

## ATIKSU TOPLAMA SİSTEMLERİNDEKİ İŞLETME PROBLEMLERİNİN TANIMLANMASI

*Tubanur TÜRK* \*<sup>ID</sup>  
*Hüseyin KUŞKONMAZ* \*<sup>ID</sup>  
*Fatih KARADAĞLI* \*\*<sup>ID</sup>

Geliş: 07.04.2021; düzeltme: 18.01.2022; kabul: 27.01.2022

**Öz:** Kanalizasyon sistemlerine bırakılan ıslak mendil ve tuvalet kağıdı gibi kişisel hijyen ürünleri atıksu toplama sistemlerindeki yağ ve benzeri hidrofobik maddelerle, veya kum gibi inorganik maddelerle birleşerek katı yumaklar haline dönüşmektedir. Bu yumaklar, kanalizasyon sistemlerinde, debinin ve/veya su akış hızının düşük olduğu noktalarda birikim yapmaktadır. Bu birikimler zamanla artmakta ve kanalizasyon sisteminde tıkanmalara ve taşmalara neden olmaktadır. Tıkanma ve taşma olaylarının sonucu olarak, halk sağlığını tehdit eden hastalık riskleri, finansal kayıplar, mal ve işgücü kayıpları meydana gelmektedir. Bunun sonucunda, belediyeler ve halk ciddi maliyetlerle karşılaşmak durumunda kalmaktadır. Bu çalışmada atıksu toplama sistemlerinde meydana gelen tıkanmaların sebeplerinin sistematik bir şekilde tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, ana kanalizasyon hatlarında, sokak bacalarında ve binaların pissu hatları ile bağlantı bacalarında meydana gelen tıkanmaların sebepleri saha çalışmaları yapılarak tespit edilmiştir. Saha çalışmaları, Sakarya Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresine bağlı ekiplerin yardımıyla, yazarlar tarafından gerçekleştirilmiştir. Tıkanmaların sebepleri tüketici hataları ve inşaat hataları şeklinde iki ana grupta toplanmıştır. Tüketici hataları arasında bebek bezlerinin kanalizasyon sistemine bırakılması gibi örnekler yer alırken, inşaat hataları arasında altyapı sistemine yetersiz eğim verilmesi veya trafik yükü nedeniyle boruların deformasyonu gibi hususlar kaydedilmiştir. Kanalizasyon sistemlerindeki tıkanma problemlerinin kontrol altına alınabilmesi için potansiyel öneriler geliştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Atıksu toplama sistemleri, kanalizasyon tıkanma nedenleri, tüketici hataları, inşaat hataları

### Key Causes of Blockages in Wastewater Collection Systems

**Abstract:** Personal hygiene products such as toilet papers and moist wipes that are disposed of into wastewater collection systems blend with other wastewater constituents such as grease and sand to form solid mixtures. Such waste mixtures accumulate in critical parts of sewer systems, where wastewater flow rate and velocity is low. In time, the accumulations lead into pipe blockages and sewer overflows. As a result, residents face property damages, financial costs, and public health threats. Consequently, municipalities and individuals spend considerable amount of funds to rectify sewer problems. In this context, this study systematically identifies critical causes of sewer blockages. For this purpose, the authors carried out field observations in main sewers, street manholes, drains, and connection boxes of commercial and residential buildings. Field studies were carried out with assistance from Water and Sewer Authority of Sakarya Metropolitan Municipality. Key causes of sewer blockages are categorized in two groups as human errors, and construction problems. Typical example of human errors include inappropriate disposal of solid wastes (e.g. baby diapers) into sewer systems. Construction problems can be typified as insufficient pipe slopes, and deformation of sewer pipes due to reasons such as heavy traffic load. Potential solutions are offered to minimize blockages in sewer networks.

**Keywords:** Wastewater collection systems, causes of sewer blockages, consumer errors, construction problems

\*Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Böl., Esentepe Kampüsü, Serdivan, Sakarya, 54187.

\*\*İletişim Yazarı: Fatih KARADAĞLI (fkaradagli@sakarya.edu.tr)

## 1. GİRİŞ

Ev ve işyerlerinden kaynaklanan atıksular, binaların atıksu tesisatlarıyla toplanarak kanalizasyon sistemlerine aktarılmakta ve bu sistemler aracılığıyla, arıtma tesislerine iletilmektedir. Bu süreçte, bazı katı atıklar (tuvalet kağıdı, ıslak mendil gibi) atıksularla birlikte kanalizasyon sistemlerine girmektedirler. Bu tür katılar, kanalizasyon sistemlerinde atıksu debisinin ve akış hızının düşük olduğu noktalarda birikimler yaparak, zamanla tıkanma problemlerinin oluşmasına sebebiyet vermektedir. Konuyla ilgili bazı görsel örnekler Şekil 1’de sunulmaktadır. Kanalizasyon sistemlerinde meydana gelen tıkanma ve atıksu taşma olaylarına bağlı olarak, aşağıda özetlenen olumsuz sonuçlar ortaya çıkmaktadır.

**Finansal kayıplar:** Belediyelere bağlı Su ve Kanalizasyon İdareleri kanalizasyon sistemlerinin sağlıklı şekilde işletilmesinden sorumlu kuruluşlardır. Bu çerçevede, Sakarya Büyükşehir Belediyesinin ilgili birimlerinden alınan bilgiler ışığında, bir tıkanma olayının giderilmesi için, 2020 yılı verilerine göre yaklaşık 800 TL civarında maliyet ortaya çıkmaktadır. Bu maliyet, teknik personel (mühendisler, şoför ve işçiler), teknik ekipmanlar (vidanjör, basınçlı su makinesi), ve akaryakıt gibi ana kalemlerden oluşmaktadır. Aynı dönemde, Sakarya’da 25000 adet tıkanma olayıyla karşılaşmış ve 2020 yılı için toplam 20 milyon TL (800 TL/tıkanma x 25000 tıkanma = 20 milyon TL) şeklinde bir maliyet oluşmuştur. Görüleceği üzere, oluşan bu maliyet ciddi bir finansal kayıp olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu finansal kaybın ülke çapındaki durumunu tahmin edebilmek için, Sakarya’nın 2020 yılı maliyetini (20 milyon TL), belediyenin hizmet verdiği nüfusa (1 milyon kişi) oranlayarak (20 milyon TL/1000000 = 20 TL/kişi-yıl) kişi-başına düşen maliyeti belirleyebiliriz. Bu değeri ülke nüfusumuzla çarptığımızda, (20 TL/kişi-yıl x 80 milyon kişi = 1,6 milyar TL/yıl) ülke çapında kanalizasyon sistemlerinde meydana gelen tıkanmaların giderimi için tahmini ve yıllık bir maliyeti öngörebiliriz. Buradan hareketle, atıksu toplama sistemlerindeki işletme problemlerinin ülkemiz için çok ciddi maliyetler oluşturduğu anlaşılmaktadır. Yukarıda belirtilen maliyete ilave olarak, arıtma tesislerine ve terfi sistemlerine ulaşan bazı katı atıkların (ıslak mendil gibi) ızgaralar, öğütücüler ve pompalar gibi ekipmanların sık sık bozulmasına neden olduğu bilinmektedir. Bu durumda, ilgili ekipmanların bakım-onarım veya yenileme gibi masrafları da yukarıda verilen maliyetlerin üzerine eklenmek zorundadır. Böylece, atıksu toplama ve arıtma sistemlerindeki işletme problemlerinin ülkemiz için çok ciddi finansal kayıpları beraberinde getirdiği kuşkusuzdur. Bu kayıpların azaltılması için, ilgili problemlerin sebeplerinin araştırılması ve çözüm önerilerinin geliştirilmesi gerekmektedir.

**İşçi ve halk sağlığını tehdit eden unsurlar:** Ev ve işyerlerinden gelen atıksular, kanalizasyon sisteminde tıkanma olması halinde, binaların zemin veya zemin-altı kotlarındaki alanlara geri tepmekte ve atıksu baskınlarına neden olmaktadır. Bu durumda, atıksuda bulunan patojen mikroorganizmalar ve benzeri mikrobiyolojik ögeler insan sağlığını tehdit etmektedir. Örneğin, bu tür sularla temas halinde olan bireylerin sindirim sistemi bozuklukları (ishal gibi) yaşaması muhtemeldir (USEPA, 2004). Bu şekilde, tıkanmalarla birlikte ortaya çıkan mikrobiyal tehditlerin varlığı insan sağlığı açısından büyük önem arz etmektedir.

**Ev ve işyerlerindeki mal ve hizmet kayıpları:** Tıkanmalara bağlı olarak ev ve işyerlerinde meydana gelen atıksu baskınları ile eşya, hammadde, ürün ve hizmetler zarara uğramaktadır (USEPA, 2004). Bu zararların ciddi boyutta maddi ve manevi kayıplar olduğu kuşkusuzdur.

Yukarıda belirtilen nedenlere bağlı olarak, atıksu sistemlerimizin işletme problemlerinin belirlenmesi ve çözüm önerilerinin geliştirilmesi için bilimsel çalışmaların yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçlar doğrultusunda, bu çalışma sistematik bir ilk adım olarak gerçekleştirilmiştir.



**Şekil 1:**

*Kanalizasyon sistemlerinde tıkanmalara sebep olan maddelere örnekler. Şekil a ve b, atık yağlarının atıksuda oluşturduğu sert çökelekleri; Şekil c, tuvalet kağıdı, ıslak mendil vb. atıkların birleşmesiyle oluşmuş yığınları; ve Şekil d, kabuklu kuruyemiş (fındık), meyve, sebze, ve plastik parçalar gibi atıkları göstermektedir.*

## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

Bu bölümde, kanalizasyon sistemlerine bırakılan katı maddelerin taşınımı, parçalanması ve diğer atıklarla etkileşimleri hakkında yapılan çalışmalar kronolojik sırayla özetlenmektedir. Bu bilgilerin ışığı altında, bu çalışmanın özgünlüğüne, amaç ve hedeflerine işaret eden hususlar bölümün son kısmında özetlenmektedir.

Verbanck (1995), kanalizasyon hattında toplanan katı maddelerin kaynaklarını ve bunların oluşturduğu etkileri araştırmıştır. Buna göre, atıksu borularında birikim yapan kum ve benzeri tanecikler anaerobik sedimentler oluşturmaktadır. Bu sedimentlerde, sülfat indirgeyici bakteriler, atıksudaki sülfatı ( $SO_4^{2-}$ ) bisülfide ( $HS^-$ ) dönüştürmekte, ve atıksuyun pH'sının düşük olduğu durumda, bisülfid ( $HS^-$ ) hidrojen sülfüre ( $H_2S$ ) dönüşmektedir. Hidrojen sülfür, mikrobiyal oksidasyonla sülfirik asite dönüşerek, borularda korozyona sebebiyet vermektedir. Kanalizasyon borularında belirli periyotlarda yıkama işlemi yapılarak, bu problemlerin giderileceği bir çözüm önerisi sunulmuştur (Vernback, 1995).

Brown ve diğ. (1996), tuvalet kağıtlarının atıksu borularındaki taşınımını matematiksel modelleme (simulasyon) çalışmaları ve deneysel testler yaparak çalışmışlardır. Buna göre, tuvalet kağıtları klozetlerden bırakılan sularla birlikte evlerin atıksu borularında belirli bir yere kadar ilerleyebilmektedir. Daha sonra, yeni gelen su dalgaları ile bir miktar daha ilerleyerek, su akımının daha fazla olduğu bir noktaya (sokak boruları gibi) taşınmaktadır. Ancak, bu tür katılar su hızının aniden düştüğü noktalardan biri olan bağlantı bacalarında birikim yapmaktadır (Brown ve ark., 1996).

Vollertsen ve diğ. (1999), kanalizasyon sistemlerinin sıcaklık ve çözünmüş oksijen değerlerinin, çökelme özelliğine sahip organik maddelerin suda çözünmesine (hidrolizine) etkilerini incelemişlerdir. Organik katı maddelerin hidrolizinin sıcaklıkla beraber hızlandığı gözlemlenmiştir. Çözünmüş oksijenin bu çözünme işleminde rol oynamadığı tespit edilmiştir. Ancak, aerobik mikroorganizmaların organik maddelerin oksidasyonu için çözünmüş oksijeni hızlı bir şekilde tükettikleri ifade edilmiştir. Bu nedenle, kanalizasyon sistemlerinin genellikle anaerobik ortamlar olduğu sonucuna varılmıştır (Vollersten ve ark., 1999).

Ashley ve diğ. (2004), kanalizasyon hatlarındaki katıların karakteristik özelliklerini, kanalizasyon sistemine etkilerini ve kontrol mekanizmalarını incelemişlerdir [4]. Bu çalışmada, kum gibi yoğunluğu yüksek olan taneciklerin hızlı bir şekilde çöküp sediment haline geldiği ve yoğunluğu suyun yoğunluğuna yakın olan katıların ise suyla birlikte taşındığı gözlemlenmiştir. Kanalizasyon sistemlerinde yapılan düzenli bakım ve temizlik çalışmalarının borularda oluşan birikimlerin giderilmesi için bir çözüm olacağı ifade edilmiştir (Ashley ve ark., 2004).

Keener ve diğ. (2008), atıksulara karışan yemek yağları ile sudaki bazı metal iyonlarının ( $Ca^{2+}$ ) çok sert çökelekler oluşturduğunu göstermiştir (Keener ve ark., 2008). Benzer şekilde, He ve diğ. (2013) bu çökeleklerin kanalizasyon borularındaki oluşum mekanizmalarını araştırmışlardır. Atıksuda bulunan  $Ca^{2+}$  iyonları ve uçucu yağ asitlerinin (UYA) konsantrasyonlarının ve atıksuyun pH'sının çökeleklerin oluşum için elverişli olduğu koşullarda, ilgili çökeleklerin Ca-UYA tuzları şeklinde olduğu belirlenmiştir (He ve diğ., 2013). Bu çökeleklerin beton borularda, plastik borulara göre daha fazla meydana geldiği vurgulanmıştır. Bu durumun temel sebebinin, beton boruların bünyesinde bağlı formda bulunan Ca bileşiklerinin zamanla ve suyun pH'sının düşük olduğu durumlarda, çözünerek  $Ca^{2+}$  iyonları şeklinde atıksuya geçmesi olduğu belirtilmiştir. Bu çerçevede, atıksuda  $Ca^{2+}$  iyonlarının konsantrasyonlarının artmasıyla birlikte UYA ile çökelek oluşumunun artması beklenen bir sonuç olduğu ifade edilmiştir (He ve diğ., 2013).

Karadağlı ve diğ. (2009), klozetlere atılabilecek hijyenik ürünlerin kanalizasyon sistemlerindeki parçalanmasıyla ilgili teorik ve matematiksel modelleme çalışmaları gerçekleştirmiştir (Karadağlı ve diğ., 2009). Teorik çalışmalara göre, bu atıkların sularda parçalanması, sudaki türbülans şartları ile ürünlerin mekanik mukavemetine bağlıdır. Sulardaki türbülans Reynolds sayısı ile temsil edilirken, ürünlerin mukavemeti parçalanma deneyleri yapılarak “özgün parçalanma sabitleri” şeklinde tespit edilmiştir. Geliştirilen teorik yaklaşım ve matematiksel model farklı hijyenik ürünler (tuvalet kağıdı gibi) kullanılarak test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, matematiksel modelin ve teorinin ilgili ürünlerin kanalizasyondaki davranışlarını takip edebilmek için kullanılabileceğini ortaya koymuştur (Karadağlı ve diğ., 2009).

Tang ve Jin (2013), selülozik ve plastik fiberler kullanılarak üretilen ve klozete atılabilir olduğu iddia edilen bir kompozit tekstilin sularda parçalanmasını çalışmışlardır. Yapılan deneysel çalışmalara göre, deneysel düzeneklerdeki karıştırma hızının ve karıştırma süresinin parçalanma hızını olumlu şekilde etkilediği vurgulanmıştır (Tang ve Jin, 2013).

Shahsavari ve diğ. (2017), kanalizasyon borularında biriken katıların taşınımını sağlamak için, boruların uygun noktalarına bir metal kapak (çek-valf) koyulmasını teklif etmişlerdir. Bu kapak sayesinde atıksular boru içerisinde biriktirilerek; daha sonra, kapağın açılmasıyla birlikte, boru içerisinde biriken katıların taşınımını sağlanmıştır. Yapılan testler sonucunda, küçük çaplı taneciklerin kapağın açılması sonucu boşalan suyla birlikte taşındığı, ama büyük çaplı taneciklerin (küçük taş vb.) yeniden ve yakın mesafede çökeldiği görülmüştür. Bu şekilde borularda yeniden ve sık sık katı birikimlerinin olduğu gözlemlenmiştir. İlgili kapakların sokak bacalarındaki giriş borularının önüne inşa edilmesi ve bilgisayar yardımıyla uzaktan açılıp kapanmasının uygun bir çözüm olacağı ifade edilmiştir (Shahsavari ve diğ., 2017).

Durukan ve Karadağlı (2019) ıslak mendiller ve tuvalet kağıtlarının fiziksel özelliklerini (kütle, hacim, kalınlık vs.), kopma kuvvetlerini, ve fiber türlerini karşılaştırmıştır. Buna göre, ıslak mendillerin tuvalet kağıtlarına göre, çok daha kalın, yoğun/ağır, gözenekli ve yüksek hacimli olduğu tespit edilmiştir. Kopma kuvvetleri açısından, ıslak mendillerin kuru, ve yaş haldeki

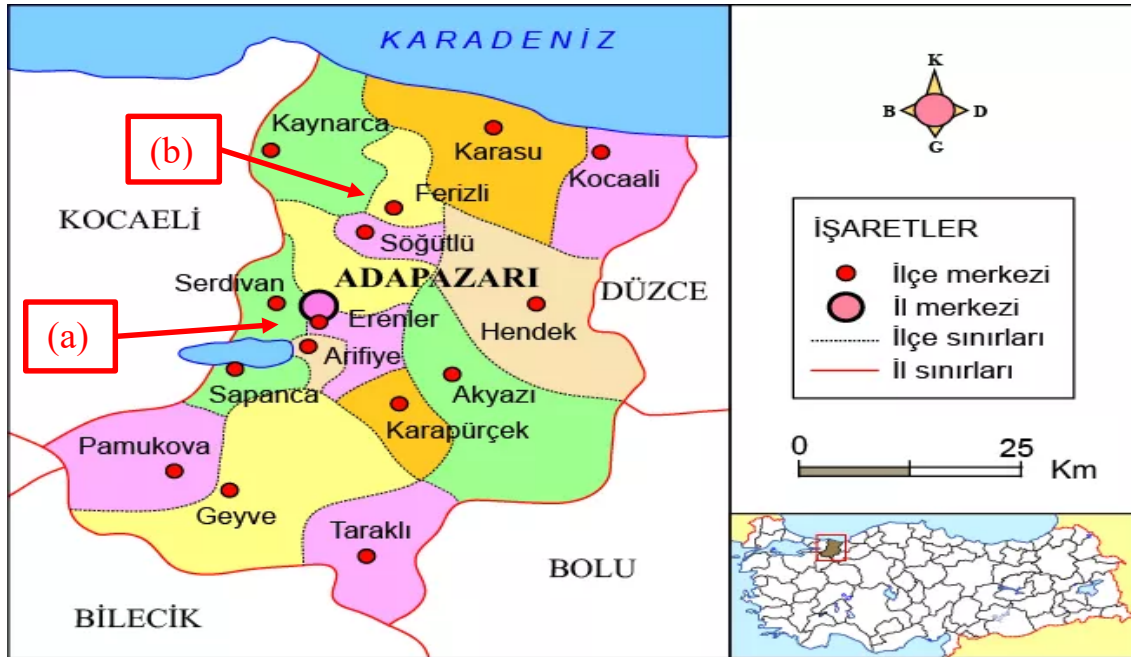
kopma kuvvetlerinin, tuvalet kağıtlarına göre çok daha yüksek olduğu anlaşılmıştır. Fiber kompozisyonlarına göre, tuvalet kağıtlarının selülozik fiberlerden oluştuğu, ancak ıslak mendillerin çoğunda sentetik fiberlerin (polyester vb.) mevcut olduğu belirlenmiştir. Bu çerçevede, ıslak mendillerin kanalizasyon sistemlerinde parçalanmasının çok zor olacağı öngörülmüştür (Durukan ve Karadağlı, 2019).

Literatür bilgilerinin ışığı altında, kanalizasyon sistemlerinde meydana gelen tıkanma problemlerinin ana sebepleri üzerine bilimsel çalışmaların sınırlı olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle, tıkanma problemleriyle ilgili sebep-sonuç ilişkilerinin incelenmesi ve problemlerin azaltılması için makul mühendislik çözümlerinin üretilmesi gerekmektedir. Bu çerçevede, bu çalışmanın özgünlüğü ve bu alandaki bilgi birikimimize olumlu katkılar yapacağı anlaşılmaktadır.

### 3. YÖNTEM, ARAÇ ve GEREÇLER

#### 3.1. Çalışma Sahasının Ayrıntıları

Bu proje kapsamında şehir merkezlerindeki ve kırsal alanlardaki kanalizasyon sistemlerini temsil edebilecek örnek bölgeler seçilmiştir. Buna göre, Sakarya ilinin merkezini oluşturan Adapazarı, Erenler ve Serdivan ilçeleri şehir merkezini temsil eden yerler olarak belirlenmiştir. Kırsal kesimleri temsil etmek için, Sakarya'nın Ferizli beldesi örnek bir bölge olarak seçilmiştir. Bu bölgeler Şekil 2'de sunulan haritada gösterilmektedir. Genel olarak, Sakarya ilinin şehir merkezi geniş bir ova üzerine kurulmuştur. Şehirde yağmur suları ile evsel atıksular ayrı sistemlerle toplanmakta, ve bu sistemler, 17 Ağustos 1999 tarihli depremden sonra ilgili şartname koşullarına uygun şekilde inşaa edilmiştir. Şehrin büyük bir ova üzerinde kurulmuş olması nedeniyle, kanalizasyon sisteminin mansap kısımlarının uygun yerlerinde terfi istasyonları bulunmaktadır. Böylece, atıksular makul kotlara çıkarılmakta ve cazibe ile arıtma tesislerine iletilmektedir. Bu bilgilere göre, seçilen bölgelerdeki kanalizasyon sistemlerinin tıkanma problemlerinin araştırılması için temsil edici özelliklere sahip olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 2:

Saha çalışmalarının yapıldığı alanlar (a) Adapazarı, Erenler ve Serdivan İlçeleri, (b) Ferizli beldesi

### 3.2. Saha Çalışmalarının Aşamaları ve Örneklemeye Sayıları

Sakarya Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresinin (SASKİ) ilgili birimleri ile yüz yüze görüşmeler yapılarak saha çalışmaları için 4 aşamadan oluşan bir planlama yapılmıştır. Yapılan ön çalışmalar kapsamında, SASKİ ekiplerinin arşivlerinde bulunan ve yaklaşık 300 adet tıkanma olayına ait resim ve videolar incelenmiştir. Bununla beraber, SASKİ ekiplerine bildirilen arıza kayıtlarına bağlı olarak, sayısal analizler (tıkanma sıklığı gibi) yapılmış ve tıkanmalar açısından önem arz eden alanlar belirlenmiştir. Buna göre, 1. aşamada, şehir merkezinde bulunan ve üç büyük gıda pazarının (kasaplar çarşısı, balıkçılar çarşısı, ve sebze-meyve çarşısı) birlikte bulunduğu alanda 10 farklı tıkanma olayı incelenmiştir. Daha sonra, 2. aşamada, tıkanma olaylarının sık sık görüldüğü ve sosyoekonomik seviyelerin düşük olduğu yerleşim yerlerindeki 12 farklı tıkanma olayı incelenmiştir. Bunlara paralel olarak, 3. aşamada, yeni yerleşim bölgeleri ve toplu konut bölgelerinde (TOKİ tarafından yaptırılan deprem konutları ve yaşam alanları) meydana gelen 14 adet farklı tıkanma olayı incelenmiştir. Son olarak, 4. aşamada, kırsal bölgelerdeki kanalizasyon sistemlerinde meydana gelen 18 adet tıkanma olayı incelenmiştir. Kırsal bölgede yapılan çalışmalar ahırlardan gelen hayvansal atıkların ve/veya zirai atıkların kanalizasyon sistemlerine bırakıldığı yönündeki varsayımlar üzerine yoğunlaşmıştır. Genel olarak, toplamda 44 farklı saha olayı ve 300 kadar arşivlenmiş olay incelenerek kanalizasyon sistemlerinde meydana gelen tıkanmaların sebepleri ortaya çıkarılmıştır. İlgili saha çalışmaları hafta içi günlerinde ve 09:00 – 17:00 saatleri arasında ve ilkbahar döneminde (Nisan ve Mayıs ayları) gerçekleştirilmiştir.

### 3.3. Araç ve Gereçler

Çalışma kapsamında, tıkanma olaylarının incelenmesinde kullanılan araç ve gereçler kısaca şu şekildedir:

- 1- *Atıksu hatlarını görüntüleme sistemleri*: Kameralı robotlar kullanılarak tıkanma problemlerinin sebepleri araştırılmıştır. Bu robotlar, kanalizasyon sistemlerindeki inşaat hatalarının belirlenmesi ve katı madde birikimleriyle ilgili bilgi toplamak için kullanılmıştır.
- 2- *Kanalizasyon bacalarının manuel temizlenmesi*: SASKİ ekipleri tarafından temizlenen sokak bacalarından çıkarılan katı maddeler incelenmiş ve tıkanmaya neden olan malzemeler (ıslak mendil, çocuk bezi vb.) belirlenmiştir.
- 3- *Özel kombine temizlik (vidanjör) aracı*: Vidanjör ve benzeri özel donanımlı kanal açma araçlarıyla, özellikle parsel bacası veya sokak bacası gibi noktalarda meydana gelen tıkanma olaylarının sebepleri belirlenmiştir. Bu araçların bacalardaki atıksuları vakumla çekmesi sırasında, tıkanmalara neden olan tipik katılar gözlemlenmiş ve kayıt altına alınmıştır.

## 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

### 4.1. Tıkanmaların Sebepleri

Bu proje kapsamında yapılan tespitler iki ana başlık altında toplanmıştır: (1) İnşaat hataları ve (2) Tüketici hatalarıdır. Her bir başlık altında yapılan gözlem ve tespitler aşağıdaki Tablo 1, 2 ve 3'de özetlenmektedir. Bu sebeplere bağlı olarak meydana gelen tıkanma ve taşma olaylarının türleri ve ayrıntıları tabloların devamında örneklerle açıklanmaktadır. Yapılan tespitlere göre, kanalizasyon sistemlerinde meydana gelen tıkanma ve taşma problemlerinin çoğunlukla tüketici hatalarından kaynaklandığı anlaşılmıştır.

**Tablo 1.** Kanalizasyon sistemlerinde tıkanma ve taşmalara neden olan inşaat problemleriyle ilgili tespitler.

<b>Hatah işlem</b>	<b>Örnekler</b>	<b>Görülen problemler</b>	<b>Problemlerin görüldüğü yerler</b>
Boru eğiminin düşük olması	Bina bağlantılarında borulara yetersiz eğim verilmesi	Atıksu debisinin veya akış hızının düşük olduğu durumlarda katı maddeler borularda birikim yapmaktadır	Bina bağlantı hatları ve sokak boruları
Borularda yataklama ve gömlekleme yapılmaması	Ağır vasıtaların geçiş yolları	Trafik yükü nedeniyle meydana gelen zemin çökmelerine bağlı olarak, borularda kırılmalar ve esnemeler olmaktadır	Ana yollar
Kaçak bağlantılar	Bina, ev, ve iş yeri bağlantılarının düzensiz yapılması	Kaçak bağlantı için mevcut boruların kırıldığı ve bağlantıların kusurlu yapıldığı anlaşılmıştır	Ev ve işyeri bağlantıları
Ağaç köklerinin uzaması sonucu boruların kırılması	Ağaç köklerine yakın geçen borular	Borularda deformasyonlar meydana gelmektedir	Ağaçlandırılmış alanlar
Yağ tutucuların bulunmaması	Kızartma yağı vb. yemek atıklarının atıksuyla kanalizasyona taşınması	Uçucu yağ asitleri ile atıksudaki Ca ve Mg iyonlarının çökelek oluşturduğu gözlemlenmiştir	Restoranlar, kafeler, yemek şirketleri, oteller, hastaneler, düğün salonları
Dayanıksız malzeme kullanımı	Üzerine gelen yükleri taşıyamayan boru ve dirsekler	Boru ve dirseklerde esnemeler ve kırılmalar meydana gelmektedir	Bina bağlantıları
Sokak ve caddelerdeki kazı çalışmaları	Elektrik, doğalgaz, yol çalışmaları vs. gibi hizmetlerin kazı çalışmaları sırasında meydana gelen kazalar	Kanalizasyon hattının kazayla kırıldığı ve sonra üstünün toprakla doldurulduğu gözlemlenmiştir	Altyapı kazıları, ve yeni inşaat alanları

**Tablo 2.** Kanalizasyon sistemlerinde tıkanma ve taşmalara neden olan tüketici kaynaklı problemler (1.Bölüm)

<b>Katı atık grubu</b>	<b>Gruba ait örnek maddeler</b>	<b>Görülen problemler</b>	<b>Problemlerin sık görüldüğü yerler</b>
Temizlik kağıtları	Tuvalet kağıdı, peçete, kağıt mendil, kağıt havlu	Temizlik kağıtları zamanla borularda birikim yapmaktadır	Alış-veriş merkezleri, oteller, hastaneler, hapishaneler, okullar, yurtlar, düğün salonları
Hijyenik ürünler	Islak mendil, çocuk bezi, pedler, tamponlar, diş ipleri, kulak temizleme çubukları, “klozete atılabilir” şeklinde satılan ürünler (ıslak tuvalet kâğıdı, ıslak mendil, klozet temizleme mendili gibi)	Kişisel hijyenik atıklar borularda birikim yaparak bir yumak haline gelmektedir	Tüm yerleşim bölgeleri,
Duş ve banyo atıkları	Uzun saçlar, sabun parçaları	Uzun saçlar diğer katıları birbirlerine bağlamaktadır	Oteller, yurtlar, apartmanlar, hapishaneler,
Sebze, meyve ve yiyecek atıkları	Sebze ve meyve kabukları, çekirdekler ve yemek atıkları,	Meyve kabukları vb. atıklar zamanla borularda birikim yapmaktadır	Tüm yerleşim yerleri,
Tekstil ürünleri	Elbezleri, kumaş ve havlu parçaları, bebek çamaşırı ve malzemeleri	Bu tür atıklar ıslak durumda boru tabanına oturmakta, ve diğer katılarla birlikte yığınlar oluşturmaktadır	Yerleşim yerleri, yurtlar, hapishaneler, hastaneler
Atık yağlar	Her tür sıvı veya katı yağ	Atıksu içerisindeki $Ca^{2+}$ gibi iyonlarla, uçucu yağ asitleri birleşerek çok sert çökelek ve tabakalar oluşturmaktadır	Restoranlar, lokantalar, yemek fabrikaları, kafeler



**Tablo 3.** Kanalizasyon sistemlerinde tıkanma ve taşmalara neden olan tüketici kaynaklı problemler (2. Bölüm).

Katı atık grubu	Gruba ait örnek maddeler	Görülen problemler	Problemlerin sık görüldüğü yerler
Tadilat ve tamirat atıkları	Kum, alçı, kireç ve küçük molozlar	Boru ve dirseklerde birikim yaparak zamanla tıkanmalara neden olmaktadırlar	Tamirat halindeki binalar, şantiyeler, yeni yerleşim bölgeleri ve kentsel dönüşümün olduğu bölgeler
Bahçe ve sokak atıkları	Kum ve küçük çakıllar, yapraklar, bitki dalları ve sokak süprüntüleri	Kanalizasyon sistemine giren katı madde miktarını arttırmaktadır	Sokak ve caddelerdeki boru ve bacalar
Hayvansal atıklar	Kırsal alanlarda ve hayvan beslenen bölgelerde hayvan gübreleri	Kanalizasyon sistemine giden hayvan gübreleri burada birikim yaparak zamanla tıkanmalara neden olmaktadır	Büyükşehirlerin sınırları içindeki köyler ve besihaneler
Soba atıkları	Yarım yanmış odun parçacıkları, odun talaşı ve küller	Atık yağlarla birleşerek oldukça sert bir yapıya dönüşmektedir	Kırsal yerleşim yerleri ve kömür vb. yakıtlarla ısıtılan binalar
Diğer atıklar	Küçük oyuncaklar, sigara izmaritleri, kedi kumu, poşet veya plastik parçaları, ambalaj atıkları (şişe kapakları, sakız ve sigara paketlerinin ambalajları gibi)	Bu tür atıklar bina bağlantı ve sokak bacalarında birikim yaparak tıkanmalara yol açmaktadır	Sokaklar, yerleşim bölgeleri, oteller, hastaneler, okullar, yurtlar, iş yerleri

#### 4.2. Tıkanma Türleriyle İlgili Tespitler

**Ana Kanal ve Baca Tıkanıklığı:** Yapılan saha çalışmalarında, evlerdeki tuvaletlerden ıslak mendil, tuvalet kağıdı, çocuk bezi, kül, inşaat ve tamirat atıkları gibi maddelerin kanalizasyon sistemlerine bırakıldığı tespit edilmiştir. Bunların yanı sıra, sokaklardan toprak, kum, çakıl, izmarit, plastik ambalaj malzemesi gibi atıkların da sisteme girdiği gözlemlenmiştir. Bu atıklar birbirine dolanıp sokaklarda bulunan kanalizasyon bacalarında birikim yapmakta ve ana kanalizasyon sistemlerinde tıkanmaların oluşmasına neden olmaktadır. Saha çalışmalarından elde edilen bir örnek Şekil 3’de sunulmuştur. Buradan görüleceği üzere, ıslak mendil vb. hijyenik ürünler kanalizasyon bacalarında birikim yaparak, bir topak haline gelmekte ve tıkanmalara neden olmaktadır.



**Şekil 3:**

*Çalışma sahasında karşılaşılan ana kanal ve baca tıkanıklıklarıyla ilgili bir örnek sunulmaktadır. Islak mendil vb. hijyenik ürünler sokak bacalarında birikim yaparak bir topak haline gelmekte ve tıkanmalara neden olmaktadır.*

**Bina Bağlantı ve Parsel Bacası Tıkanıklığı:** Bir arsa üzerinde bulunan bir veya bir kaç binadan gelen atıksularının toplandığı bağlantı kutuları parsel bacası olarak adlandırılmaktadır. Şekil 4’de parsel bacalarına ait bir örnek sunulmaktadır. Bu kutular plastik veya beton malzemelerden üretilmiş olup, toplanan atıksuları ana kanalizasyon sistemine aktarmak için kullanılmaktadır. Yapılan saha çalışmalarında, evlerden gelen ıslak mendil, çocuk bezi, yemek artıkları, sebze ve meyve atıkları gibi maddelerin bu bacalarda tıkanmalara sebep olduğu tespit edilmiştir. Bu yönden, ana sistemdeki bacalarda meydana gelen ve Şekil 3’de sunulan tıkanma olaylarıyla benzerlikler taşıdığı tespit edilmiştir.



**Şekil 4:**

*Binaların pisularının ana kanalizasyon sistemine aktarıldığı parsel bacalarına bir örnek sunulmaktadır. Bu bacalarda, evlerden gelen ıslak mendil vb. maddelerin birikim gösterdiği ve tıkanmalara neden olduğu tespit edilmiştir.*

**Sokak Mazgallarının Dolması:** Yağmur sularının toplanabilmesi için yol kenarlarına döşenen mazgalların küçük boyutlarda hazneleri bulunmaktadır. Aşağıdaki Şekil 5’de konuyla ilgili bir örnek sunulmuştur. Yağmur suları sokaklarda biriken toz, ince kum, ve sigara izmaritleri gibi atık maddeleri ilgili mazgalara taşımaktadırlar. Bu durumda, mazgal hazneleri kısa sürede dolmakta ve tıkanmalar meydana gelmektedir.



**Şekil 5:**

*Sokaklarda bulunan yağmur suyu mazgal haznelerine bir örnek sunulmaktadır. Sokak süprüntüleri, kum ve çakıl gibi tanecikler bu haznelerde birikim yapmakta ve zamanla tıkanmalarsa sebep olmaktadır.*

**Binaların Yağmur Suyu Kanallarının Kısmi Dolması:** Binaların çevrelerinde bulunan ve yağmur sularını toplamak amacıyla kullanılan üstü mazgallı açık kanallarda birikimler

oluşmaktadır. Örneğin, yağmur suları ile birlikte kum, yaprak ve kil gibi maddeler bu tür kanallarda birikim yapabilmektedir. Yapılan saha çalışmasında, bu tür kanalların zamanla bu maddelerle dolduğu ve bu birikintilerin üzerinde bitkilerin büyüdüğü gözlemlenmiştir. Konuyla ilgili örnekler aşağıdaki Şekil 6'da sunulmuştur. Bu kanallarda, toprak taneciklerinin birikmesi ve kanalların uzun süre temizlenmemesi nedenlerine bağlı olarak tıkanma olaylarının meydana geldiği tespit edilmiştir.



**Şekil 6:**

*Binaların etraflarında bulunan yağmur suyu toplama kanallarında meydana gelen tıkanmaların sebeplerine örnekler sunulmaktadır. Kum ve çakıl gibi tanecikler yağmur suyu kanallarında birikim yapmakta ve zamanla kanal dolmaktadır.*

**İmalat ve Malzeme Hataları:** Kanalizasyon sistemlerinin inşaatı sırasında, atıksuların cazibe ile akması için yeterli eğim şartlarının sağlanmaması, 90° lik dirseklere yeterli eğim verilmemesi, borularda kısmi çökmeler nedeniyle ters eğim oluşması, contasız döşeme yapılması, kırık/çatlak boruların kullanılması, hatalı boru (çapı) kullanılması, uygun derinlik ve dolgu malzelerinin kullanılmaması gibi sebeplere bağlı olarak tıkanma problemlerinin meydana geldiği anlaşılmıştır.

## 5. SONUÇLAR ve ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Bu çalışma kapsamında, atıksu toplama sistemlerinde gerçekleşen tıkanma olaylarının çoğunlukla tüketicilerin davranışlarından kaynaklandığı anlaşılmıştır. Tıkanmalara sebebiyet veren katı atıkların (Tablo 2 ve 3) çöp kutularına atılması gerektiği ve katı atık bertaraf sistemleriyle uzaklaştırılması gerekmektedir. Buna rağmen, tıkanma olaylarını tetikleyen katı atıklar kanalizasyon sistemlerine bırakılmaktadır. Bu çerçevede, tıkanma problemlerini azaltmak için alınabilecek bazı önlemler aşağıda sunulmaktadır:

- Parsel ve sokak bacalarına gelen katı atıkların, bacaların çıkış borularının (gider boruları) ön kısımlarında biriktiği ve boru girişini kapattığı görülmüştür. Bu nedenle, bacalarda

gider borularının ön kısımlarına uygun dalgıç tipi ızgaralar ve kafesler tasarlanarak, gider borusundaki su akışının sürekliliği sağlanmalıdır.

- Yukarıda belirtilen uygulamanın yapılması halinde, katı maddelerin ızgara üzerinde birikim yapması söz konusudur. Buna bağlı olarak, ızgaranın tıkanması, bacadaki atıksu seviyesinin yükselmesi, ve geri-tepmelerin olması muhtemeldir. Bu problemleri kontrol altına alabilmek için ilgili bacalara katı ve su seviyelerini ölçebilecek sensör sistemlerinin monte edilmesi uygun bir çözüm olabilecektir.
- Sensörlerle toplanan verilerin, kablosuz veri iletim teknolojileri kullanılarak ilgili yetkililere ulaştırılması gerekmektedir. Bu şekilde, “akıllı” uygulamalar ve teknolojiler kullanılarak tıkanma ve taşma olaylarının azaltılması ve kontrol altına alınması mümkün olabilecektir.
- Mevcut kanalizasyon sistemlerinde biriken katı maddeler nihai olarak evsel atıksu arıtma tesislerine ulaşmakta ve burada ön arıtma işlemleri için kullanılan ızgaralar tarafından atıksudan ayrıştırılmaktadır. Kullanılan ızgaraların çubukları arasındaki boşluklar genellikle 2-3 cm olmaktadır. Öte yandan, atıksularla gelen katılar bu tür ızgaraları hızlı şekilde doldurmakta ve sık sık tıkanmalarına ve bozulmalarına neden olmaktadır. Bu nedenle, arıtma tesisleri için kademeli ızgara sistemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir.
- Kademeli ızgara sistemleri bir kaç ızgaranın birleşmesinden oluşan sistemlerdir. Bu sistemi oluşturan ızgaraların çubukları arasındaki mesafelerin 10 cm, 5 cm, ve 2 cm şeklinde düzenlenmesi uygun görülmektedir. Bunun yanı sıra, her bir ızgaranın otomatik temizleme mekanizmalarının olması ve temizleme sıklığının kısa tutulması gerekmektedir.
- Tüketicilerin, kanalizasyon sistemlerinin kullanımı konusunda bilinçlendirilmesi ve tıkanmalara sebep olan olumsuz davranışların önlenmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda, Su ve Kanalizasyon İdarelerinin eğitim ve bilgilendirme çalışmaları yapmaları önem arz etmektedir. Bu kapsamda, görsel ağırlıklı broşürler ve posterler hazırlanarak, problemlerin sık sık görüldüğü bölgelerde halka dağıtılmalı veya halkın görebileceği uygun yerlere asılmalıdır.

Yukarıda özetlenen çözüm önerileriyle, tıkanma problemlerinin kontrol altına alınması, maddi ve manevi zararların hafifletilmesi, ve halk sağlığının korunması mümkün olabilecektir. Bu doğrultuda, bu konunun farklı yönlerinin araştırılması, değişik çözüm önerilerinin test edilmesi ve elde edilen sonuçların mesleki bilgi birikimimize kazandırılması bu alanda yapılabilecek çalışmalar arasında bulunmaktadır.

## **TEŞEKKÜR**

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde yardımcı olan, Sakarya Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresine bağlı saha çalışanlarına, mühendislerine ve ilgili tüm yetkililere en samimi şükranlarımızı sunmaktayız. Bu çalışmaların yapılabilmesi için, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 118Y240 No.lu proje kapsamında, ve Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Koordinatörlüğü tarafından 2019-5-20-95 No.lu proje kapsamında finansal destekler sağlanmıştır. Bu destekleri sağlayan kurumlara ayrı ayrı teşekkürlerimizi arz ederiz.

## **ÇIKAR ÇATIŞMASI**

Yazarlar, bilinen herhangi bir çıkar çatışması veya herhangi bir kurum/kuruluş ya da kişi ile ortak çıkar bulunmadığını onaylamaktadırlar.

## YAZAR KATKISI

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesindeki ve makalenin hazırlanmasındaki süreçlerde tüm yazarlar eşit oranda katkı sağlamıştır. Bu çalışma, Fatih Karadağlı'nın danışmanlığında, Tubanur Türk ve Hüseyin Kuşkonmaz tarafından tamamlanan iki farklı yüksek lisans çalışmasından ortaya çıkarılmıştır.

## KAYNAKLAR

1. Ashley, R. M., Bertrand-Krajewski, J. -L. Hvitved-Jacobsen, T., Verbanck, M. (2004) Solids in sewers: Characteristics, effects and control of sewer solids and associated pollutants. *Scientific and Technical Report No.14*. IWA Yayınları, Londra.
2. Brown, D. M., Butler, D., Orman, N. R., Davies, J. W. (1996) Gross solids transport in small diameter sewers, *Water Science and Technology*, 33(9), 25-30. doi: 10.2166/wst.1996.0168
3. Durukan, S. ve Karadağlı, F. (2019) Physical characteristics, fiber compositions, and tensile properties of nonwoven wipes and toilet papers in relevance to what is flushable. *Science of the Total Environment*, 697, 134135. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.13413
4. He, X., De Los Reyes, F. L., Leming, M., Dean, L. O., Lappi, S. E., Ducoste, J. J. (2013) Mechanisms of fat, oil, and grease (FOG) deposit formation in sewer lines, *Water Research*, 47, 4451-4459. doi: 10.1016/j.watres.2013.05.002
5. Karadağlı, F., McAvoy, D. C., Rittmann, B. E. (2009) Development of a Mathematical Model for Physical Disintegration of Flushable Consumer Products in Wastewater Systems, *Water Environment Research*, 81 (5), 459-465. doi: 10.2175/106143008X357101
6. Karadağlı, F., Rittmann, B. E., McAvoy, D. C., Richardson, J. E. (2012) Effect of turbulence on disintegration rate of flushable consumer products, *Water Environment Research*, 84 (5), 424-433. doi: 10.2175/106143012X13354606450960
7. Keener, K. M., Ducoste, J. J., Holt, L. M. (2008) Properties influencing fat, oil, and grease deposit formation, *Water Environment Research*, 80 (12), 2241-2246. doi: 10.2175/193864708X267441
8. Shahsavari, G., Arnaud-Fasseta, G., Campisano, A. (2017) A field experiment to evaluate the cleaning performance of sewer flushing on non-uniform sediment deposits, *Water Research*, 118, 59-69. doi: 10.1016/j.watres.2017.04.026
9. Tang, Y. ve Jin, W.Y. (2013) Study on flushability testing of wood pulp composite spunlaced nonwovens, *Advanced Materials Research*, 610-613, pp. 490-493. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.610-613.490
10. United States Environmental Protection Agency (USEPA) (2004) *Report to congress: Impacts and controls of CSOs and SSOs*, EPA 833-R-04-001, Office of Water, Washington, D.C., U.S.A. [https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-10/documents/csosortc2004\\_full.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-10/documents/csosortc2004_full.pdf)
11. Vernback, M.A. (1995) Capturing and releasing settleable solids: The significance of dense undercurrents in combined sewer flows, *Water Science and Technology*, 31(7), 85-93. doi: 10.2166/wst.1995.0207
12. Vollertsen, J., Almedia, M. D. C., Hvitvat-jacobsen, T. (1999) Effects of temperature and dissolved oxygen on hydrolysis of sewer solids, *Water Research*, 33(14), 3119-3126. doi: 10.1016/S0043-1354(99)00032-9