazın taramasına yer verilmiştir. Ardından coğrafi bilgi sistemlerinin kısa bir tanıtımı ve yolların bakım onarımı ile ilgili genel bilgiler sunulmuştur. Sonrasında çalışma için seçilen yerleşimin kısa tanıtımıyla birlikte hazırlanan çalışma anlatılmıştır. Yollarla ilgili bozulma durumunun belirlenmesine değinilip bulgular değerlendirilerek, elde edilen sonuçlardan bahsedilmiştir.

2. Bilimsel Yazın Taraması

Konu ile ilgili çalışmalar incelendiği zaman, dünyada ve Türkiye'de yolların kaplamaları ile ilgili mevcut bilgilerin bir üstyapı yönetim sistemine kaydedilerek, yolların bakım ve onarımları ile ilgili kararların alınmasında ve ihtiyaç olduğunda yeniden yol yapımı düşünülmesi durumunda karar verici konumdaki ilgili idarelere yardımcı olunmasının hedeflendiği görülmektedir. Üstyapı yönetimi sırasında bütçeyi dikkate alarak maliyetleri düşürmek amacıyla, yapılan tüm çalışmalarda maliyet unsurları da göz önüne alınmaktadır. Bu konuda farklı uygulamalar önerilirken, en çok kullanılan programlardan birinin coğrafi bilgi sistemleri olduğu anlaşılmaktadır

Jidol, Ejiri, Otazawa ve Kobayashi (2005) ve Kobayashi, Ejiri ve Do (2008) yol üstyapı bakım maliyetlerini kontrol etmek amacıyla muhasebe sistemi ile entegre bir üstyapı yönetim sistemi uygulaması önermişlerdir.

Pantha, Yatabe ve Bhandary (2010), Silva, Deus ve Tenedório (2012), Abulizi, Kawamura, Tomiyama ve Fujita (2016), Hadidi, Naghawi, Al Kilany ve Al Sharief (2016), Bazlamit, Ahmad ve Al-Suleiman (2017), Almuhanha, Ewadh ve, Alasadi (2018), Nodrat ve Kang (2018), Torres-Machi ve diğ. (2018), Ribeiro, Capitão ve Correia, (2019) ve Zagvozda, Dimter, Moser ve Barišić (2019) yaptıkları çalışmalarda farklı ülkelerdeki farklı şehirler ve bölgelerde yollardan sorumlu kurumların bakım ve onarım çalışmaları için ihtiyaç duyacakları yolların mevcut üstyapı durumları ve bozulmaları ile ilgili verileri CBS'ne girmişlerdir. Sonuçta bakım ve onarım ihtiyaçlarının tespit edilmesi, alternatif bakım planlarına karar verilmesi, maliyetlerin düşürülmesi ile ilgili, sorumlu kurumlara yardımcı olma konusunda CBS'nin etkin olarak kullanılabildiğini ortaya koymuşlardır.

Murat ve Saldıroğlu (2013), Terzi ve Ahmed (2020) ve Nautiyal ve Sharma (2021) CBS kullanımı ile ilgili çalışmalarında örnek olarak kırsal bölgelerde bulunan yolları dikkate almışlardır. Murat ve Saldıroğlu (2013) Denizli'deki köy yolları envanterinin güncellenmesi ve kırsal altyapı hizmetlerinin teknik yöntemlerle belirlenmesi için CBS destekli bir çalışma yapmışlardır. Terzi ve Ahmed (2020), çalışmalarında, iklim ve yol trafik hacmi verilerini de dikkate alarak kırsal yollarda CBS'nin üstyapı yönetim sistemi için kullanılabilirliğini göstermişlerdir. Nautiyal ve Sharma (2021) ise Hindistan'daki 203 kırsal yolun kaplama tipi, mevcut üstyapı durumu, trafik hacmi gibi verileri CBS'ne girerek, her yol için en uygun bakım ve onarım tekniği seçimi ile öncelik sıralaması yapmışlardır.

Tatar ve diğ. (2021), CBS'nin Türkiye'deki tarihsel gelişimini ve mevcut durumu inceleyerek benzer verilerin farklı kurumlarca kendi çalışma düzenlerine uygun olarak farklı tip, ölçek ve özelliklerde tutulduğunu ortaya koymuşlardır. Yine aynı çalışmada, yerel idarelerde verilerin CBS yerine çoğunlukla bilgisayar destekli çizim programları üzerinde tutulması, her verinin yeri geldiğinde farklı dosyalarda saklanması, konuyla ilgili verilerin bir veri tabanı ile bağlanamamasından dolayı veri depolama ve yönetimi konusunda zorluklarla karşılaşıldığını belirtmişlerdir.

Zhang, Smith ve Hudson (2001) bir coğrafi bilgi sistemini üstyapı yönetim sistemine entegre etmenin, sadece yeni bir yazılım ilave edip çalıştırmaktan ibaret olmadığını, başarılı bir CBS uygulamasının personel ve CBS becerileri, çalışılan organizasyonun yapısını ve kurumsal ilişkileri de içermesi gerektiğini ortaya koymuşlardır.

Fırat, Dursun, İnce, Talu ve Aydoğdu (2015), kentsel alt yapı sistemlerinin CBS üzerinde kontrol edilmesi, analizi, sorgulanması amacıyla web üzerinde çalışan bir yazılım geliştirmişlerdir. Çalışmalarında basılı kağıtlarda yürütülen, kontrolü zor ve zaman alıcı işlerin

sayısal ortamda rahatlıkla yapılabildiğini göstermişlerdir.

Yapılan bilimsel yazın taramasına göre, CBS'nin birçok alanda olduğu gibi üstyapı yönetim sistemi için de sıklıkla kullanıldığı görülmektedir. Üstyapı yönetimi ile ilgili CBS çalışmaları incelendiğinde, çalışmaların büyük çoğunluğunun bütün bir ili veya bölgeyi kapsayan büyük ölçekli sistemler olduğu görülmektedir. Büyük alanları içeren CBS'ni kurarken ve kullanırken gerek sahada gerekse bilgisayar başında çalışacak çok sayıda personele ihtiyaç olacağı açıktır. Bu çalışmada hedeflenen, bütçe kısıtlarının yanında personel yetersizliği çeken küçük belediyelerde bile CBS kullanımı ile yolların üstyapı durumlarının takip edilebileceğidir.

3. Yöntem

3.1 Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

Heywood, Cornelius ve Carver (1998) CBS'nin, coğrafi verileri bir araya getiren, kaydeden, kontrol edip istenilen amaç doğrultusunda kullanan, analiz eden bir sistem olduğunu söylemiştir. CBS'nin yapısı gereği bilgilerin tek bir sistem üzerinde bir arada bulunması ile, bilgi değişikliklerinin farklı yerlerde işlenmesi yerine aynı yerde işlenmesi sayesinde verilerin bir arada ve güncel halde olmalarına olanak sağlanmaktadır. Böylece hazırlanan veri tabanı ile doğru bilgiye en hızlı şekilde erişmek mümkündür. Kapsamı çok geniş ve maliyeti yüksek olan projelerde CBS kullanılmasının kazandıracığı zaman ve sağlayacağı maliyet karı oldukça büyük olacaktır. (Yaşa, 2020)

CBS'de çalışma, bilgilerin aynı koordinat sistemi üzerinde farklı tabakalarda girilmesi şeklinde olmaktadır. Sistemin farklı tabakalar ile çalışması sonucunda, ihtiyaç duyulması halinde sadece istenen verilerin görüntülenmesi sağlanarak verilerdeki değişikliklerin sisteme girilmesi kolaylaşmış ve sistemin güncel tutulması sağlanmış olmaktadır. Ayrıca istenen sayıda verinin istenen formatta bir arada görüntülenmesi, kullanıcılar açısından verimliliği arttırmaktadır. (Yaşa, 2020)

CBS üzerinde kullanılacak olan veriler, konumsal yani grafik veriler ve öznitelik bilgisi yani grafik olmayan veriler olarak iki grup altında toplanabilir. Grafik veriler, coğrafi detayların koordinatlar ile ifade edilmesiyle oluşturulan haritalardır. Grafik olmayan veriler ise, grafik verilerin tanımlanması amacıyla sözel ve tanımlayıcı olarak girişi yapılan öznitelik bilgileri için kullanılmaktadır. Grafik ve grafik olmayan verilerin birbiri ile ilişkilendirilmesi sonucunda, herhangi bir nesnenin konumsal ve öznitelik bilgilerinin bir arada analiz edilmesinin yolu açılmaktadır. İki gruptaki verilere, çalışmadan örnek vermek gerekirse, yolların uydu görüntüleri ve koordinatlarıyla birlikte harita üzerine işlenmesi grafik veri girişidir. Bu yolların

kaplama malzemeleri ve bozulma dereceleri gibi bilgiler kaydedilmesi ise grafik olmayan veri girişidir. (Yaşa, 2020)

CBS, belediyeler özelinde kent içi altyapı işleri, imar planları, fen işleri, ulaşım planlaması, beldelere götürülecek hizmetlerin planlanması ve buna benzer birçok alanda kullanılabilmektedir. Halihazırda bulunan yolların üstyapı durumlarının işlenmesiyle birlikte, yolların mevcut durumları ile ilgili eksikliklerin ve önceliklerin belirlenmesi, yeni yapılması düşünülen yolların planlanması ve ulaşım sistemlerinin oluşturulması mümkün olmaktadır. (Töreayen, Özdemir ve Kurt, 2013)

Ülkemizde yerli ve yabancı firmalara ait, Türkçe ve farklı dillerde menülere sahip çok sayıda CBS programı kullanılmaktadır. CBS programları incelendiğinde özünde aynı işlemleri yaptıkları görülmektedir. Tüm bu program çeşitliliğinde, imkanları kısıtlı küçük belediyeler için CBS seçerken, sistemi kullanacak personelin deneyim eksikliği göz önünde bulundurularak Türkçe menülere sahip ve kullanım kolaylığı olan programlar tercih edilmelidir. Programların temel işleyişi aynı olduğundan, yollarla ilgili hangi verilerin girileceği, bu verilerin CBS'nde yer alan veri tabanında ne şekilde yer alacağı yapılan çalışmalar arasındaki farkı ortaya koymaktadır. Bu çalışmada Saruhanlı Belediyesinde kullanılmaya potansiyeli olabilecek Türkçe menülere sahip bir CBS programı kullanılmıştır. Ancak oluşturulan veri tabanı formatı farklı CBS programlarına da uyarlanabileceğinden, CBS program ismi verilmemesi tercih edilmiştir.

3.2 Yolların Yapım Bakım ve Onarımı

Yol üstyapısında meydana gelen bozulmalar; yoldan geçen trafik sayısı ve yükleri, iklim faktörü ve çevre etkisi, yolun yapımı ve tasarımı sırasında yapılan hatalar, yolun yapımında kullanılan malzeme kalitesi gibi etkenlerden ileri gelmektedir. Bozulma tipleri, çatlaklar (timsah sırtı çatlak, kenar çatlakları, enine çatlaklar, boyuna çatlaklar, bölgesel çatlaklar) ve yüzey bozuklukları (tekerlek izi oluşması, ondülasyon, lokal oturmalar, terleme, segregasyon) olarak gruplandırılabilir. (Sağlık ve Güngör, 2008)

Onarım işlemine geçmeden önce meydana gelen hasarın tipinin belirlenmesi ve hasarın meydana gelme gerekçelerinin ortaya konması gerekmektedir. Böylece belirlenen hasar tipine göre hangi onarım yönteminin kullanılabileceği seçilerek yapılacak maliyet analiziyle birlikte ortaya konmaktadır. Sonraki aşamada ise idarelerin onarımın yapılmasına karar vermesi halinde çalışmalar başlamaktadır.

3.3 Çalışma

Ülkemizde yollardan sorumlu kurumlara bakıldığında, iller arası yollarla ilgili olarak KGM'nin, il içindeki yerel yollarla ilgili olarak ise belediyelerin sorumlu olduğu görülmektedir. Yerleşim birimleri içindeki yollar ile mahalleler ve beldeler arasındaki tüm yollarla ilgili çalışmalar belediyeler tarafından yürütülmektedir. Yollarla ilgili yapılan çalışmaların yüksek maliyetli olması nedeniyle, bu çalışmalar belediyelerin bütçelerinde önemli yer tutmaktadır. Yolların yapıldıktan sonra zaman içinde kapasite yetersizliği veya trafik ya da meteorolojik şartlardan dolayı bozulmaları nedeniyle yapılacak çalışmalar da, belediyelerin sorumluluğundadır. Bu nedenle belediyeler açısından mevcut yolların durumu ile ilgili bilgilerin değerlendirilmesi, yatırım planları açısından öncelikli konu haline gelmektedir. (Yaşa, 2020)

Bu çalışmada Manisa İli'nde yer alan Saruhanlı ilçesi sınırları içindeki yolların bakım ve onarımları sırasında ve yeni yolların planlanması durumunda ihtiyaç duyulabilecek bilgilerin CBS'nde tutulması ve konu ile ilgili yatırım planlamalarının yapılması sırasında bu bilgilerden faydalanılması hedeflenmektedir. Saruhanlı ilçesi sınırları içinde bulunan yolların mevcut durumları, üstyapı bilgileri, yol üzerinde bulunan köprü ve menfezler ile hemzemin geçitleri CBS üzerinde oluşturulan harita ve veri tabanına aktarılmıştır. Böylece yolların üstyapısı ile ilgili çalışmalar sırasında, yolda yer alan sanat yapısı ve geçit gibi yol unsurlarının da dikkate alınması hedeflenmiştir. Çalışma sonucunda CBS kullanarak oluşturulan veri tabanı ile herhangi bir bakım ve onarım ve planlama çalışması öncesinde ihtiyaç duyulan verilere erişilmek istenmiştir. Böylece kaliteli, hızlı ve doğru iş planlamasının daha iyi yapılabilirliği ve güncellenebilen bir veri tabanı oluşturulmasının planlama açısından avantajları incelenmiştir. (Yaşa, 2020)

Saruhanlı ilçesi Şekil 1'den görüleceği üzere kuzeyde ve kuzeydoğuda Manisa ili Akhisar ilçesi, doğuda Manisa ili Gölçmarmara ilçesi, güneydoğuda Manisa ili Ahmetli ilçesi; güneyde Manisa ili Turgutlu ilçesi, güneybatıda Manisa merkezi ve kuzeybatıda İzmir ilinin Kınık ilçesi ile çevrilidir. İstanbul- İzmir devlet yolu ve İzmir-Bandırma tren hattı ile İzmir-Ankara tren hattı ilçe sınırlarından geçmektedir. (www.saruhanli.bel.tr, 2019)

2019 yılı adrese dayalı nüfus kayıt sistemi sonuçlarına göre Saruhanlı ilçesi, merkezde 21.209 , mahallelerde 34.131 kişi olmak üzere toplamda 55.340 kişilik nüfusa sahiptir. 2019 yılı itibarıyla Saruhanlı 50 mahalleden oluşmaktadır. (www.saruhanli.bel.tr, 2019)



Şekil 1. Manisa - Saruhanlı ilçesi sınırları

Saruhanlı ilçesinin çalışmaya esas alan olarak seçilme gerekçelerinden en önemlisi, çalışma sırasında Saruhanlı Belediyesi bünyesinde herhangi bir CBS veya üstyapı yönetim bilgi sistemi kullanılmıyor olmasıdır. Nüfusu küçük ve imkanları diğer belediyelere göre daha kısıtlı olan belediyelerde coğrafi bilgi sistemi kullanımı ile üstyapı yönetimi ve üstyapı konusunda yapılacak çalışmalarda bilgiye erişim kolaylığının gösterilmesi hedeflenmiştir.

KGM'nin 2019 yılı verilerine göre Manisa'da devlet ve il yollarının toplamı 1048 km. dir. (www.kgm.gov.tr, 2019) Saruhanlı sınırları içinden geçen İzmir – İstanbul otoyolu ve Saruhanlı kavşağı 2019 yılında yapımı tamamlanarak hizmete açılmıştır. Ayrıca Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından İzmir – Bandırma tren yolu hattı üzerinde hızlı tren çalışmaları sürdürülmektedir.

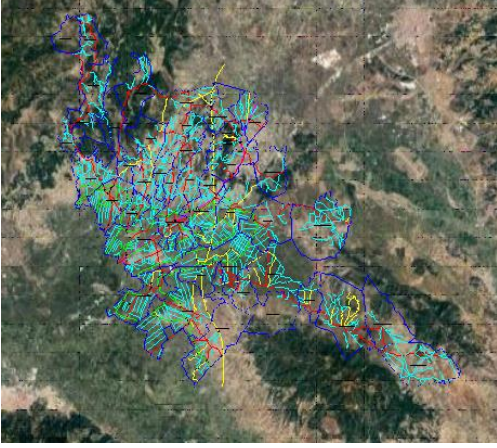
Saruhanlı ilçesinde mevcut olan yollarla ilgili olarak, ilçeden geçen devlet yolları ile otoyol KGM, köy-mahalle ve beldelerin bağlantı yolları ile ilçe içindeki 18m ve daha geniş yollar Manisa Büyükşehir Belediyesi, diğer yollar ise Saruhanlı Belediyesi sorumluluğundadır. Yollardaki asfaltlama ile bakım onarım çalışmaları, yolların sorumluluğunda olduğu kurumlar tarafından gerçekleştirilmektedir.

Çalışma kapsamında, ilçe sınırları içerisinde bulunan yolların belirlenebilmesi amacıyla planlanmış olan yollarla ilgili Saruhanlı belediyesine ait 1/5000 ölçekli nazım imar planı ile 1/1000 ölçekli uygulama imar planı çalışmaları ve uydu görüntüleri kullanılmıştır. CBS programları, Google, Yandex, Bing vs. gibi çeşitli sağlayıcıların haritaları ile çalışabilmektedir. Böylece uydu görüntülerinin anlık olarak çevrimiçi bir şekilde görüntülenmesi mümkün olmaktadır.

Planlar ve uydu görüntüleri yardımıyla, öncelikle ilçe ve ilçe sınırları içinde yer alan beldelerin sınırları belirlenmiştir. İlçe sınırları içinde bulunan ana yol ve bağlantı yolları temin edilen 1/5000 ölçekli nazım imar planından, diğer yollar ise 1/1000 ölçekli uygulama imar planından ve plansız olan alanlardaki yollar ise

uydu görüntülerinden ve 2019 yılı içinde yerinde yapılmış olan saha incelemelerinden faydalanılarak CBS 'ne aktarılmıştır.

CBS'de çizilen yollar cinslerine göre (otoyol, devlet yolu, bağlantı yolu gibi) gruplandırılarak, Şekil 2'de de görüleceği üzere, farklı renk ve katmanlarda kaydedilmişlerdir.



Şekil 2. CBS'de Oluşturulan Yol Güzergâhlarının Görüntüsü

Bu şekilde görsel olarak yollar arasında ayırım yapılabilmesi kolaylaştırılmış ve haritaya detaylı bakmaya gerek olmaksızın fikir edinilmesi hedeflenmiştir. Yol güzergâhlarının sistem üzerine işlenmesiyle beraber yollardaki köprü, menfez ve hemzenin geçitler de gerek mevcut planlar gerekse sahada yapılan incelemeler ile belirlenerek harita üzerine noktasal olarak kaydedilmiştir.

Söz konusu CBS, yolların yapım, bakım ve onarımında ön çalışma gerçekleştirilebilmesi amacıyla hazırlanmaktadır. Yol, köprü, menfez ve hemzemin geçitlerle ilgili yapılabilecek ön çalışmalarda gerekli olabilecek bilgiler, yapılan bilimsel yazın taraması sırasındaki incelemeler ve ilgili belediye yetkilileri ile yapılan görüşmeler dikkate alınarak, aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

- Yolların konumlarına göre ayırt edilebilmesi için il, ilçe ve mahalle bilgileri,
- Yolların birbirlerinden ayrılabilmesi için verilmiş olan yol isimleri,
- Yolun hangi amaca hizmet ettiğinin ve yol tipinin belirlenebilmesi için yol cinsi,
- Yapı, bakım ve onarımdaki çalışmaların maliyetlerinin tahmin edilebilmesi için yolların uzunluk ve genişlik değerleri,

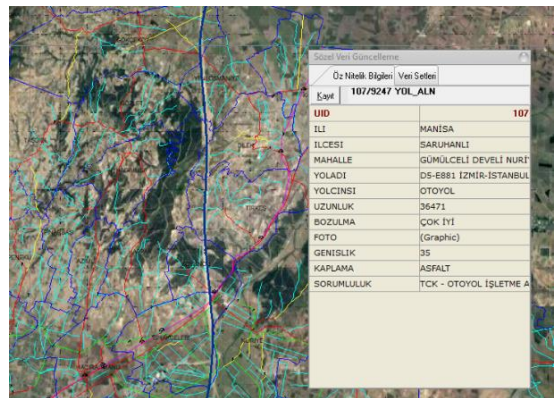
- Bakım onarım veya yenilemelerde kullanılacak olan malzemenin belirlenmesinde yardımcı olmak için mevcut yol kaplama malzemeleri,
- Yolun mevcut durumu ile ilgili bilgi verme amacıyla bozulma durumu,
- Yolla ilgili hatırlatma ve özellikle bozulma durumları ile ilgili bilgi verme amaçlı fotoğraflar,
- Yollardan sorumlu olan kurum bilgileri,
- Köprü ve menfezler için taşıyıcı sistem bilgisi,
- Geçitlerle ilgili kontrol durumu bilgisi.

CBS üzerinde temel olarak üç tabaka kullanılmıştır. Birinci tabakada ilçenin ve mahallelerin sınırlarını gösteren plan bulunmaktadır. İkinci tabakada yolla ilgili tüm detay bilgiler yer almaktadır. Üçüncü tabakada ise, yollarda bulunan köprü, menfez ve geçit noktalarının konumları ile ilgili bilgileri bulunmaktadır.

İlçe sınırları içinde yer alan yolların uzunlukları, güzergahın CBS üzerinde işaretlenmesi ile otomatik olarak belirlenmiştir. Fotoğraf, yol genişliği, kaplama tipi, yolun sorumluluğunda olduğu kurum adı, yol adı, bozulma durumu ile ilgili bilgiler ise her yol özelinde farklı olmaları nedeniyle ayrı ayrı girilmiştir. Yolların genişliklerinin belirlenebilmesi için, mevcut planlar ile sahada yapılan inceleme çalışmalarında ölçülen genişlik değerleri karşılaştırılmıştır. Planlar ile saha ölçümlerinin tutarsız olması durumunda, daha gerçekçi sonuçlar elde edilebilmesi için sahada yapılan ölçümlerden elde edilen mevcut yol genişlikleri sisteme girilmiştir.

Mevcut yollardan sorumlu olan kurumlar, Saruhanlı Belediyesinden öğrenilerek sisteme giriş yapılmıştır.

CBS'nde girilen verilere örnek olarak Saruhanlı ilçesinden geçen İzmir - İstanbul otoyolu ile girişler Şekil 3'te gösterilmektedir.



Şekil 3. Saruhanlı İlçesinden Geçen İzmir - İstanbul Otoyolu İle İlgili CBS 'de İşlenen Bilgiler

Yapılan incelemelerde 2019 yılı itibariyle Saruhanlı ilçesi sınırları içinde 164 betonarme köprü, 33 menfez geçidi ve 10 hemzemin geçit olduğu tespit edilmiştir. Köprülerle ilgili olarak sahada yapılan incelemelerde, köprü ayakları arası mesafeler ölçülerek köprülerin uzunlukları, köprü üzerinde kenarlarda bulunan korkuluklar arası mesafeler ölçülerek ise köprü genişlikleri belirlenmiştir. Girişi yapılan menfezler için, öncelikle Belediye’de projeleri olup olmadığı araştırılmıştır. Sonrasında yerinde yapılan ölçümlerle varsa menfez proje bilgileri kıyaslanarak menfezlerin boyutları belirlenmiştir. Saruhanlı ilçesinden geçen İzmir – Bandırma demiryolu hattını kesen hemzemin geçitlerle ilgili olarak, yerinde gözlem ve ölçümler yapılarak mesafe ve kontrol durumları sisteme girilmiştir.

3.4 Belirlenen Yollarda Bozulma Durumunun Belirlenmesi

Bu çalışmada yollarda bozulma tipleri Sağlık ve Güngör (2008) tarafından hazırlanan Karayolları Esnek Üstyapılar Projelendirme Rehberi’nde belirtildiği gibi timsah sırtı çatlaklar, kenar çatlakları, enine çatlaklar, boyuna çatlaklar, bölgesel çatlaklar, tekerlek izi oluşması, ondülasyon, lokal oturmalar, terleme ve segregasyon olarak alınmıştır. 2019 yılının haziran ve aralık ayları arasında çalışma alanı içindeki tüm yollarda yerinde yapılan inceleme ve gözlemlerle yol üstyapıları bozulma durumlarına göre değerlendirilmiş ve Tablo 1’de örneği verildiği gibi yolların üstyapı bozulma yüzdeleri belirlenmiştir. Aşağıda verilen Tablo 1’de elde edilen verilerin tamamı yerine, üç adet örnek yol verisi listelenmiştir.

Tablo 1

Bozulma Yüzdelerine Göre Üstyapı Değerlendirme Formu

Yol No	Kaplama	Yol Adı	Bozulma Tipi ve Yüzdeleri									
			Timsah Sırtı Çatlak	Kenar Çatlakları	Enine Çatlaklar	Boyuna Çatlaklar	Bölgesel Çatlaklar	Tekerlek İzi Oluşması	Ondülasyon	Lokal Oturmalar	Terleme	Segregasyon (Agrega Ayrışması)
125	Sathi	Dilek Kayışlar Bağlantısı	25	35	30	25	40	35	35	30	35	0
152	Sathi	Çamliyurt Yolu	35	30	50	30	35	25	20	20	10	30
153	Sathi	Halitpaşa -Çınaroba Yolu	20	15	25	25	15	15	5	0	25	

Bozulma yüzdeleri belirlenirken, yolun toplam uzunluğu ile yolun ne kadar uzunlukta bir kesiminde söz konusu bozulmanın olduğuna dikkat edilmiştir. Yolda tespit edilen bozulma uzunluğu ile toplam yol

uzunluğunun oranı, bozulma yüzdesi olarak belirlenmiştir.

Bir yol üzerinde aynı konumda birden fazla bozulma tipi ile aynı anda karşılaşılabilmektedir. Örnek olarak bir yolun belirli kesiminde ondülasyon, kenar çatlakları, terleme, bölgesel çatlaklar gibi farklı bozulma tipleri bir arada görülebilmektedir. Tablo 1’de örnek olarak verilen yollardan 125 no.lu yolda, toplam uzunluğunun %35’inde kenar çatlakları, %25’inde timsah sırtı çatlak ve çeşitli oranlarda diğer bozulmaların olduğu anlaşılmaktadır. 125 no.lu yoldaki kenar çatlakları ve timsah sırtı çatlaklarının bir kısmı yolun aynı konumunda, bir kısmı ise yolun farklı konumlarında olabilmektedir. Bu nedenle bu iki bozulma tipinin toplam uzunluğuna göre oranının her iki bozulmanın aynı konumda meydana gelmesi durumunda en az %35, her iki bozulmanın farklı konumlarda meydana gelmesi durumunda ise en fazla %60 olduğu düşünülebilir.

İncelenen yollardaki üstyapılarda tespit edilen bozulmalar, bozulmaların şiddetine göre 5 seviyede derecelendirilmiştir. Derecelendirme sahada yapılan inceleme ve gözlemler neticesinde bozulma olmayan yerlerde 0 ve bozulmanın en fazla olduğu yerlerde 2 olarak belirlenmiştir. Bozulma şiddetinin alt ve üst sınırların arasında kalması durumunda ise, yerine göre 0,5 , 1 ve 1,5 değerleri verilmiştir.

Yapılan tüm değerlendirmeler, Tablo 2’de gösterildiği şekilde listelenmiştir. Aşağıda gösterilen Tablo 2’de, Tablo 1’de olduğu gibi verilerin tamamı yerine aynı üç örnek yol verisi gösterilmiştir.

Tablo 2

Bozulma Derecesine Göre Üstyapı Değerlendirme Formu

Yol No	Kaplama	Yol Adı	Bozulma Tipi ve Dereceleri									
			Timsah Sırtı Çatlak	Kenar Çatlakları	Enine Çatlaklar	Boyuna Çatlak	Bölgesel Çatlaklar	Tekerlek İzi Oluşması	Ondülasyon	Lokal Oturmalar	Terleme	Segregasyon (Agrega Ayrışması)
125	Sathi	Dilek Kayışlar Bağlantısı	1,5	1,5	1,5	1,0	2,0	1,5	1,0	1,5	1,5	0,0
152	Sathi	Çamliyurt Yolu	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,0	1,5	1,0	1,0	1,5
153	Sathi	Halitpaşa-Çınaroba Yolu	1,0	1,0	1,5	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,5

Tablo 1 ve Tablo 2’de gösterilen değerlendirme formlarında yer alan bilgiler, CBS’ne daha önce bahsedilen bilgiler gibi gerek konumsal gerekse öznitelik bilgileri olarak kaydedilmektedir.

Her yolda her bir bozulma tipi için gözlemsel olarak belirlenen bozulma yüzdeleri ile bozulma tipinin yine gözlemsel olarak belirlenen derecesi çarpılarak,

bozulma puanı elde edilmiştir. Her yolda bozulma tipleri için ayrı ayrı bulunan bozulma puanlarının aritmetik ortalaması alınarak, yolun ortalama üstyapı puanı belirlenmiştir.

Tablo 1’de örneği verilen bozulma yüzdeleri ile Tablo 2’de örneği verilen bozulma dereceleri çarpılarak yola ait bozulma puanını elde edildiğinden, bozulma şiddetinin derecelendirmesinde 0,5 ‘in katları olacak şekilde 0-2 arasındaki sayılar tercih edilmiştir. Böylece bozulma yüzdesindeki değerin bozulma puanı içindeki katkısının daha yüksek olması hedeflenmiştir.

Yolların bozulma durumları, iki ayrı kategoride incelenmiştir. İlk olarak yollar, ortalama bozulma puanına göre değerlendirilmiştir. İkinci kategoride ise yollar, her bozulma tipi için ayrı ayrı olmak üzere belirlenen puan sınırının tek bir bozulma tipinde aşılması durumuna göre değerlendirilmiştir.

Birinci kategoride yani ortalama bozulma puanına göre yapılan bozulma durumunun değerlendirilmesinde, Sağlık ve Güngör tarafından hazırlanan Karayolları Esnek Üstyapılar Projelendirme Rehberi’ne (2008) benzer şekilde ve çalışma dahilinde elde edilen puanlamaların incelenmesiyle yazarlar tarafından çalışmaya özel olarak hazırlanan Tablo 3’ten faydalanılmıştır. Yolun ortalama üstyapı puanının 55’i geçmesi durumunda bozulma durumu “Çok Kötü”, 40-55 arası “Kötü”, 25-40 arası “Normal”, “15-25” arası “İyi” ve “0-15” arası “Çok İyi” olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 3

Üstyapı Bozulma Durumunun Ortalama Puana Göre Değerlendirilmesi

Üstyapı Puanı	Bozulma Durumu
0-15	Çok İyi
15-25	İyi
25-40	Normal
40-55	Kötü
55-55+	Çok Kötü

Yolların bozulma durumlarının ikinci kategoride yani bozulma tiplerinden herhangi birindeki bozulma puanına göre değerlendirilmesinde, yine Sağlık ve Güngör tarafından hazırlanan Karayolları Esnek Üstyapılar Projelendirme Rehberi’ne (2008) benzer şekilde ve çalışma dahilinde elde edilen puanlamaların incelenmesiyle yazarlar tarafından çalışmaya özel olarak hazırlanan Tablo 4’ten faydalanılmıştır. Yolun bozulma tiplerinden herhangi birindeki bozulma puanının 75’i geçmesi durumunda yol “Çok Kötü”, “55-75” arasında “Kötü”, “0-55” arasında ise “İyi” olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 4

Herhangi Bir Bozulma Puanına Göre Üstyapı Bozulma Durumunun Değerlendirilmesi

Bozulma Durumu	Herhangi Bir Bozulma Puanı
İyi	0-55
Kötü	55-75
Çok Kötü	75-75+

İki tablo kıyaslandığında, ortalama üstyapı puanına göre yolun “Çok Kötü” olarak nitelendirilmesi için puanın 55 ve üzeri olması yeterli iken, herhangi bir bozulma puanına göre yolun “Çok Kötü” olması için puanının 75 ve üzeri olması gerektiği görülmektedir.

Yolların bozulması ile ilgili her iki kategoride yapılan değerlendirmelerden daha kötü seviyede olan değerlendirme, sonuç olarak dikkate alınmıştır. Burada hedeflenen hem bozulma tipinin hem de bozulma şiddetinin ayrı ayrı en kötü durumunun seçilebilmesine olanak sağlamaktır.

Her yol için, her bozulma tipine göre hesaplanan bozulma puanları ile ortalama üstyapı bozulma puanı değerlendirmeleri, Tablo 5’te verilmiştir.

Tablo 5

Bozulma Puanına Göre Üstyapı Değerlendirme Formu

Yol Adı	Bozulma Tipi ve Puanları													
	Timsah Sırtı Çatlak	Kenar Çatlakları	Enine Çatlaklar	Boyuna Çatlaklar	Bölgesel Çatlaklar	Tekerlek İzi Oluşması	Ondülasyon	Lokal Oturmanlar	Terleme	Segregasyon (Agrega Ayrışması)	Ortalama Üstyapı Puanı	Üstyapı Durumu (Ortalamaya Göre)	Üstyapı Durumu (Herhangi Bir Bozulma Puanına Göre)	
Dilek - Kayışlar Bağlantısı	37,50	52,50	45,00	45,00	25,00	80,00	52,50	35,00	45,00	52,50	0,00	42,50	Kötü	Çok Kötü
Çamlıyurt Yolu	52,50	45,00	75,00	45,00	52,50	25,00	30,00	20,00	10,00	45,00	40,00	40,00	Kötü	Kötü
Halitpaşa -Çınaroba Yolu	20,00	15,00	37,50	37,50	15,00	15,00	15,00	5,00	0,00	37,50	19,75	40,00	İyi	İyi

Tablo 5’te de, Tablo 1 ve Tablo 2’de olduğu gibi verilerin tamamı yerine tablolar arası devamlılığı sağlamak amacıyla aynı üç örnek yol verisi gösterilmiştir.

Tablo 5’te yer alan bozulmalara göre puanlar, ortalama üstyapı puanı, ortalama üstyapı puanına göre ve üstyapı durumuna göre değerlendirmeler, CBS’nde yer alan veri tabanı sorgulamaları ekranı ile elde edilmiştir.

Tablo 5’i açıklamak üzere bir örnek vermek gerekirse, herhangi bir yolda herhangi bir bozulma tipinin, mesela lokal oturmanın, tüm yol uzunluğunun %30 ‘unda

meydana gelmiş olduğunu ve bozulma derecesinin 2 olduğunu, yolda başka bir bozulma olmadığını (diğer tüm bozulma oranları %0) varsayalım. Bu durumda lokal oturmanın bozulma puanı $30 \times 2 = 60$, diğer dokuz bozulmanın puanı ise 0 olacaktır. Bu yolun, tüm bozulma puanlarının aritmetik ortalaması alınarak hesaplanan ortalama üstyapı puanı 6'dır. Ortalama üstyapı puanına göre üstyapı durumu incelendiğinde 6, 0-15 sınır değerleri arasında olduğundan yol "Çok İyi" olarak sınıflandırılacaktır. Her bir bozulma puanının ayrı ayrı değerlendirilmesiyle bozulma puanlarının en yükseği olan 60 dikkate alındığında, 55-75 sınır değerleri arasında kaldığından yol "Kötü" olarak sınıflandırılacaktır. Bu orandaki ve şiddetteki bir lokal oturmanın neredeyse yol üzerinde çukur oluşturacak seviyeye gelme durumu göz önüne alındığında, ortalama bozulma puanına göre yolun durumu için yapılan "Çok İyi" değerlendirilmesi dikkate alınmamalıdır. Bu nedenle herhangi bir bozulma puanına göre yapılan değerlendirme olan "Kötü", sonuç olarak alınacaktır.

Benzer şekilde bir yolda bozulma tiplerinin tamamının yer aldığını ve bozulma puanlarının 40 civarında olduğunu varsayalım. Herhangi bir bozulma puanına göre yapılacak değerlendirmede, tüm puanlar 40 civarı olduğundan yol "İyi" olarak değerlendirilecektir. Ancak bozulma puanlarının aritmetik ortalaması alındığında ve bu değer 40 üzeri olduğu görüldüğünde, yol "Kötü" olarak nitelendirilecektir. Bozulma tiplerine göre tek tek bakıldığında puanlar düşük görünse de, çok fazla çeşitte ve konumda bozulma görüldüğü için yol konforu ciddi şekilde bozulacağından yolun "İyi" olarak değerlendirmesi uygun olmayacaktır. Bu nedenle ortalama bozulma puanına göre yapılan değerlendirme olan "Kötü", sonuç olarak alınacaktır.

Bozulma durumlarını göstermek amacıyla CBS'ne eklenmiş olan fotoğraflar arasından Tablo 1, 2 ve 5'te örnek olarak gösterilen yollara ait olanlar, Şekil 4'te verilmektedir.



a) Bozulma Durumu : "İyi"



b) Bozulma Durumu : "Kötü"



c) Bozulma Durumu : "Çok Kötü"

Şekil 4. Yolların Bozulma Durumları İçin Örnek Fotoğraflar

Yolun bozulma durumunun "İyi" olmasına Şekil 4.a'da yer alan Halitpaşa - Çınaroba Yolu fotoğrafı, "Kötü" olmasına Şekil 4.b 'de yer alan Çamlıyurt Yolu fotoğrafı ve "Çok Kötü" olmasına Şekil 4.c 'de yer alan Dilek - Kayışlar bağlantısındaki yolun fotoğrafı örnek olarak verilmektedir.

4. Bulgular

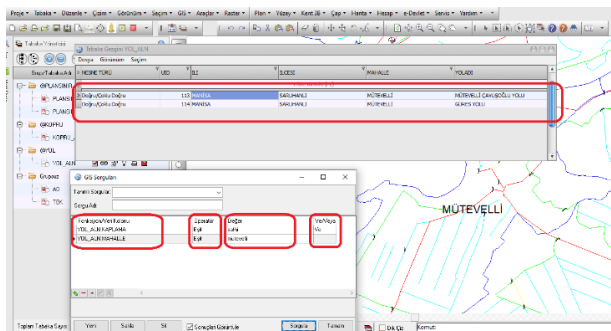
Oluşturulan CBS üzerindeki veri tabanı, kapsamlı sorgulamalar yapılabilmesine imkan tanımaktadır. Bu sorgulamalar, yol, köprü, menfez ve geçitlerle ilgili kaydedilen konumsal bilgiler (grafik veriler) ile öznelik bilgilerinin (grafik olmayan veriler) çeşitli varyasyonları ile gerçekleştirilebilmektedir. Şekil 5'te CBS'nde kullanılan sorgu ekranı örneği verilmektedir.

Fonksiyon/Veri Kolonu	Operatör	Değer	Ve/Veya
*			

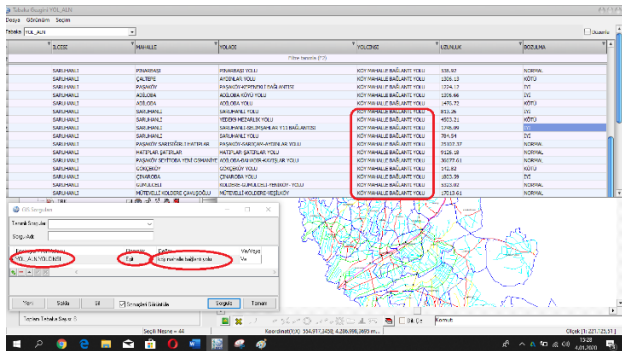
Şekil 5. CBS'nde Kullanılan Sorgu Ekranı

CBS yapısı gereği veri tabanı içerdiklerinden dolayı, sisteme kaydedilen tüm verilerle ilgili kapsamlı sorgulamalar yapabilmek mümkün olmaktadır. Veri tabanına bağlandıktan sonra veri tabanından alınan kolonların grafik veri ile ilişkilendirilmesi sağlanabilmektedir. Ayrıca tablolar arası bağlantı sağlanarak oluşturulan sorgular sayesinde kapsamlı ve detaylı listeler elde etmek mümkün olabilmektedir.

Yapılan sorgulamalara örnek olarak Saruhanlı ilçesi Mütevelli mahallesindeki sathi kaplama yollarının sorgulanması ile ilgili ekran görüntüsü Şekil 6'da, köy mahalle bağlantı yollarının sorgulanması ile ilgili ekran görüntüsü Şekil 7'de verilmektedir.



Şekil 6. CBS'nde Mütevelli Mahallesindeki Sathi Kaplama Yollarının Sorgulanması



Şekil 7. CBS'de Köy Mahalle Bağlantı Yollarının Sorgulanması

CBS üzerinde yapılan sorgular, tablo halinde Excel ortamına aktarılabilir ve böylece CBS'nin bulunmadığı bilgisayarlarda sorgu sonuçlarının incelenmesine ve farklı şekilde düzenlenebilmesine olanak sağlanmaktadır. Şekil 8'de CBS'nde yapılan sorguların tablo halinde Excel ortamına aktarılması ile ilgili ekran görüntüsü verilmektedir.

Şekil 8. CBS'nde Yapılan Sorguların Tablo Halinde Excel Ortamına Aktarılması

Oluşturulmuş olan CBS'nde örnek olarak, yolların sorumlu kurumlarına, kaplama tipine ve bozulma durumlarına göre sorgulamalar yapılarak Tablo 6-8 oluşturulmuştur. Saruhanlı ilçesinde bulunan yollar, sorumluluklarının bulunduğu kurumlara göre gruplama yapılarak Tablo 6 elde edilmiştir.

Tablo 6'dan görüleceği üzere, Saruhanlı içindeki tüm yolların %67'sinden Saruhanlı Belediyesi sorumludur.

Tablo 6

Sorumlu Kurumlara Göre Yol Dağılımları

Sorumluluk	Toplam Uzunluk (m)	%
Saruhanlı Belediyesi	957.309,38	67,0%
Manisa Büyükşehir Belediyesi	215.971,88	15,1%
KGM	61.384,26	4,3%
Otoyol İşletme A.Ş.	36.471,00	2,6%
Devlet Demir Yolları	24.629,50	1,7%
Devlet Su İşleri	132.367,35	9,3%
Toplam	1.428.133,37	100%

Tablo 6'da belirtilen yol sorumlularından Saruhanlı Belediyesi ve Manisa Büyükşehir Belediyesi için, sorumluluklarındaki yolların kaplama tiplerine göre dağılımları sorgulanarak sonuçları Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7

Sorumluluklara Göre Kaplama Tiplerinin Dağılımı

Sorumluluk	Kaplama	Toplam Uzunluk (m)	%
Saruhanlı Belediyesi	Asfalt	0,00	0,0%
	Beton	0,00	0,0%
	Sathi	8.822,46	0,9%
	Stabilize	93.938,60	9,8%
	Toprak	854.548,32	89,3%
	Toplam	957.309,38	
Manisa Büyükşehir Belediyesi	Asfalt	59.014,24	27,3%
	Beton	18.151,63	8,4%
	Sathi	136.709,52	63,3%
	Stabilize	2.096,49	1,0%
	Toprak	0,00	0,0%
	Toplam	215.971,88	100,0%

Saruhanlı ilçesinde bulunan tüm asfalt ve sathi kaplama yollardaki bozulma durumları ile ilgili bilgiler sorgulanarak sonuçları Tablo 8’de gösterilmiştir.

Tablo 8

Bozulma Durumunun Kaplama Tiplerine Göre Dağılımı

Kaplama	Bozulma	Toplam Uzunluk (m)	%
Asfalt	Çok İyi	59.829,89	50,3%
	İyi	0,00	0,0%
	Normal	59.014,24	49,7%
	Kötü	0,00	0,0%
	Çok Kötü	0,00	0,0%
	Toplam	118.844,13	100,0%
Sathi	Çok İyi	0,00	0,0%
	İyi	34.549,87	24,9%
	Normal	85.716,56	61,7%
	Kötü	13.441,00	9,7%
	Çok Kötü	5.261,24	3,8%
	Toplam	138.968,67	100,0%

Belediye tarafından yapılabilecek planlamalarla ilgili bir örnek vermek gerekirse, Belediye tarafından yıl içinde yapılması planlanan yol bakım ve onarımları ile ilgili çalışmada, öncelikli olarak sorumluluğu Saruhanlı Belediyesinde olan sathi kaplama yollar arasında bozulma durumu “Çok Kötü” olan yolların belirlenmesi istenebilir. Listenin alınması sırasında yer alacak bilgiler belirlenirken, yol isimleri, uzunluk ve genişlik bilgileriyle birlikte ve aynı zamanda konumlarını da içermesi tercih edilebilir. Böylece idare tarafından bakım onarım maliyet analizlerinin yapılması ve yolların hangileri ile ilgili bakım onarım yapılacağı belirlenmesi kararının verilmesine katkısı büyük olacaktır.

CBS’nde yapılacak sorgu sonucunda gelen liste içindeki

yollar arasında herhangi biri için daha fazla detay bilgiler istendiğinde, ilgili yolun seçilmesi yeterli olacaktır. Örneğin gelen listede yer alan Dilek – Kayışlar bağlantı yolu ile ilgili tüm detay bilgilere ulaşmak mümkün olabilecektir. Detaylı sorgulama sonucunda, Dilek – Kayışlar bağlantı yolunun sathi kaplama olduğu, ortalama yol genişliğinin 7 m ve uzunluğunun 5.261,24 m. olduğu görülecektir. Bu verilerden yola çıkarak yol kaplamasının yenilenmesi düşünüldüğünde kullanılacak olan malzeme miktarı bu veriler yardımıyla hesaplanabilecektir. Ayrıca yolla ilgili bilgiler arasında yer alan ve Şekil 4.c’de verilen bozulma durumu ile ilgili fotoğrafta incelenebilir.

Tablo 7’den Saruhanlı belediyesi sorumluluğunda bulunan yolların %89,3’ünün toprak yol olduğu ortaya çıkmaktadır. Bunun sebebi, ilçede geniş tarım arazilerinin bulunması nedeniyle çok sayıda tarla yollarına sahip olunmasıdır. Bu veriden yola çıkarak, Saruhanlı belediyesi sınırları içinde yapılabilecek bir çalışmada, toprak yolların öncelikle stabilize malzeme ile kaplanması ve ardından ise üst yapının sathi kaplama olarak yapılması planlanabilir. Bu hedef doğrultusunda CBS’nde yapılacak sorgulamalar ile yenilenmesi planlanan yollarla ilgili bilgiler ve konumları rahatça belirlenebilecektir.

Belediye sınırları dahilinde, yolların yeniden yapılması veya bakım onarımdan geçirilmesi istendiğinde, çalışmaların tamamının aynı anda yapılabilmesi gerek bütçe kısıtları gerekse yapım / bakım / onarım veya kontrol ekiplerinin yetersizliği nedeniyle mümkün olmayacaktır. Bu durumda bozulma durumlarına göre alınacak listeler, yolların konumlarına göre güncellenebilir. Böylece konum olarak birbirine yakın olan yolların bakım ve onarımları, birbirlerine yakın zamanlarda olacak şekilde planlanabilir. Böylece nakliye ile ilgili maliyetin düşürülmesi sağlanabilir.

Farklı kaplama tipine sahip olan yolların bakım onarım işlemleri ve dolayısı ile onarım ve yenileme maliyetleri de farklı olacağından, sorgulama yapılırken hangi değerleri içeren bilgilerin listelenmesi gerektiği, üzerinde düşünülmesi gereken bir konudur. Yollarla ilgili harcamalarda karar verici konumda olan Belediye yetkililerine, yollarla ilgili durum raporu sunulması sırasında raporu oluşturan yol verileri ve gruplandırmalarına çok dikkat edilmelidir. Aksi halde hedeflenen açıklıkta ve doğrulukta sonuçlara ulaşılmayabilir.

Yukarıda örnekleri verilen ve yapılabilecek farklı çok sayıda sorgulamalarla birlikte, Saruhanlı ilçesinde gerçekleştirilecek olan bakım ve onarım çalışmaları ile ilgili gerekli ön çalışma ve planlama yapılabilmesi ve stratejik kararlar verilebilmesi mümkün olacaktır.

5. Tartışma

Bu çalışma kapsamında Manisa ili Saruhanlı ilçesi

sınırları içinde mevcut olan yolların yapım, bakım ve onarımı ile ilgili kullanmak üzere CBS oluşturulmuştur. Yapılan çalışmada, Saruhanlı ilçesinde bulunan yol, köprü, menfez ve geçitlerle ilgili güncellenebilir bir veri tabanı düzenlenmiştir.

Çalışmada Saruhanlı'da bulunan yol, köprü, menfez ve geçitlerle ilgili bilgiler ile yolların bozulma durumları ile ilgili son durumları, Haziran – 2019 ve Aralık – 2019 tarihleri arasında sahada gerçekleştirilen çeşitli inceleme ve gözlemler sonucunda ile Saruhanlı belediyesinden alınan verilerden elde edilmiştir. Elde edilen tüm veriler CBS'ne girilmiştir. Yolların bozulma durumları ilgili bilgilerin analiz edilmesiyle ve yeni yapılması düşünülen herhangi bir yol inşaatı için ön çalışma yapılarak öncelik sırasının belirlenmesinin mümkün hale geldiği, CBS'nde yapılan sorgulamalarla ortaya konmuştur.

Gerek bütçe gerekse personel açısından imkanları kısıtlı olan küçük belediyelerde CBS 'nin kullanımı ile, yol yapımı veya bakım onarımla ilgili yatırımlara karar verme sırasında verilere hızlı ve doğru bir şekilde erişebilmek mümkün olabilecektir. Her yapılan işlemin zamanında CBS veri tabanlarına güncel olarak işlenmesi ve ihtiyaç olduğunda gerekli verilere erişilmesi, teknolojinin de yardımıyla az sayıda personelle sağlanabilecektir.

Kurulan sistemin hedeflendiği gibi çalışabilmesi, bahsedildiği üzere kayıtlı tüm verilerin güncel halde tutulmasına bağlıdır. Ancak imkanları kısıtlı olan belediyelerde CBS'ni kullanabilecek az sayıda personel yeterli olsa da, CBS'ni kullanabilecek mevcut teknik personel sayısının zaten az olması ve teknik personel üzerindeki mevcut iş yüklerinin halihazırda fazla olması, kurulan sistemin güvenilirliği ve sürdürülebilirliği açısından olumsuz bir durum yaratabilecektir. Bu durumdan kurtulabilmenin bir yolu olarak, CBS'nin küçük belediyeler yerine büyükşehir belediyelerinde kurularak il sınırları dahilindeki tüm belediyelere web üzerinden sorgulama imkanı sağlamak olarak düşünülebilir. Ancak bu durum çalışmaların merkezleşmesine yol açacağından, uygun değildir. Küçük belediyelerde CBS'ni kullanabilecek teknik personel yetersizliğinin önüne geçmenin bir yolu, bu konuda hizmet alımı yapmak olabilir. Bir diğer alternatifte, CBS'ne veri girişi ve güncellenmenin nispeten rutin bir iş olması nedeniyle, bu işlemin gerekirse önceden CBS kullanım eğitimi verilmiş teknik olmayan personel tarafından yapılması, CBS üzerinde sorgulama işlemlerinin ise teknik personel tarafından gerçekleştirilmesi düşünülebilir.

Verilerin güncel tutulabilmesi amacıyla CBS'ne veri girişlerinin gerektiğinde teknik olmayan personel ile bile yapılabilmesi ihtiyacı, kullanılacak CBS programlarının Türkçe arayüze sahip olmasını gerektirmektedir. Belediyelerde kullanılması düşünülen CBS'nin seçimi sırasında, programın kullanım kolaylığı,

tüm kullanıcılar tarafından anlaşılabilir olması, veri girişlerinin kolay ve rahat yapılabilmesi dikkat edilmesi gereken önemli kriterlerden olmaktadır.

6. Sonuçlar

CBS'ne kaydedilen verileri kullanarak, bölgedeki yol, köprü, menfez ve geçitlerle ilgili herhangi bir zamanda herhangi bir bilgiye, çeşitli sorgu kombinasyonları ile ulaşıldığı görülmüştür. Elde edilen verilerin farklı şekillerde gruplanmasıyla, dağılım analizleri yapılabilmektedir. Böylece bölgedeki yolların hangi kurumlara ait olduğu, kurumlara göre yol cinslerinin ne oranda dağılım gösterdiği, kurum sorumluluğundaki yolların bozulma durumları gibi sonuçların analizi ile müdahale önceliği belirlenebilecektir. Kurumlara göre yolların kaplama tiplerinin dağılımının analiz edilmesi ile o kurumun çalışma dönemi içinde hangi tip kaplama malzemesine ne miktarda ihtiyacının olduğu belirlenebilmesi mümkün olabilecektir. Ayrıca yolların kaplama tiplerine göre bozulma durumlarının analiz edilmesi ile, kullanılması gereken kaplama malzemesinin seçiminde etkili olabilecektir. Bozulma durumlarının yol cinslerine göre incelenmesi ile, ileride yapılması planlanan yolun cinsine göre üstyapı tasarımının ne olması gerektiği hakkında bir ön fikir oluşturulabilir.

Oluşturulan CBS'ndeki veriler, yollarla ilgili herhangi bir çalışma yapılması veya bilgilerinde bir değişiklik olması durumunda sürekli güncellenmelidirler. Böylece yolların yapım, bakım ve onarımının izlenmesi güncel olarak sağlanmış olacaktır. Planlanan bir proje ve yatırım öncesinde kurulan sistem kullanılarak, yapılacak ön çalışma için doğru veriler elde edilmiş olacak ve kurumların bakım onarımdaki kazançlarının yanında zamandan da tasarruf etmeleri sağlanacaktır.

Çalışmanın sağladığı faydalar göz önüne alındığında, daha fazla geliştirilmesi konusunda bazı düşünceler ortaya çıkmıştır.

Çalışma sırasında CBS'nde kullanılan veri tabanına girilen verilerle ilgili bilgiler "3.3 Çalışma" konu başlığı altında verilmişti. Çalışma sırasında yapılan incelemelerde, Saruhanlı Belediyesinin sorumluluk alanındaki yollarla ilgili bakım ve onarım çalışmaları yapılacağı zaman bir yolun tamamının ele alındığı görüldüğünden, yollardaki bozulmalarla ilgili girişler, yolun tamamına ait olarak girilmişti. Çalışmanın geliştirilmesi aşamasında, yollarla ilgili girilen verilere ilave olarak yolların başlangıç noktalarının belirlenerek CBS'ne girilmesi sağlanabilir. Böylece yol üzerindeki herhangi bir noktanın kilometre değerini CBS'nden elde edebilmek mümkün olacaktır. CBS'nde şu an için isteğe bağlı olarak açıklayıcı bilgi şeklinde girilebilen bozulma olan noktalarla ilgili kilometre değerleri, yolların başlangıç noktalarının tanımlanması ile veri olarak tanımlanabilecektir. Böylece yol üzerinde bozulmanın

başladığı ve sona erdiği noktaların kilometre değerlerinin girilmesi ile bozulmaların olduğu noktaların yerinin tam olarak tespit edilmesi ve alansal büyüklüklerinin tam olarak belirlenmesi mümkün olacaktır. Bu sayede, belediye yetkililerinin bozulmanın giderilmesi için gerekli onarımın tam maliyetini hesaplamaları mümkün olabilecektir.

Çalışmanın sunulan halinde yol ile ilgili bozulma bilgileri, yolu gözlemleyen teknik personelin görüşüne göre belirlenmektedir. Bu da verilerin subjektif olarak oluşturulmasına yol açmaktadır. Bu durumu ortadan kaldırmak için Uluslararası Düzgünsüzlük İndeksi (IRI) (Sayers, M., Gillespie, T. ve Queiroz, C., 1986) gibi objektif kriterlerle üstyapıyı yorumlayan indekslerin kullanımının CBS'ne eklenmesi ilerleyen zamanlarda çalışma geliştirilmesi için uygulanacaktır.

CBS'nde yapılan sorgulamalarla, mevcut durumun analiz edilmesi, yapılacak olan veri güncellemeleri ile yollardaki bozulma durumları ortaya konmaktadır. Ancak şu an için, bakım ve onarım konusunda hangi yöntemin ne şekilde kullanılacağı ile ilgili karar verme aşaması ve düşünülen bakım onarımın ne kadar maliyete sahip olacağı CBS dışında belirlenmektedir. İlerleyen zamanlarda mevcut yollardaki bozulmaların durumları ve konuları dikkate alınıp karar verme teknikleri kullanılarak öncelik listesi oluşturulabilir. Öncelik listesinin belirlenmesi sırasında, bakım onarımıyla ilgili temel birim fiyatların girilmesi ile onarım maliyetinin de karar verme aşamasında kullanılması sağlanabilir. Böylece imkanları kısıtlı olan küçük belediyelerde sınırlı bütçenin optimum fayda ile kullanımı sırasında karar verici olarak ta CBS kullanılabilir.

Araştırmacıların Katkısı

Bu çalışmada, Yazar1, bilimsel yayın araştırması, verilerin elde edilmesi, saha çalışması, grafiklerin hazırlanması, verilerin yorumlanması, makalenin oluşturulması; Yazar2, bilimsel yayın araştırması, verilerin yorumlanması, makalenin kontrolünün yapılması konularında katkı sağlamışlardır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Kaynaklar

Abulizi, N., Kawamura, A., Tomiyama, K. ve Fujita, S. (2016). Measuring And Evaluating of Road Roughness Conditions With A Compact Road Profiler And Arcgis. *Journal of Traffic and Transportation*

Engineering (English Edition), 3 (5): 398-411, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtte.2016.09.004>.

Almuhanna, R.R.A., Ewadh, H.A. ve Alasadi, S.J.M. (2018). Using PAVER 6.5.7 and GIS Program For Pavement Maintenance Management For Selected Roads in Kerbala City. *Case Studies in Construct. Mat.*, 8, 323-332, <http://dx.doi.org/10.1016/j.cscm.2018.01.005>.

Bağdatlı, M.E.C. ve Yıldırım, M.Ş. (2017). Karayolu Üstyapılarındaki Bozulmaların Bakım Maliyetlerine Etkisi. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3 Cilt 6(1) 102-111, <http://dx.doi.org/10.17100/nevbittek.304473>.

Bazlamit, S.M., Ahmad, H.S. ve Al-Suleiman (Obaidat), T.I. (2017). Pavement Maintenance Applications using Geographic Information Systems. *Procedia Engineering*, 182, 83 – 90, <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.123>.

Fırat, M., Dursun, Ö.F., İnce, K., Talu, M.F. ve Aydoğdu, M. (2015). Coğrafi Bilgi Sistemlerin Kentsel Alt Yapı Sistemlerinde Kullanılması. *ADYU Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2, 24-33.

Hadidi, T., Naghawi, H., Al Kilany, O. ve Al Sharief, A. (2016). Utilizing Geographic Information System as a Tool for Pavement Management System. *International Journal of Applied Mathematics, Electronics and Computers*, 4(4), 96-100.

Heywood, I., Cornelius, S. ve Carver, S. (1998). An Introduction to Geographical Information Systems. *Longman*, 11-12.

Jidol, M., Ejiri, R., Otazawa, T. ve Kobayashi, K. (2005). Road Pavement Management Accounting System Application. *Journal of Applied Computing in Civil Engineering*, 14., 259-268.

Karayolları Genel Müdürlüğü. (2019). Erişim adresi: <http://www.kgm.gov.tr>.

Karayolları Genel Müdürlüğü. (2020). 2019 Yılı Devlet ve İl Yolları Bakım-İşletme Maliyetleri, Erişim adresi: <https://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionDocuments/KGMdocuments/Istatistikler/YapimBakimIsletmeMaliyet/2019BakimMaliyetKitabi.pdf>

Kobayashi, K., Ejiri, R. ve Do, M. (2008). Pavement Management Accounting System. *Journal of Infrastructure Systems*, 14:159-168, [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)1076-0342\(2008\)14:2\(159\)](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)1076-0342(2008)14:2(159)).

Murat, Y. Ş. ve Saldıroğlu, S. (2013). Köy Yollarının Takibi, Bakım ve Onarımı İçin Coğrafi Bilgi Sistemi (Cbs) Esaslı Yönetim Modeli : Denizli Örneği. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19, Sayı 6, 240-248, <http://dx.doi.org/10.5505/pajes.2013.33042>.

- Nautiyal, A. ve Sharma, S. (2021). Condition Based Maintenance Planning of Low Volume Rural Roads Using GIS. *Journal of Cleaner Production*, 312, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127649>.
- Nodrat, F. ve Kang, D. (2018). Prioritizing Road Maintenance Activities Using GIS Platform and Vb. net. (*IJACSA*) *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 9, No. 2, 34-41.
- Pantha, B.R., Yatabe, R. ve Bhandary, N.P. (2010). GIS-Based Highway Maintenance Prioritization Model: An Integrated Approach For Highway Maintenance In Nepal Mountains. *Journal of Transport Geography*, 18, 426-433, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2009.06.016>.
- Ribeiro, A.M.G., Capitão, S.D. ve Correia, R.G. (2019). Deciding On Maintenance of Small Municipal Roads Based On GIS Simplified Procedures. *Case Studies on Transport Policy*, 7, 330-337, <http://dx.doi.org/10.1016/j.cstp.2019.03.011>.
- Sağlık, A. ve Güngör, G. (2008). Karayolları Esnek Üstyapılar Projelendirme Rehberi. *Karayolları Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı Üstyapı Şubesi Müdürlüğü Ankara*, 122
- Saruhanlı Belediyesi. (2019). <http://www.saruhanli.bel.tr>.
- Sayers, M., Gillespie, T. ve Queiroz, C. (1986). The International Road Roughness Experiment, *World Bank*, Washington DC, Technical Paper No. 45.
- Silva, J. B., Deus, R. F. ve Tenedório, J.A. (2012). Paying As The Urban Areas Grow – Implementing And Managing Urban Development Charges Using A GIS Application. *International Journal of Geographical Information Science*, 26 (Issue Number 9), 1689-1705, <http://dx.doi.org/10.1080/13658816.2011.645478>
- Tatar, C.Ö., Yılmaz, E., Lafcı, B., Küçükpehlivan, T., Aksoy, T., Ağaçsapan, B. ve Sarı, S. (2021). Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Türkiye'deki Tarihsel Gelişimi ve Mevcut Durumu. *Gsi Journals Serie C: Advancements In Information Sciences And Technologies (Aist)*, 4, Issue: 1, p. 33-61, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127649>.
- Terzi, S. ve Ahmed, M.H. (2020). Kırsal Yolların Üstyapı Performans Analizinde Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanılabilirliği: Isparta Örneği. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 8(3), 904-911, <http://dx.doi.org/10.21923/jesd.572137>.
- Torres-Machi, C., Osorio, A., Godoy, P., Chamorro, A., Mourgues, C. ve Videla, C. (2018). Sustainable Management Framework for Transportation Assets: Application to Urban Pavement Networks. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 22(10):4095-4106, <http://dx.doi.org/10.1007/s12205-018-1314-x>.
- Töreyan, G., Özdemir, İ. ve Kurt T. (2013). ArcGIS 10 Desktop Uygulama Dökümanı. *İşlem Şirketler Grubu, Ankara, Türkiye*, 208.
- Yaşa, M. (2020). *Yolların Yapım, Bakım Ve Onarımı İle İlgili Bilgi Sistemi Oluşturma: Manisa – Saruhanlı Örneği* (Yüksek Lisans Tezi), Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, Manisa, 100.
- Zagvozd, M., Dimter, S., Moser, V. ve Barišić, I. (2019). Application Of GIS Technology In Pavement Management Systems. *Grđevinar*, 71 4, 297-304, <http://dx.doi.org/10.14256/JCE.1980.2017>.
- Zhang, Z., Smith, S.G. ve Hudson, W.R. (2001). Geographic Information System Implementation Plan for Pavement Management Information System. *Transportation Research*, Record 1769, Paper No. 01-3498.