

DOI: [10.38027/ICCAUA2021TR0050N9](https://doi.org/10.38027/ICCAUA2021TR0050N9)

Analysis of Faults in Sewage Systems with Geographical Information Systems

* Selva GÖK¹, Mahmut FIRAT²

İnönü University, Institute of Natural and Sciences, Malatya, Turkey¹

İnönü University, Faculty of Engineering, Malatya, Turkey²

E-mail¹: selvagokk@gmail.com, E-mail²: mahmut.firat@inonu.edu.tr

Abstract

Wastewater systems are one of the most important infrastructure elements in terms of human and environmental health. In such systems, failures are observed depending on various factors. These failures increase operating and maintenance-repair costs and create threats to human and environmental health. For this reason, these systems should be monitored regularly and the factors causing malfunction should be analyzed. In this study, it is aimed to evaluate and analyze failures occurring in sewerage systems with geographical information systems. For this, the failures in the sewage system of Malatya province between year 2015-2019 were taken into account. It has been determined that the most common types of failure are misuse, in-line sag and deformation, and in-line lubrication. In addition, the highest failure rate occurred in pipes with a diameter of 100-200 mm. In the spatial analysis of faults, inline collapse is generally observed in the central regions, while misuse faults are found to be in the system. It has been observed that factors such as pipe diameter and length, season, traffic load, ground feature, and improper use are effective in the increase in fault density.

Keywords: Sewerage system, failure, geographical information systems, deformation

Kanalizasyon Sistemlerinde Meydana Gelen Arızaların Coğrafi Bilgi Sistemler İle Analizi

Özet

Atıksu sistemleri, insan ve çevre sağlığı açısından en önemli alt yapı elemanlarından biridir. Bu tür sistemlerde çeşitli faktörlere bağlı olarak arızalar gözlenmektedir. Bu arızalar işletme ve bakım-onarım maliyetlerini arttırmakta ve insan ve çevre sağlığı için tehditler oluşturmaktadır. Bu nedenle bu sistemlerin düzenli olarak izlenmesi, arızaya sebep olan faktörlerin analiz edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, kanalizasyon sistemlerinde meydana gelen arızaların coğrafi bilgi sistemlerle değerlendirilmesi ve analizi amaçlanmıştır. Bunun için Malatya ili merkez kanalizasyon sisteminde 2015-2019 yılları arasında gözlenen arızalar dikkate alınmıştır. En fazla arıza türünün yanlış kullanım, hat içi çökme ve deformasyon ve hat içi yağlanma olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca en yüksek arıza oranı 100-200 mm çaplı borularda meydana gelmiştir. Arızaların konumsal analizinde, hat içi çökme genelde merkez bölgelerde gözlenirken, yanlış kullanım arızalarının sistemin genelinde olduğu tespit edilmiştir. Arıza yoğunluğunun artmasında, boru çapı ve uzunluğu, mevsim, trafik yükü, zemin özelliği, yanlış kullanım gibi faktörlerin etkili olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kanalizasyon sistemi, arıza, coğrafi bilgi sistemler, deformasyon

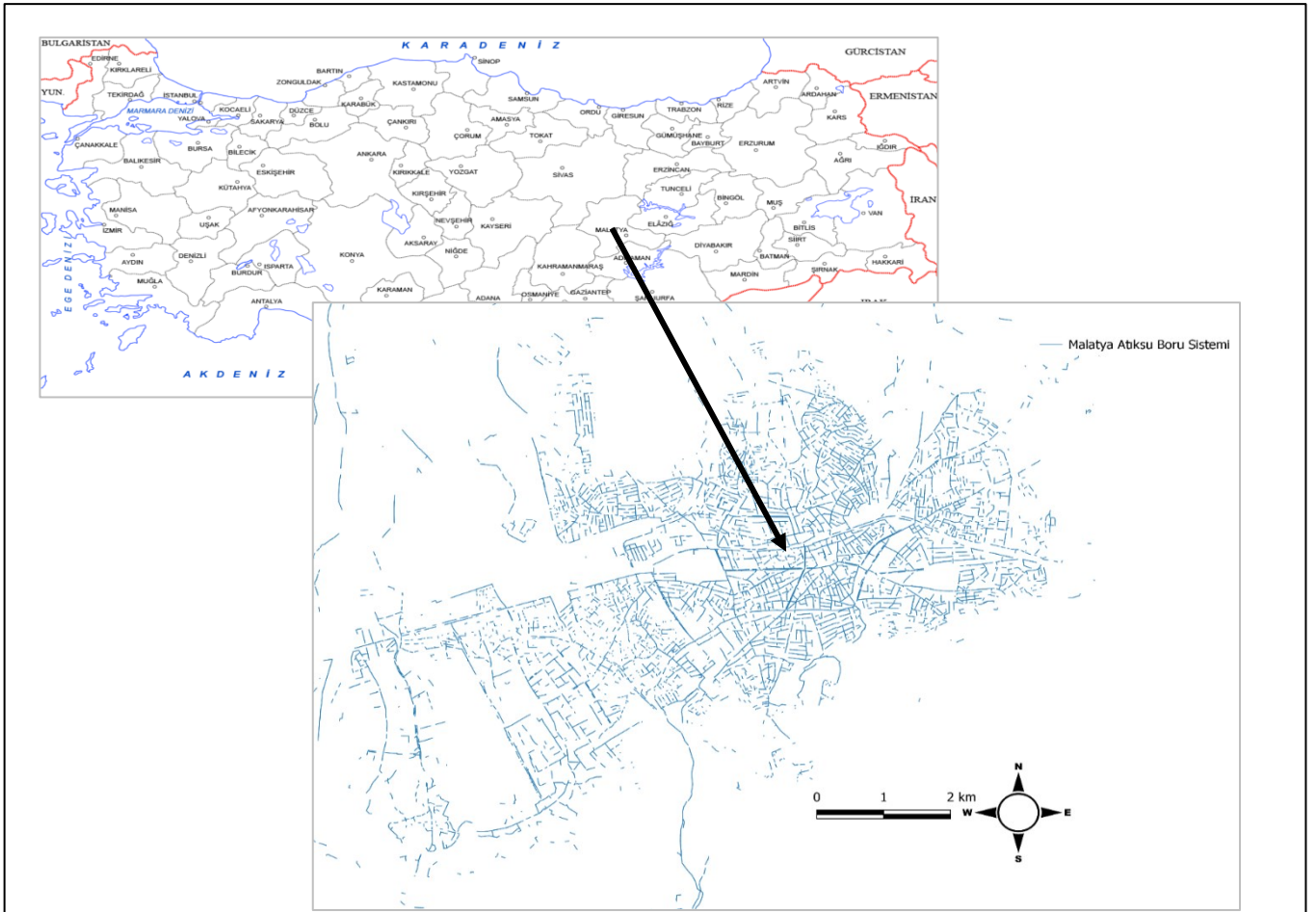
1. Giriş

Kentsel alt yapı yönetiminde içme suyu şebekeleri kadar kanalizasyon sistemleri de önemli bir yere sahiptir. Konut veya konut dışı aboneler tarafından tüketilen suların uzaklaştırılması ve atıksu arıtma tesisine ulaştırılması insan ve çevre sağlığı açısından oldukça önemlidir. Ülkemizde geçmiş yıllarda yapılan kanalizasyon sistemleri genelde birleşik sistem olarak tasarlanmış ve sahada uygulanmıştır. Bu sistemlerde, sistemin fiziksel karakteristiği, işletme özellikleri, çevresel etkiler ve hidrolik faktörlere bağlı olarak arızalar ve yapısal kusurlar gözlenebilmektedir. Bu arıza veya kusurlar sistemin normal işletme koşullarını bozmakta, bakım-onarım maliyetlerini arttırmakta ve çevre-insan sağlığı açısından önemli sorunlar ortaya çıkarabilmektedir. Bu nedenle bu tür sistemlerde arıza ve yapısal kusurların analiz edilmesi, mekânsal ve zamansal değişimlerin izlenmesi, etki faktörlerin belirlenmesi ve analiz edilmesi gerekmektedir. Literatürde kanalizasyon sistemlerinde meydana gelen arızaların analizi (Damvergis, 2014), yapısal kusurların belirlenmesi (Ana vd., 2009), kanalizasyon sistemlerinde riskli bölgelerin veya hatların belirlenmesi (Kleiner, 2001), atıksu sistemlerinde rehabilitasyonda öncelikli bölgelerin belirlenmesi (Kelly vd., 2015) kapsamında çalışmaların gerçekleştirildiği görülmektedir. S sahadaki kanalizasyon borularının yapısal stabilitesini etkilediği kabul edilen sayısız faktörün gözden geçirilmesini sağlanmıştır. Kanalizasyon borusu bozulma süreci ve bu süreci etkileyen faktörler inşaat özellikleri, yerel dış faktörler ve diğer faktörler olarak üç ana grupta ele alınmış ve incelenmiştir (Davis vd., 2011). Lineer regresyon ve lojistik regresyon modellerini kullanarak altyapı sisteminin eksikliklerini tahmin etmek için metodoloji sunmayı amaçlanmıştır. Önerilen bu yöntemde, şebeke yaşı, çapı, atık tipi ve ortalama hendek derinliği faktörler dikkate alınmış ve kanalizasyon sisteminin değerlendirilmesini içeren gerçek saha problemi için test edilmiştir (Samuel vd., 2001).

İngiltere’de büyük bir kanalizasyon sistemi için tıkanma ve çökme olay kayıtlarını içeren veritabanı üzerinde tanımlayıcı bir analiz yapılmıştır. Her iki sorun tipinin istatistiksel olarak incelenmesi, en önemli değişkenlerinin tanımlanması ve sınıflandırma şeması oluşturulması önerilmiştir. Daha sonra hibrit modelleme tekniği içeren iki farklı formül kullanılarak, tıkanma olayları ve çökme arızaları için farklı mühendislik yorumları çıkartılmıştır (Savic vd., 2006). Genel boru hattı envanter verilerini kullanarak bir kanalizasyonun yapısal durumunu değerlendirmek için yöntem sunulmuştur. Kanalizasyonlar için durum tahmin modelleri tarihsel durum değerlendirme verilerine dayanarak, çoklu regresyon tekniğiyle gerçekleştirilmiştir. Bu modelin nihai sonucu belediyelere kritik atıksu kanalları boru muayenesi ve rehabilitasyonunu önceliklendirme konusunda referans oluşturacağı vurgulanmıştır (Chughtai & Zayed, 2007). Kanalizasyon sistemlerinin özelliklerinin yapısal bozulma karşısındaki etkisi lojistik regresyon kullanılarak incelenmiştir. Dikkate alınan 10 değişken üzerinde yapılan araştırmalar sonucu bozulmanın en çok kanalizasyon yaşı, boru malzemesi tipi ve kanalizasyon rögar uzunluğu nedeniyle olduğu görülmüştür (Ana vd., 2009). Kanalizasyon boru hatlarının durum derecelendirmelerini olasılıklı bir şekilde belirlemek için hataya dayalı bir bozulma modeli sunmuştur. Bu amaçla, Bayesian ağı (BBN), oluşum olasılıklarını kullanarak statik bir model geliştirmek ve mevcut kanalizasyon şebekesinin gözlemlerinden koşullu olasılıklar üretmek için kullanılmıştır (Chughtai & Zayed, 2007). Kanalizasyonların işletme arıza olasılık kategorilerinin belirlenmesini amaçlamıştır. Farklı sınıflandırmalara dayanarak işletme arıza olasılığı kategorisinin benimsenmesinin, boruların sonraki denetleme tarihlerine ve planlanan bakım ve işletme faaliyetlerine ilişkin farklı tavsiyelerin oluşturulmasına yardımcı olacağı ifade edilmiştir (Kuliczowska ve Baba, 2018). Kanalizasyon arızası tahmininin en önemli değişkenlerini belirlemek için üç farklı istatistiksel değişken seçim algoritmasını kanalizasyon şartlarının ve fiziksel özelliklerinin sınıflandırılmasını içeren gerçek bir veri setine uygulamıştır (Carvalho vd., 2018). Bu çalışmada, kanalizasyon sistemlerinde meydana gelen arıza ve yapısal kusurların coğrafi bilgi sistemler (CBS) ile analizi amaçlanmıştır. Bu amaçla, Malatya merkez kanalizasyon sisteminde kaydedilen arıza kayıtları dikkate alınmış ve CBS yaklaşımı ile mekânsal değişimleri analiz edilmiş ve değerlendirilmiştir.

2. Çalışma Alanı

Bu çalışmada, kanalizasyon sistemlerinde meydana gelen yapısal kusurların değerlendirilmesi ve CBS ile mekânsal analizi için Malatya merkez kanalizasyon sistemi uygulama alanı olarak seçilmiştir (Şekil 1). Çalışmada atıksu sistemlerinde oluşan arıza sayılarına göre arızanın yoğunlukta görüldüğü merkez ilçeler olan Yeşilyurt ve Battalgazi ilçelerinin değerlendirmesi yapılacaktır. Çalışma alanında CCTV kameralar yardımıyla yıllık olarak kanalizasyon hatları izlenmekte ve yapısal kusurlar belirlenmektedir. Ayrıca Malatya Su ve Kanalizasyon İdaresi (MASKİ) arıza veri tabanında 2015 yılından itibaren gözlenen arızaların kayıtları düzenli olarak tutulmaktadır. Bu çalışma kapsamında uygulama alanında MASKİ arıza veri tabanında kayıtlı ve 2015-2019 yıllarını kapsayan 105226 adet veri dikkate alınmıştır. Uygulama alanında yapılan çalışmada, merkez kanalizasyon sisteminde 19 mahalle ve 52 sokakta kaydedilen CCTV görüntüleri esas alınarak arıza türleri belirlenmiştir (Orhan vd., 2019). İlgili çalışmada en sık rastlanan arıza veya yapısal kusurlar, çökme, boru için yağlanma, boru yapısal bozulma ve çatlakların oluşumu, boruların tahribatı ve çevresel etkilere bağlı olarak (mıcır, moloz, bitki kökleri) tıkanma ve geri tepmeler şeklinde sınıflandırılmıştır. Bu çalışmada dikkate alınan değişkenler ve açıklamaları Tablo 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Uygulama alanı ve atıksu şebeke planı

Tablo 1. Çalışmada dikkate alınan parametreler ve açıklamaları

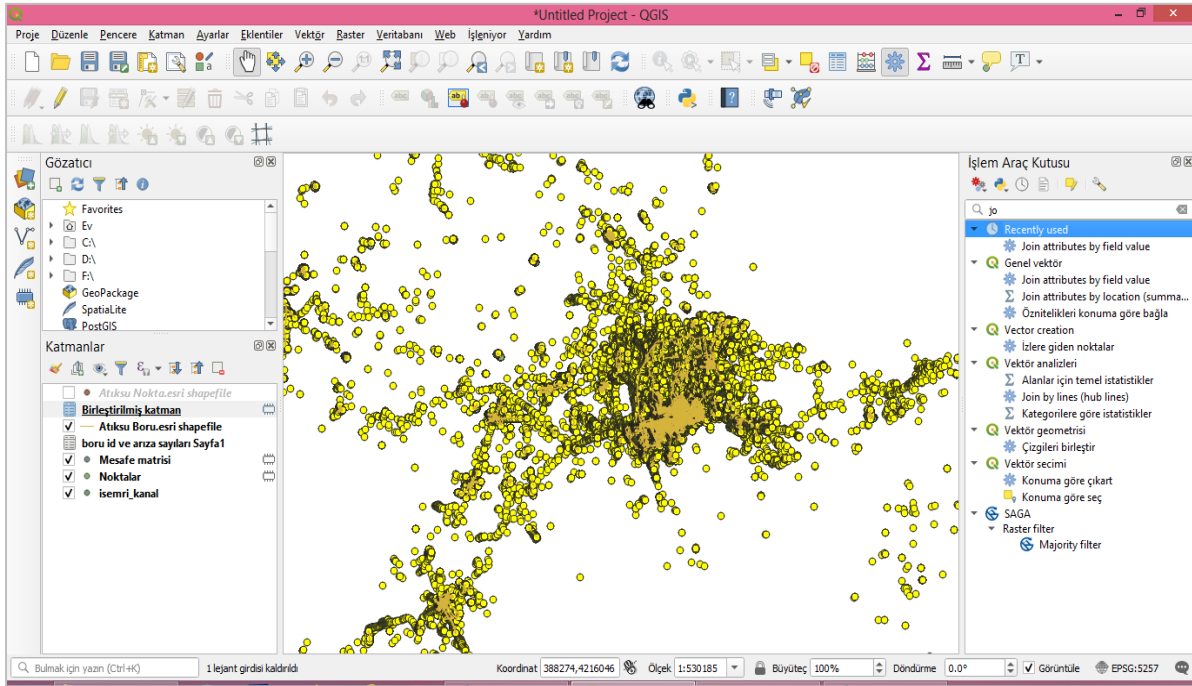
Değişken	Açıklama
Mahalle	Verilerin CBS veri tabanına aktarılması ve mekansal analizlerin gerçekleştirilmesinde kullanılmıştır.
Atıksu Sistem Türü	Atıksu sistem türüne göre arıza istatistiğinin ve karakteristiğinin ortaya konulmasında kullanılmıştır. Birleşik ve ayrı olmak üzere iki sınıflandırma mevcuttur.
Boru malzemesi	Kanalizasyon hatlarında genellikle beton boru ve koruge boru kullanılmaktadır.
Boru eğimi	Kanalizasyon sistemleri boru eğimine göre çalışmakta ve özellikle geri tepmelerin oluşumunda etkilidir. Çökmeler ve yapısal kusurlar ters eğim üzerinde etkilidir.
Cadde/sokak eğimi	Borularda tıkanma, geri tepme ve diğer yapısal kusurlar üzerinde etkili olan bir parametredir. CBS ve sayısal harita ile belirlenebilir. Ya da proje verilerinden temin edilebilir.
Boru uzunluğu	Boru uzunluğu arttıkça bağlantı sayısı (birleşim noktası ve bina bağlantı sayısı) artmakta ve buna bağlı olarak yapısal kusur riski artmaktadır.
Boru çapı	Boru çapı en önemli fiziksel parametre olarak değerlendirilebilir. Tıkanma, geri tepme, kapasite aşımı, çökme gibi yapısal kusurların oluşumunda boru çapının etkilidir.
Arıza türü	Orhan vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada arıza türleri esas alınmış ve mekânsal analizde arıza türlerine göre değerlendirme yapılmıştır. Bunlar temel olarak, ters eğimden dolayı kusurlar, hat içi çökme ve deformasyon, hat ve bacaların dolması, diğer kurumların verdiği zararlar, hat içi yağlanma, yanlış kullanım, boru bağlantı noktalarındaki kaymalar şeklindedir.
Hat tipi	Hat tipi olarak şebeke hattı ve bina bağlantı hattı şeklinde sınıflandırma yapılmıştır.
Arıza Koordinatı	Arıza gözlenen noktanın sahadan alınan koordinat bilgilerini temsil eder.
Baca bilgileri	Arıza kayıtlarının bacadan bacaya ilişkilendirilmesi için QGIS ortamında yer alan bilgileri içermektedir.
Şebeke planı	Arıza kayıtlarının atıksu şebeke hatları ile ilişkilendirilmesi için kullanılmaktadır.

3. Coğrafi Bilgi Sistemlerle Arıza Veri Tabanının Oluşturulması

Atıksu boru sistemi verileri ve 2015-2019 yılları arasında atıksu sisteminde meydana gelen arıza verileri ve atıksu şebeke planı MASKİ veri tabanından alınmıştır. Mevcut veriler açık kaynaklı coğrafi bilgi sistemi olan QGIS yazılımına aktarılmıştır. Arıza kayıtları Tablo 1'deki bileşenlerin yanı sıra mekânsal bilgileri ve arıza koordinatlarını içermektedir. Bu kayıtların analizlerde kullanılabilmesi ve şebeke karakteristiğine göre sorgulama yapılabilmesi için atıksu boru hatları ile ilişkilendirmek gerekmektedir. Böylece bacadan bacaya veya cadde/sokak uzunluğunda meydana gelen arıza sayıları tanımlanmış olacak ve arıza oranları elde edilecektir. Böylece, QGIS CBS programı yardımıyla arıza verileri ve atıksu boru sistemi eşleştirilip çalışma için uygun veri kümesi elde edilecektir. Bu eşleştirme işlemi için şu yol izlenmiştir. 2015-2019 yılları arasındaki arıza kayıtları ve atıksu sistemine ait baca ve boru bilgilerini içeren dosyalar QGIS programına aktarılır. İş emri dosyasında bulunan arıza verileri, şebeke ve bağlantı noktalarında meydana gelen arızaları içermektedir. Öncelikle mevcut arıza verileri 'Arıza - Kanal şebeke' ve 'Arıza - Kanal Bağlantı' olarak ikiye ayrılmıştır. Arıza - Kanal Bağlantı, muayene bacası ve parsel bacası arasında meydana gelen arızaları içermektedir. Arıza - Kanal Şebeke, kanal bağlantı harici sistemde meydana gelen diğer arızaları ifade etmektedir. Bu ayırım QGIS programındaki özellikler kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Arıza kayıtlarını içeren dosya ile atıksu boru bilgilerini içeren dosyaları aynı tabloda gösterebilmek için meydana gelen arızaları, arızaya en yakın atıksu borusu ile eşleştirmemiz gerekmektedir. Bunun için QGIS'te birbirine en yakın nokta verilerini birleştiren 'mesafe matrisi' aracı bulunmaktadır fakat bu aracı kullanabilmek için atıksu boru dosyasındaki vektör verilerin, noktasal verilere dönüştürülmesi gerekmektedir. Noktasal veriler QGIS araçlarından 'Point along geometry' ile elde edilmiştir. Programda, noktalar dosyası oluşturulduktan sonra ID'si boru ID numarasıyla aynı olan bu noktalar, noktasal arıza verileriyle eşleştirilmiştir. Bunun için QGIS programındaki 'mesafe matrisi' aracı kullanılmıştır. Artık arıza verileri, olduğu bölgeye en yakın bulunan boru ile eşleştirilmiş ve öznelik tablosu excel programına aktarılmıştır. Oluşturulan excel dosyası arıza ID, boru ID ve mesafe bilgilerini içermektedir. Daha doğru sonuçlar vermesi adına arıza noktası ile boru arasındaki en yüksek mesafe elli metre olarak belirlenmiştir. Arıza ID ve boru ID sütunları kullanılarak excel üzerinden pivot tablo oluşturulup ve 'arıza say' komutu kullanılarak herhangi bir boru ID'sinde oluşan toplam arıza sayısı belirlenmiştir. Oluşturulan excel dosyası QGIS programına aktarılmış ve atıksu boru dosyasıyla birleştirilmiştir. Bu aktarım için QGIS programındaki 'join attributes by field value' aracı kullanılmıştır. Birleştirilmiş katman öznelik tablosu oluşturulmuştur ve artık işlemlerimizi, arıza yoğunluk haritalarını birleştirilmiş katman dosyası üzerinden gerçekleştirilecektir (Şekil 2).

boru id	Say arıza id	İlçe	Mahalle Ad	Atıksu Si	Başlangı	Boru Şeki	Çap,mm	Malzeme Ko	Boru Tipi	Bitiş Kot	Eğim, 1/A	Uzunluk, m	Dolgu Malz	Giriş Tar	İçgişi malat Y	Notlar
1	31352	2	YEŞİLYURT	2.OSB	Ayrık Sistem	900.69	200	KRĞ	Şebeke	900.38	178.42395031	55.7109535850129	Bilinmiyor	2017-07-18...	20...	2016
2	31347	1	YEŞİLYURT	2.OSB	Ayrık Sistem	908.79	200	KRĞ	Şebeke	907.04	21.82558864	38.4528680590049	Bilinmiyor	2017-07-18...	20...	2016
3	6690	2	YEŞİLYURT	ABDULGA...	Ayrık Sistem	975.25	200	Beton(MBB)	Şebeke	973.20	10.69834115	21.8354499667542	Bilinmiyor	2016-03-26...	2009	DOĞAN
4	6688	2	YEŞİLYURT	ABDULGA...	Ayrık Sistem	975.79	200	Beton(MBB)	Şebeke	973.41	9.80465117	23.2134293241959	Bilinmiyor	2016-03-26...	2009	DOĞAN
5	6671	1	YEŞİLYURT	ABDULGA...	Ayrık Sistem	978.68	200	Beton(MBB)	Şebeke	978.63	260.04114433	12.9987885988839	Bilinmiyor	2016-03-26...	2009	DOĞAN
6	6670	1	YEŞİLYURT	ABDULGA...	Ayrık Sistem	978.70	200	Beton(MBB)	Şebeke	978.68	399.60754761	7.9999182503312	Bilinmiyor	2016-03-26...	2009	DOĞAN
7	6669	3	YEŞİLYURT	ABDULGA...	Ayrık Sistem	980.11	200	Beton(MBB)	Şebeke	978.70	1.62161227	1.79992694288409	Bilinmiyor	2016-03-26...	2009	DOĞAN
8	6667	1	YEŞİLYURT	ABDULGA...	Ayrık Sistem	979.23	200	Beton(MBB)	Şebeke	978.97	30.77987374	7.99884400155139	Bilinmiyor	2016-03-26...	2009	DOĞAN
9	6655	1	YEŞİLYURT	ABDULGA...	Ayrık Sistem	982.21	200	Beton(MBB)	Şebeke	981.45	19.75845421	14.9973739796601	Bilinmiyor	2016-03-26...	2009	DOĞAN
10	6640	1	YEŞİLYURT	ABDULGA...	Ayrık Sistem	986.14	200	Beton(MBB)	Şebeke	985.85	34.49221994	9.99988368365523	Bilinmiyor	2016-03-26...	2009	DOĞAN
11	5368	2	YEŞİLYURT	ABDULGA...	Ayrık Sistem	994.36	200	Beton(MBB)	Şebeke	996.21	-1.90487170	2.99942011747483	Bilinmiyor	2016-03-25...	2009	DOĞAN
12	5367	2	YEŞİLYURT	ABDULGA...	Ayrık Sistem	996.72	200	Beton(MBB)	Şebeke	994.36	12.63585187	29.7268934849425	Bilinmiyor	2016-03-25...	2009	DOĞAN
13	5366	6	YEŞİLYURT	ABDULGA...	Ayrık Sistem	995.21	200	Beton(MBB)	Şebeke	996.72	-21.21414480	31.9966623186818	Bilinmiyor	2016-03-25...	2009	DOĞAN
14	5365	2	YEŞİLYURT	ABDULGA...	Ayrık Sistem	997.20	200	Beton(MBB)	Şebeke	995.21	3.71457161	7.11906089376199	Bilinmiyor	2016-03-25...	2009	DOĞAN
15	5364	3	YEŞİLYURT	ABDULGA...	Ayrık Sistem	995.21	200	Beton(MBB)	Şebeke	997.20	-4.14242748	7.99958869204599	Bilinmiyor	2016-03-25...	2009	DOĞAN
16	5363	2	YEŞİLYURT	ABDULGA...	Ayrık Sistem	997.20	200	Beton(MBB)	Şebeke	995.21	9.62444925	19.048897114059	Bilinmiyor	2016-03-25...	2009	DOĞAN
17	5362	2	YEŞİLYURT	ABDULGA...	Ayrık Sistem	992.33	200	Beton(MBB)	Şebeke	994.21	-7.51318866	13.9991587696827	Bilinmiyor	2016-03-25...	2009	DOĞAN
18	5359	2	YEŞİLYURT	ABDULGA...	Ayrık Sistem	996.00	200	Beton(MBB)	Şebeke	993.08	9.85168774	28.6181789423825	Bilinmiyor	2016-03-25...	2009	DOĞAN
19	5354	5	YEŞİLYURT	ABDULGA...	Ayrık Sistem	1000.65	200	Beton(MBB)	Şebeke	999.39	23.38474195	29.4380415022454	Bilinmiyor	2016-03-25...	2009	DOĞAN
20	5353	3	YEŞİLYURT	ABDULGA...	Ayrık Sistem	999.72	200	Beton(MBB)	Şebeke	1000.65	-27.97404952	26.0007282561042	Bilinmiyor	2016-03-25...	2009	DOĞAN

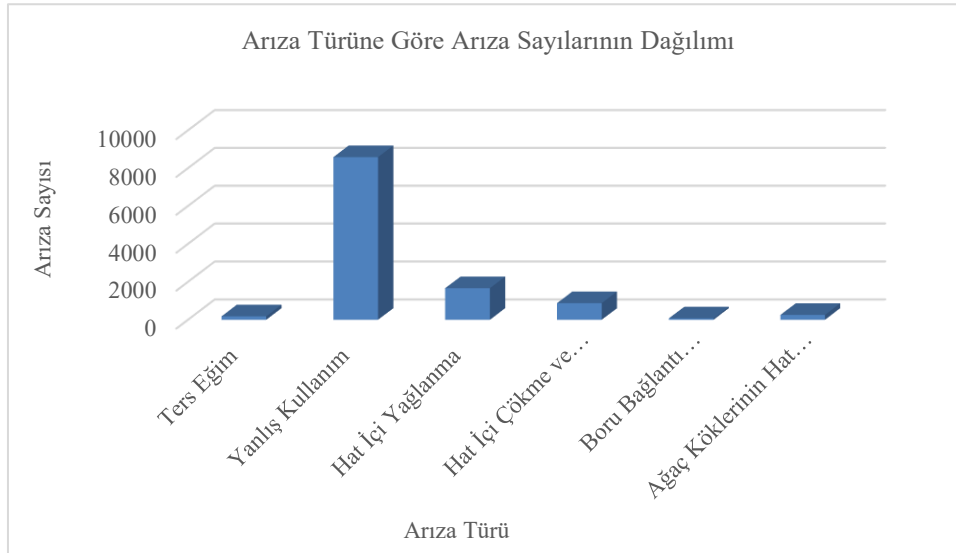


Şekil 2. QGIS programında atıksu arıza ve boru hat bilgilerinin birleştirilmesi

4. Yapısal Kusurların Analizi

4.1 Arızaların Ön Analizi

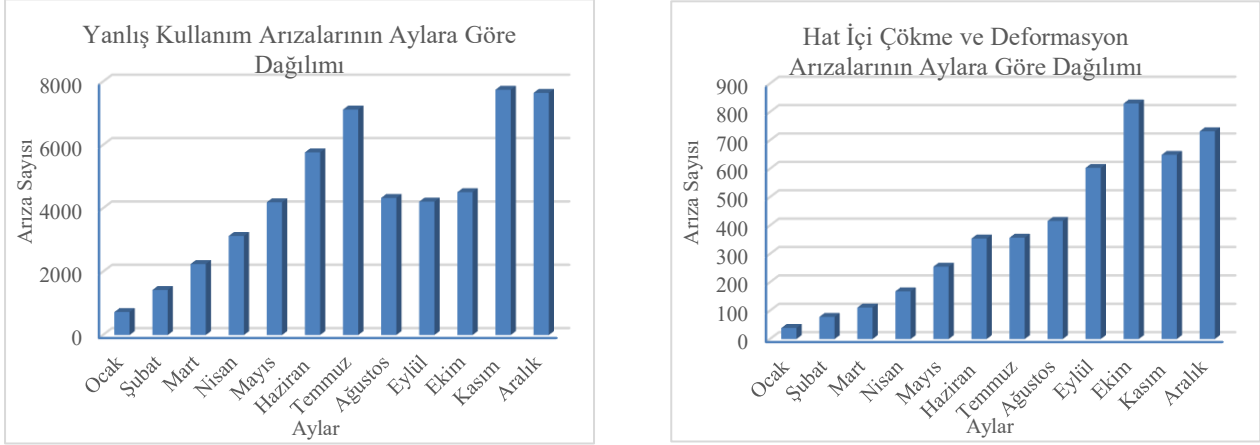
Bu çalışmada 2015-2019 yılları arasında gözlenmiş kayıtları içeren MASKİ arıza veri tabanı ve MASKİ tarafından merkez kanalizasyon sisteminde CCTV kamera ile yapılan bakım-denetim faaliyetlerinde tutulan kayıtlar esas alınmıştır (MASKİ, 2019). MASKİ arıza veri tabanında 2015-2019 yılları arasında yaklaşık 105226 adet veri ön analizden geçirilmiş ve CBS veri tabanına aktarılmıştır. Bu veri tabanında, başka kurumlar tarafından verilen zararlar, yanlış ihbar vb. kayıtları da içerdiğinden dolayı detaylı bir ön inceleme gerçekleştirilmiştir. Bölgedeki verilere esas alınarak arıza türüne göre dağılım Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Arıza türüne göre arıza sayılarının dağılımı

Şekilde verilen grafikten de görüldüğü üzere, arızaların önemli bir kısmının yanlış kullanımdan kaynaklanmaktadır. Bu arızanın yüksek olmasında sisteme atılan yabancı maddeler, cadde ve sokakta inşaat atıklarının (özellikle kum ve çakıl girişi) sisteme girmesinin etkili olduğu söylenebilir. Bu arızanın diğer arızaların (göllenme, geri tepme vb.) oluşmasında da etkisi söz konusudur. Bu nedenle arıza sayısının düşürülmesi ile diğer arızalarda da azalma

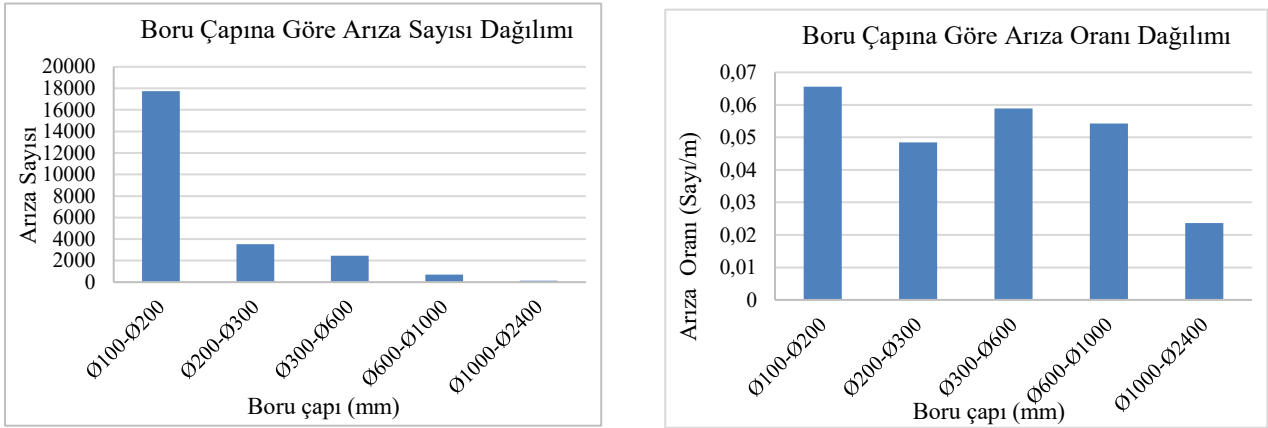
gözlenecektir. Bu arızaların azaltılmasında halkın bilinçli bir şekilde kullanımı oldukça önemlidir. Burada en yüksek arıza sayısına sahip “yanlış kullanım” ve “ hat içi çökme ve deformasyon” arıza türlerinin aylık olarak değişimleri



Şekil 4'te verilmiştir

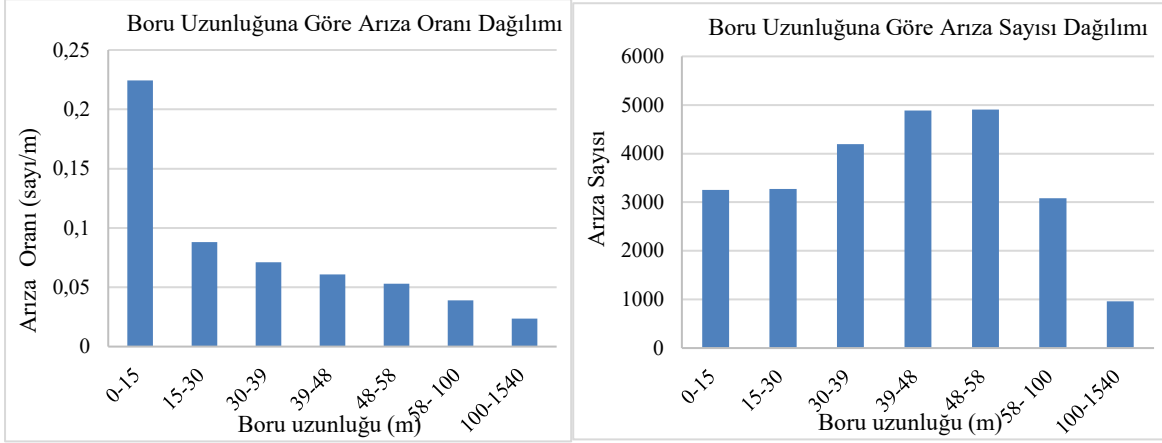
Şekil 4. Yanlış kullanım ve hat içi deformasyon arızalarının aylık değişimi

Şekilde yanlış kullanıma ait grafik incelendiğinde, en fazla arıza yoğunluğunun Temmuz, Kasım ve Aralık aylarında olduğu görülmektedir. Diğer taraftan hat içi çökme ve deformasyon arızalarının en yoğun olduğu dönem Eylül-Aralık arasında olduğu tespit edilmiştir. Uygulama alanında alınan veriler düzenlendikten sonra boru çapına ve hat uzunluğuna göre arızalar Şekil 5'te gösterilmiştir.



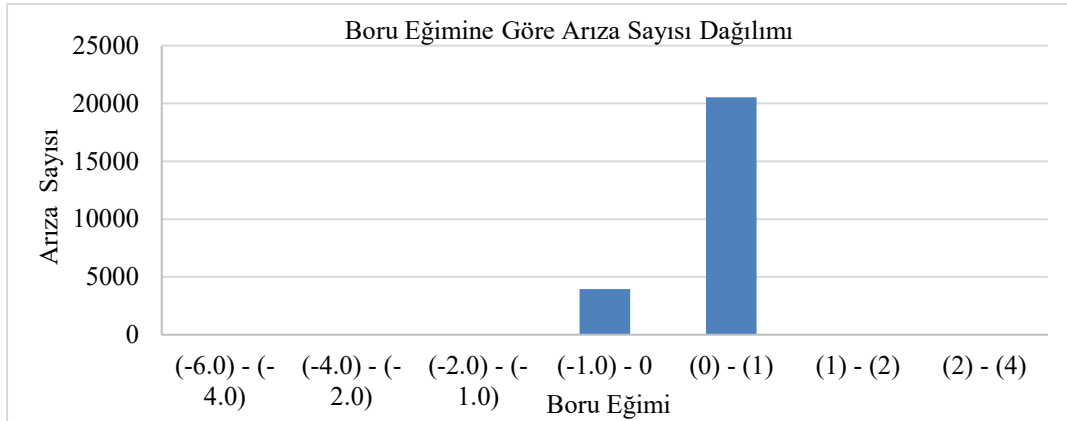
Şekil 5. Boru çapına göre arıza sayısı ve oranı değişimi

Boru çapına göre arıza dağılımı haritası incelendiğinde, boru çapı ile arıza arasında güçlü bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Boru çapının azaldığı bölgelerde arıza sayısında artış yaşanmıştır. Özellikle 100 ve 200 mm'lik boru çaplarında arızalar yoğunlaşmaktadır. Bunun nedeni özellikle yanlış kullanımdan ve yabancı madde atılmasından dolayı küçük çaplı borularda tıkanmalar gösterilebilir. Ayrıca küçük boru çaplı borularda ters eğim, çökme veya işçilik gibi hatalardan dolayı arıza sıklığının artması beklenmektedir. Özellikle yağışlı dönemlerde yağış sularının (genelde çatılardan gelen suların) kanalizasyon hattına girmesi ile küçük çaplı borularda kapasite aşılmasına neden olmaktadır.



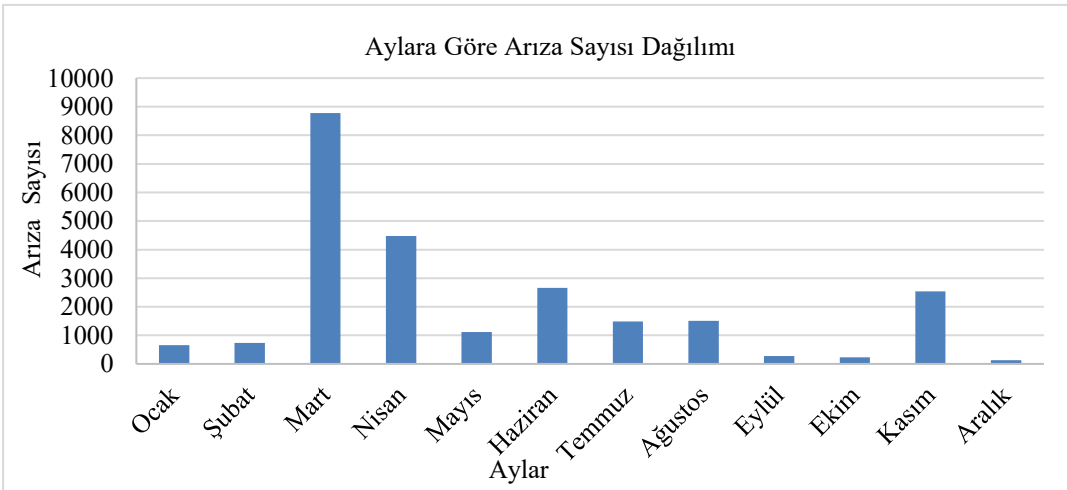
Şekil 6. Boru çapına göre arıza sayısı ve oranı değişimi

Boru uzunluğuna göre arıza dağılımı haritası incelendiğinde arıza sayısı ile boru uzunluğunun doğru orantılı olarak arttığı görülmektedir. Boru uzunluğu arttıkça, bağlantı nokta sayısı ve bina bağlantı sayısı artmakta, hattın kontrolü ve temizliği zorlaşmakta, ters eğim ve çökme riski artmaktadır.



Şekil 7. Boru eğimine göre arıza sayısı değişimi

Boru eğimine göre arıza dağılımı haritası incelendiğinde ters eğimin olduğu veya eğimin olmadığı borularda daha fazla arıza meydana gelmiştir. Kanalizasyon sistemleri serbest yüzeyli olup eğim farkına göre çalıştığından dolayı düşük eğim veya ters eğim akış koşullarının bozulmasına neden olmaktadır. Özellikle bu tür durumlarda geri tepmeler, hat içi göllenmeler sıkça gözlenebilmekte ve bunun sonucunda tıkanıklık sorunu ortaya çıkmaktadır.



Şekil 8. Aylara göre arıza sayısı değişimi

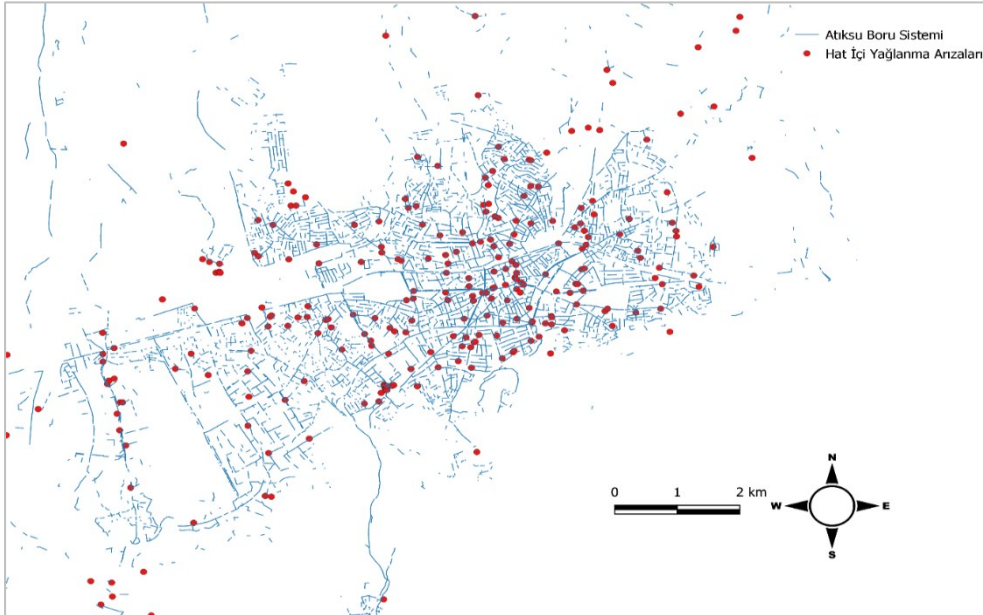
Atıksu sistemlerinde geri tepme, göllenme ve kapasite aşılması gibi sorunların oluşmasında yağışlı dönemlerin etkisinin olduğu düşünülmektedir. Şekil 8’de verilen grafikte en çok arızanın Mart ve Nisan ayların kaydedildiği görülmektedir. Bu durum; uygulama alanında bahar yağışlarının gözlemlendiği zaman aralığı olması, bölgede hat tipinin genelde birleşik sistem olması ve yağış sularının kanalizasyon hatlarına girişi, geçiş mevsimi olması nedeniyle zemindeki donma çözülme etkisinin gözlenmesi, bu etkiye bağlı olarak çökmelerin ortaya çıkması ve ters eğimini oluşması şeklinde yorumlanabilir.

5. Arızaların Coğrafi Bilgi Sistemlerle Analizi

Uygulama alanında kaydedilen arıza kayıtları önceki bölümde verilen işlem adımları izlenerek CBS ortamına aktarılmış ve borularla ilişkilendirilmiştir. Bu veriler dikkate alınarak arıza türüne göre mekânsal sorgulamalar gerçekleştirilmiştir.

5.1 Hat İçi Yağlanma Arızaları

Kanalizasyona atılan yağlar; borular içerisindeki soğuk su ve diğer maddelerle birleşerek hal değiştirirler yani katılaşır sertleşirler. Katılaştıran yağlar, içerisinde bulundurduğu yağ asidi ve diğer birleşen faktörler sonucunda kullanılan kanalizasyon borularının iç yüzeylerinde yapışarak tutunurlar. Zamanla rüzgâr, soğuk su ve diğer maddeler ile etkileşime geçmesi sonucunda tamamen borudan ayrılmaz hale gelirler. Bunun sonucunda boru ve ek parçalarının içerisinde kaplayarak daraltırlar ve borular artık tam kapasite çalışamaz duruma gelir. Uygulama bölgesinde hat içi yağlanmaların konumsal değişimi Şekil 9’da gösterilmiştir.

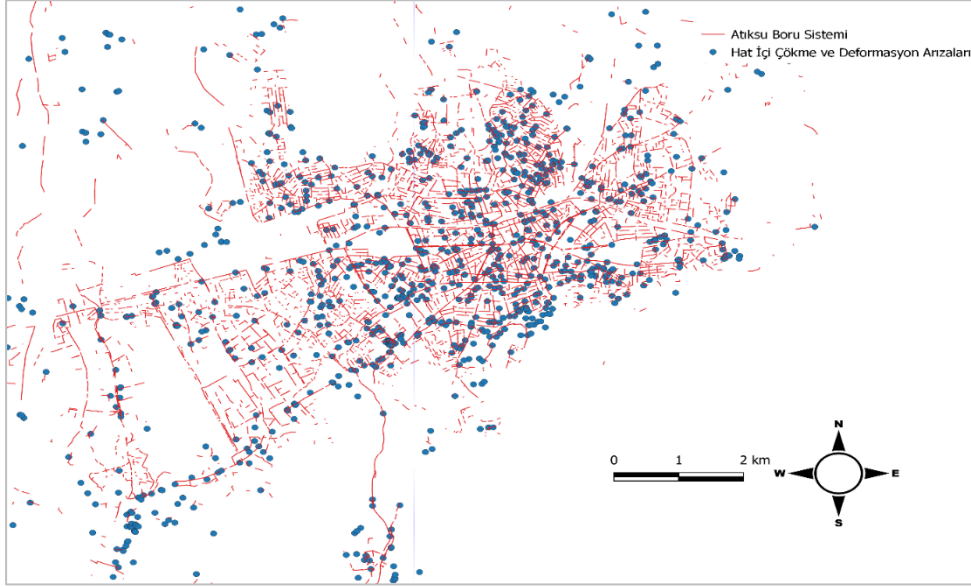


Şekil 9. Hat için yağlanma arızalarının konumsal değişimi

Bu tür yapısal kusur veya arızalar genelde yemek fabrikalarının ve lokantaların olduğu bölgelerde gözlenmektedir. Şekil 9 incelendiğinde, arıza sayısının genelde şehir merkezinde ve yemek fabrikalarının bulunduğu hatlarda gözlenmiştir. Bu arızaların azaltılmasında, sorunun kaynağında uygun filtrelerin kullanılması ve kanalizasyon hattına doğrudan deşarjın engellenmesi oldukça önemlidir.

5.2 Hat İçi Çökme ve Deformasyon Arızaları

Gevşek zemin koşullarında, boru üstündeki basıncın artması veya yatay titreşimler sonucu boruda ve boru birleşim yerlerinde çökmeler ve deformasyonlar oluşur. Bu tür yapısal kusurların oluşmasında zemin türü, bölgede yer altı su seviyesi ve değişimi, mevsim değişimlerinde donma çözülme, boru imalatında yatak malzemesinin yanlış yapılması ve işçilik hatası gibi faktörler etkili olmaktadır. Uygulama bölgesinde hat içi yağlanmaların konumsal değişimi Şekil 10’da gösterilmiştir. Hat içi çökme ve deformasyon arızalarının haritası incelendiğinde toprak basıncının ve trafik yükünün yoğun olduğu yerlerde bu tip arızalarla daha çok karşılaşıldığı görülmüştür. Şekil incelendiğinde, uygulama alanında genelde şehir merkezinde (trafik yoğunluğu ve eski hatların çoğunlukta olduğu bölgelerde) bu tür arızaların olduğu görülmektedir.

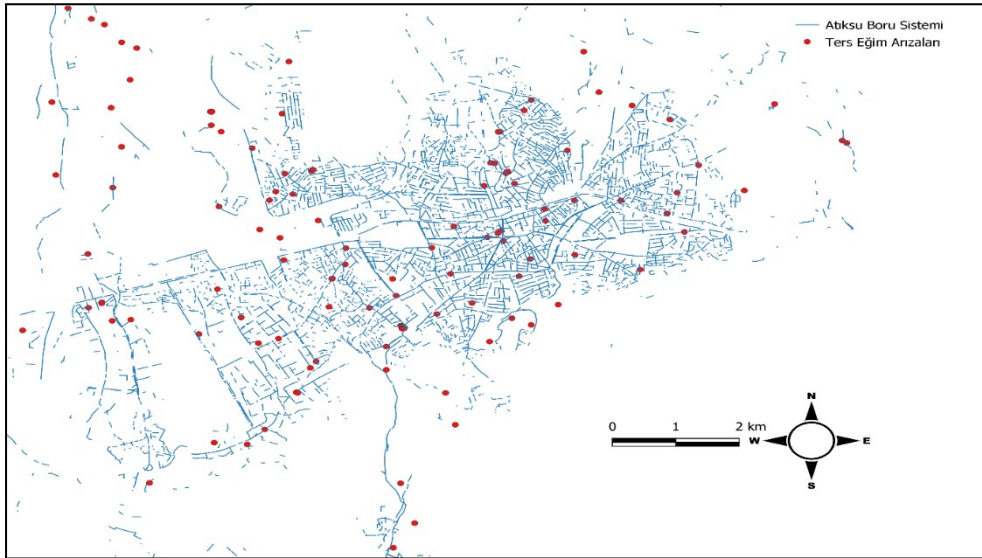


Şekil 10. Hat için çökme ve deformasyon arızalarının konumsal değişimi

Bu arızalar aynı zamanda diğer arızaların oluşmasına neden olmaktadır. Çökme görülen hatlarda, ters eğimin oluşması, boru içi göllenmenin meydana gelmesi, parsel bacasına ve rögar kapağında geri tepmelerin gözlenmesi, göllenme sonucu kapasite aşılması gibi sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle bu etkilerin en aza indirilmesi için kanalizasyon hatlarında hat içi görüntüleme kameralarıyla belli bir program dahilinde denetimlerin yapılması gerekmektedir.

5.3 Ters Eğim Arızaları

Ters eğim, kanalizasyonda ciddi sorunlara neden olabilmektedir. Ters eğim sonucunda atık maddeler uygun akım koşullarında akışını gerçekleştiremez, hat içinde birikme yapar ve hat tıkanmalarına neden olur. Uygulama bölgesinde ters eğim arızalarının konumsal değişimi Şekil 11’de gösterilmiştir.

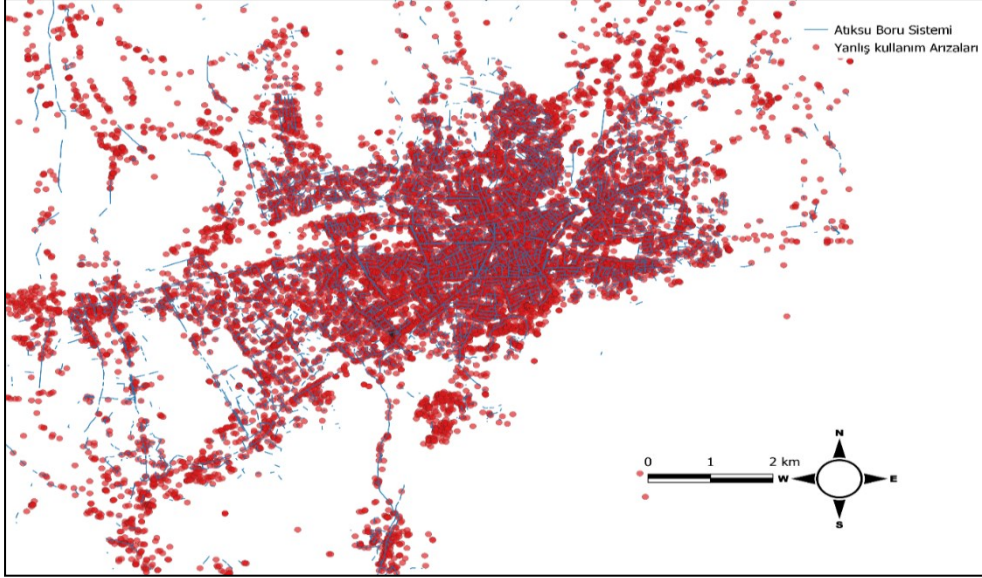


Şekil 11. Ters eğimi arızalarının konumsal değişimi

Ters eğim toprak erozyonu, temel yerleşimi, deprem gibi jeolojik olaylardan veya zayıf toprak sıkışması veya kötü montaj gibi insan kaynaklı hatalardan dolayı meydana gelir. Bu tür arızalar boruların sahada ilk uygulandığı sırada yanlış kot alma işleminden kaynaklanabilir. Ayrıca hat hizmete alındıktan sonra zemin hareketi, yeraltı su seviyesinin değişkenlik göstergesi, trafik yükü gibi çevresel etkiler sonucu da gözlenebilir.

5.4 Yanlış Kullanım Arızaları

Kanalizasyon hatlarının çöp olarak kullanılması ve bilinçsizce atılan yabancı maddeler sonucunda kanallarda bir takım arızalar oluşturur. Bu malzemeler yer yer tıkanıklığa ve olumsuzluğa neden olur. Uygulama bölgesinde yanlış kullanım arızalarının konumsal değişimi Şekil 12’de gösterilmiştir

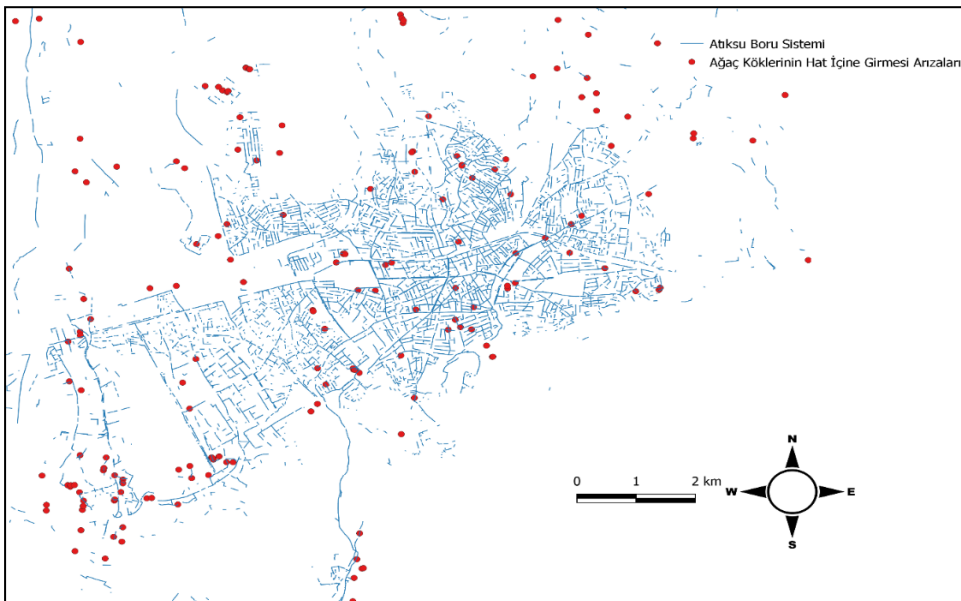


Şekil 12. Ters eğimi arızalarının konumsal değişimi

Yanlış kullanım arızalarının haritası incelendiğinde, arızaların büyük oranda yanlış kullanımdan kaynaklandığı görülmektedir. Atıksu hatlarının bilinçsiz kullanımı sonucunda sistemde büyük aksaklıklar yaşandığı görülmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi, bu arıza şehrin geneline yayılmış durumundadır. Bu arızanın yüksek olmasında, kullanıcıların yabancı maddeleri kanalizasyon sistemine atması, cadde veya sokakta çakıl ve kumların hat içine girmesi gösterilebilir. Bu arıza türünün azaltılmasında en önemli görev kullanıcılara düşmektedir. Bu arızanın azaltılması özellikle tıkanma, hat içi göllenme, geri tepmeler gibi diğer arızaların oluşmasına neden olduğu göz önüne alındığında, bu arızanın azaltılmasının ne kadar önemli olduğu görülmektedir.

5.5 Ağaç Köklerinin Hat İçine Girmesi

Ağaç ve bitki köklerinin, su - besin ihtiyacını karşılayabilmek için atıksu hatlarına yönelmesi ve hatta zarar vermesi sonucu oluşan arızalardır. Uygulama bölgesinde ağaç köklerinden kaynaklanana arızaların konumsal değişimi Şekil 13’te gösterilmiştir.



Şekil 13. Ağaç köklerinden kaynaklanan arızaların dağılımı

Bu tür arızalar genelde peyzaj yoğunluğunun fazla olduğu bölgelerde görülmektedir. Özellikle kış aylarında kanalizasyon hatlarındaki suyun sıcaklığı dış ortamdaki suya göre daha sıcak olduğundan ve taşınan suyun özelliğinden dolayı ağaç kökleri hat içine girmektedir. Şekilde görüldüğü gibi çok fazla sayıda olmasa da bu tür durumlarda hatlarda yapısal kusurlar ortaya çıkabilmektedir. Sonuç olarak yukarıda verilen grafik ve şekiller incelendiğinde kanalizasyon sistemlerinde çeşitli faktörlere bağlı olarak farklı türlerde arızalar meydana gelmektedir. Bu arızaların içmesuyu şebeke arızalarından önemli farkı, taşınan suyun özelliğinden dolayı kirletici etkisinin olması ve insan ve çevre sağlığı açısından önemli tehditler oluşturmasıdır. Bu nedenle, bu tür sistemlerde meydana gelen arızaların analiz edilmesi, faktörlerin belirlenmesi, etkilerinin azaltılması, işletme-bakım-onarım maliyetlerinin azaltılması ve insan ve çevre sağlığının korunması açısından oldukça önemlidir.

6. Sonuçlar

Bu çalışmada, kanalizasyon sistemlerinde meydana gelen arızaların Coğrafi Bilgi Sistemler ile değerlendirmesi ve analiz edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Malatya ili merkez kanalizasyon sisteminde 2015-2019 yılları arasında gözlenen arıza kayıtları dikkate alınmıştır. Bu arıza kayıtları QGIS ortamında atıksu şebeke planı ile ilişkilendirilip bacadan bacaya ve sokak bazlı birim boru başına düşen arızalar (arıza oranı) hesaplanmıştır. Çalışmada ön plana çıkan sonuçlar temel olarak;

- En fazla arızanın yanlış kullanım ve hat için çökme/deformasyon olduğu tespit edilmiştir.
- En fazla arıza sayısı ve oranı 100-200 mm aralığındaki borularda gözlenmiştir. Bunun nedeni bu tür borularda tıkanma, geri tepme olasılığının fazla olması gösterilebilir.
- Boru uzunlukları dikkate alındığında en fazla arıza sayısının 39-58 m aralığındaki hatlarda meydana geldiği görülmüştür.
- Arıza kayıtlarının aylık değerlendirilmesinde en fazla arızanın Mart ve Nisan döneminde olduğu tespit edilmiştir. Özellikle mevsim geçişlerinde donma-çözülme, yer altı su seviyesi değişimleri, yağışlı dönemde yağış sularının hat içine girişi gibi faktörlerin bu sonuç üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir.
- Arıza verilerinin coğrafi bilgi sistemlerle konumsal analizinde yanlış kullanım arızalarının genelde sistemde tamamında gözlenmektedir. Bunun nedeni, bu arıza türünde kullanıcıların etkisi oldukça fazla olması gösterilebilir.
- Hat içi yağlanma arıza türü incelendiğinde, özellikle işletmelerin olduğu bölgelerde bu tür arızaların yoğunlukta olduğu söylenebilir.
- Hat içi çökme ve deformasyon arıza yoğunluğunun genelde merkez bölgelerde olduğu görülmektedir. Bunun nedeni, bölgede trafik yoğunluğunun fazla olması, hat yaşının fazla olması ve zamanla deformasyon gözlenmesi şeklinde değerlendirilebilir.

Sonuç olarak kanalizasyon sistemlerinde meydana gelen arızalar idare için önemli işletme ve bakım-onarım maliyetleri çıkarmaktadır. Ayrıca, bu sistemlerde taşınan suyun özelliğinden dolayı geri tepmeler, tıkanıklık, hat içi göllenmeler ve sızıntılar sonucunda insan ve çevre sağlığı açısından önemli sağlık sorunları ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle bu tür sistemlerde arıza analizinin yapılması, etkili faktörlerin belirlenmesi, sistemin hat içi kamera sistemleri ile izlenmesi, belli bir program dahilinde hat içi temizliklerin yapılması bu tür olumsuz etkilerin azaltılması açısından oldukça önemlidir.

Teşekkür

Bu çalışma İnönü Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında, Selva GÖK tarafından yapılan Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir. Yazarlar desteklerinden dolayı İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine desteklerinden dolayı teşekkür etmektedir (İÜ BAP-FYL 2020/2055).

Kaynaklar

- Ana, E., Bauwens, W., Pessemier, M., Thoeve, C., Smolders, S., Boonen, I. & De Gueldre, G. (2009). An Investigation of the Factors Influencing Sewer Structural Deterioration. *Urban Water Journal*, 6(4), 303–12.
- Carvalho, G., Amado, C., Brito, R.S., Coelho, S.T. & Leitão, J.P. (2018). Analysing the Importance of Variables for Sewer Failure Prediction. *Urban Water Journal*. 15(4), 338–345.
- Chughtai, F. & Zayed, T. (2007). Structural Condition Models for Sewer Pipeline. *Pipelines 2007: Advances and Experiences with Trenchless Pipeline Projects*.
- Damvergis, C.N. (2014). Sewer systems: Failures and rehabilitation. *Water Utility Journal*, 8, 17-24.

- Davies, J.P., Clarke, B.A., Whiter, J.T. & Cunningham, R.J. (2011). Factors Influencing the Structural Deterioration and Collapse of Rigid Sewer Pipes. *Urban Water*, 3, 73-89.
- Elmasry, M., Hawari, A. & Zayed, T. (2017). Defect Based Deterioration Model for Sewer Pipelines Using Bayesian Belief Networks. *Canadian Journal of Civil Engineering*. 44, 675–690.
- Kelly, B., Dubey, B., Harvey, R., McBean, E. (2015). A Risk-Based Approach to Sanitary Sewer Pipe Asset Management. *Science of the Total Environment*. 505, 1011–1017.
- Kleiner, Y. (2001). Scheduling Inspection and Renewal of Large Infrastructure Assets. *Journal of Infrastructure Systems*, 7 (4). Kuliczowska, E. & Bařba, K. (2018). An Analysis of the Categories Regarding the Probability of an Operational Failure of Sewers. *E3S Web of Conferences* 45, 00040.
- MASKİ (2019). Malatya Su ve Kanalizasyon İdaresi, Atıksu Sistemleri Arıza Raporu.
- Orhan, C., Kılıç, S. & Fırat, M. (2019). CCTV Kamera Verileri Kullanılarak Atıksu Sitemlerinde Meydana Gelen Arızaların ve Etkili Faktörlerin İncelenmesi. III. *Uluslararası Battalgazi Bilimsel Araştırmalar Kongresi*, Malatya, 208-216.
- Savic, D., Giustolisi, O., Berard, L., Shepherd, W., Djordjevic, S. & Saul, A. (2006). Modelling Sewer Failure by Evolutionary Computing. *Water Management*. 159(2), 111-118.
- Samuel, T., Ashraf El-Assaly, A. & Yang, Y. (2001). Assessment of Infrastructure Inspection Needs Using Logistic Models. *Journal of Infrastructure Systems*, 7(4).