

**YAĞMURSUYU DRENAJ SİSTEMLERİNDE MEYDANA GELEN ARIZALARIN SİSTEM
ÖZELLİKLERİNE VE KONUMSAL DEĞİŞİMİNE GÖRE İNCELENMESİ****INVESTIGATION OF FAILURES OCCURRING IN STORMWATER DRAINAGE
SYSTEMS ACCORDING TO SYSTEM CHARACTERISTICS AND SPATIAL VARIATION**

Burak ÇIRAĞ

Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye.

ORCID NO: 0000-0002-7721-5128

Mahmut FIRAT

İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Malatya, Türkiye.

ORCID NO: 0000-0002-8010-9289

Özgür ÖZDEMİR

Kayseri Su ve Kanalizasyon İdaresi, Kayseri, Türkiye.

ORCID NO: 0000-0002-0573-9221

ÖZET

Yağmursuyu drenaj sistemleri, kentsel alanlarda yağışı insanlara ve çevreye zarar vermeden uzaklaştırılmasını sağlayan sistemlerdir. Bu sistemlerde planlama, tasarım, çevresel etkiler, işçilik, yağış koşulları gibi faktörlere bağlı olarak arızalar meydana gelmektedir. Arızalara zamanında müdahale edilmezse sistem de teknik aksaklıklar meydana gelebilmekte hatta can ve mal kayıplarına yol açabilecek sonuçlar ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle bu sistemlerde oluşan arızaların analiz edilmesi ve uygun çözüm yollarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, Kayseri ili Kocasinan, Melikgazi ve Talas ilçeleri çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Çalışma, bu ilçelerde bulunan 92 mahallede 01.01.2020-31.08.2022 tarihleri arasında meydana gelen arızaların detaylı bir analizi sunulmuştur. Bu kapsamda 903 mekânsal özelliğe sahip arıza verisi; boru malzemesi, boru çapı ve arıza nedenine göre alt kategorilerde incelenmiştir. İlçelere göre toplam arıza sayısı belirlenerek, arızaların zamansal özellikleri de analiz edilmiştir. Ayrıca arıza verilerinin yoğunluğunun görselleştirilmesi amacıyla Arc-GIS 10.5’de Kernel yoğunluk haritaları oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda en fazla arızanın PVC borularda meydana geldiği belirlenmiştir. Boru çapına göre en fazla arıza 150 mm çapa sahip borularda gerçekleşmiştir. Arızalar en çok hat ve bacaların dolmasıyla meydana gelmiştir. Kernel yoğunluk haritaları, çalışma alanının çoğunluğunda nüfusun arttığı yerlerde arıza sayısının da arttığını göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Arıza kayıtları, Kernel yoğunluk analizi, Yağmursuyu drenaj sistemleri, Yoğunluk haritaları

ABSTRACT

Stormwater drainage systems are the systems that remove rainfall in urban areas without harming people and the environment. In these systems, failures occur due to factors such as planning, design, environmental impacts, workmanship, precipitation conditions. If failures are not intervened in a timely manner, technical failures may occur in the system and even results that may lead to loss of life and property may occur. For this reason, it is necessary to analyze the failures that occur in these systems and to determine appropriate solutions. In this study, Kocasinan, Melikgazi and Talas districts of Kayseri province were determined as the study area. The study presents a detailed analysis of the failures that occurred in 92 neighborhoods in these districts between 01.01.2020-31.08.2022. In this context, 903

spatially specific failure data were analyzed in subcategories according to pipe material, pipe diameter and cause of failure. By determining the total number of failures by districts, the temporal characteristics of the failures were also analyzed. In addition, Kernel density maps were created in Arc-GIS 10.5 to visualize the density of failure data. As a result of the study, it was determined that the highest number of failures occurred in PVC pipes. According to pipe diameter, the highest number of failures occurred in pipes with a diameter of 150 mm. Most of the failures occurred when the lines and chimneys were filled. Kernel density maps show that where the population increases in the majority of the study area, the number of failures also increases.

Keywords: Failure records, Kernel density analysis, Stormwater drainage systems, Density maps

GİRİŞ

Günümüzde iklim değişikliğinin bir göstergesi, kuraklık veya aşırı yağış sonucu taşkın gibi bazı doğal afetlerin sıklık ve yoğunluklarındaki artışlardır (Acar & Gönençgil, 2022). Bununla birlikte küresel iklim modeli senaryoları, bölgeden bölgeye farklılıklar gösterse de küresel ortalama yıllık yağış miktarının artacağını göstermektedir (Djordjević vd., 2011). Göç ve nüfus etkisi ile genellikle çok hızlı bir şekilde büyüyen kentler, her türlü riskin felakete dönüşmesini kolaylaştırmaktadır (Kadir Hakan, 2007; Önen & Oğraş, 2019). Kentlerde iklim değişikliğinin etkileri, yetersiz ve eksik veya bakımsız drenaj sistemleri ve kontrolsüz büyüme sonucu kentsel taşkınlar meydana gelmektedir (Çırağ & Fırat, 2022; Naiji vd. 2021). Kentsel alanlarda yerçekimi ile çalışan borulara sahip, ağaç benzeri yapıda olan ve kentsel taşkınların vereceği zararı önleme amacıyla kullanılan yağmursuyu drenaj sistemleri kentsel ekosistem içinde önemli bir role sahiptir (Hesarkazzazi vd., 2022). Kentsel ekosistemde bulunan her eleman birbiriyle etkileşim halindedir. Yağmursuyu drenaj sistemlerinde meydana gelecek aksaklıklar da diğer elemanları etkilemektedir. Kentsel bütünlüğü ve refahı korumak adına bu sistemlerin; arıza tespit, onarım ve gerekiyorsa rehabilite eylemlerinin gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

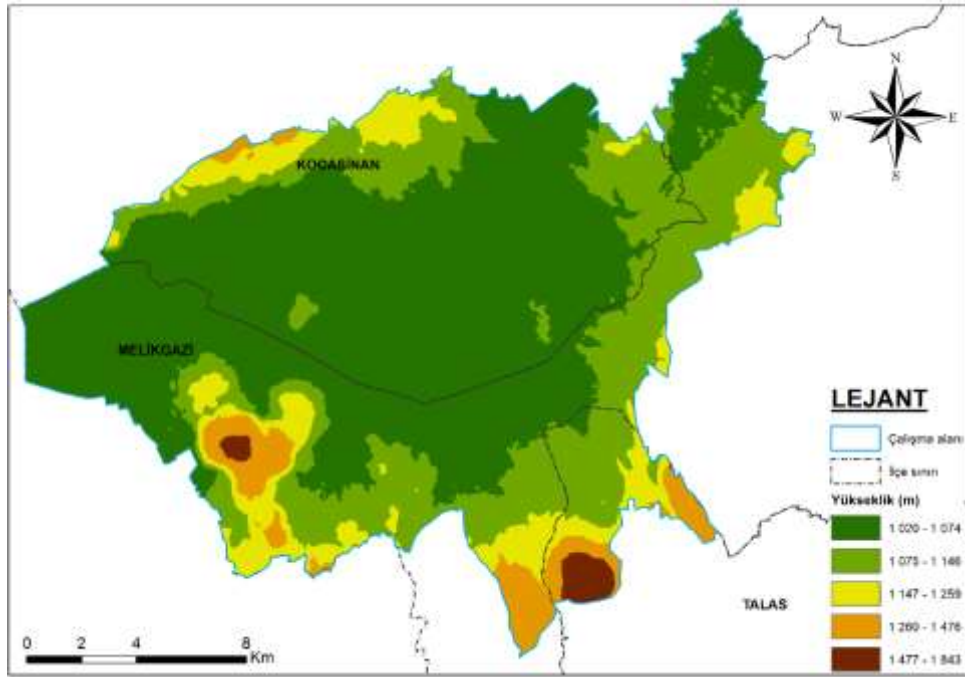
Hongrong vd. (2011) Çin'de ekonominin gelişmesiyle birlikte kentte inşaat çalışmalarının hızla büyüdüğünü ve buna bağlı olarak kentsel drenaj şebekesinin de genişlediğini belirtmişlerdir. Arazi kullanımı, yağış-akış ilişkisi, iklim değişikliği gibi birçok parametrenin ele alındığı çalışma da entegre modelleme yaklaşımlarının kentsel yağmursuyu yönetimine esneklik ve sürdürülebilirlik sağladığı belirtilmiştir. Yağmursuyu yönetimine yönelik çeşitli önlem ve uygulamalarla alakalı standartların yeterliliğinin düzenli olarak denetlenmesi ve izlenmesi gerektiği önerilmiştir (Rentachintala vd., 2022). Parkinson vd. (2007) gelişmekte olan ülkelerdeki birçok şehrin, gecekondularla yerleşim yerlerine sahip olduğunu ve bu gayriresmi bölgelere yeterli altyapı ve hizmetin sağlanmadığını belirtmişlerdir. Ayrıca çalışma da gecekondular alanlarında bulunan drenaj sistemlerinin yağmursuyu yönetim sistemlerine entegrasyonu ile ilgili konuları detaylı bir şekilde ele almışlar ve bu yerleşim alanlarının belirli özelliklerini göz önüne alarak drenaj sistemlerinin en etkili şekilde nasıl tasarlanabileceğine dair önerilerde bulunmuşlardır. Çin'de yapılan bir çalışma, ülkede on yılı aşkın süredir halkın ilgisini ve desteğini çeken Sünger Şehir uygulamasına yönelik detaylar sunmaktadır. Sünger Şehir İnşaatı için tasarım, planlama ve inşaat aşamasında detaylar verilmiş ve bu uygulamanın işletme ve bakımı için yöntemler önerilmiştir. Çalışma sonucunda, tesis tasarım parametreleri, yapısal katman malzemeleri ve bakım sıklığı gibi etkilerin Sünger Şehir uygulamasının performansını önemli ölçüde etkilediğini belirtmişlerdir (Yin vd., 2021). Mohammadiun vd. (2018), kentsel yağmursuyu drenaj sistemlerini şiddetli sürüş koşullarına karşı tasarlamak/rehabilite etmek için simülasyon tabanlı ve meta-model tabanlı stokastik çok amaçlı optimizasyon yaklaşımı geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri yaklaşım, drenaj ağın esnekliğini artırma açısından (yapısal arıza, şiddetli yağışlar sırasındaki performansı) tatmin edici bir performans sergilemiştir. Ayrıca çalışma sonucunda, birleşik optimizasyon ve esnek sayısal model kullanılan kentsel yağmursuyu drenaj sistemlerinin tasarımında istisnai yüklem koşullarının etkilerinin dikkate alınması gerektiğini belirtmişlerdir. Fontecha vd. (2021) yaptıkları çalışmada, içsel veri kusurlarını dikkate alarak kanalizasyon sistemi arıza riskini tahmin etmek için iki aşamalı yeni bir yaklaşım önermişlerdir. Çalışma sonucunda önerdikleri yaklaşımın, olası arızaların yeri, zamanı ve türü hakkında değerli bilgiler sağladığını ve yollar, köprüler, elektrik iletim hatları ve su temini hatları gibi diğer kamu tesisleri için de uygulanabileceğini belirtmişlerdir.

Bu çalışma, yağmursuyu drenaj sistemlerinde meydana gelen teknik ve yapısal arızaların coğrafi bilgi sistemleri (CBS) yardımı ile detaylı analizini sunmaktadır. Bu amaçla çalışma alanı olarak, Kayseri merkez ilçesinde bulunan nüfusun yoğun olduğu mahalleleri kapsayan alan belirlenmiştir. Bu mahallelerde bulunan yağmursuyu drenaj sistemlerindeki arıza kayıtlarının mekânsal dağılımları incelenmiş ve Kernel yoğunluk haritaları oluşturulmuştur. Çalışmanın yağmursuyu drenaj sistemlerindeki arıza kayıtları hakkında detaylar sunması ile yenilikçi yönünü göstermesi ve literatürdeki boşluğa katkı sunması amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma Alanı

Bu çalışmada Türkiye'nin İç Anadolu bölgesinde yer alan Kayseri ili uygulama alanı olarak seçilmiştir. Kayseri ili ortalama 1054 m yüksekliğe ve 16.917 km²'lik yüz ölçüme sahiptir. Yaz mevsimi kısa sürelidir, kış ve yaz mevsimleri arasında sıcaklık farkı oldukça büyüktür (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Kayseri İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, 2023). Kayseri Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü (KASKİ), Kayseri ili genelinde 4.414 km kanal şebeke uzunluğu ve 345 km yağmursuyu şebeke uzunluğu ile vatandaşlara hizmet sağlamaktadır (KASKİ, 2023).



Şekil 1. Çalışma alanı

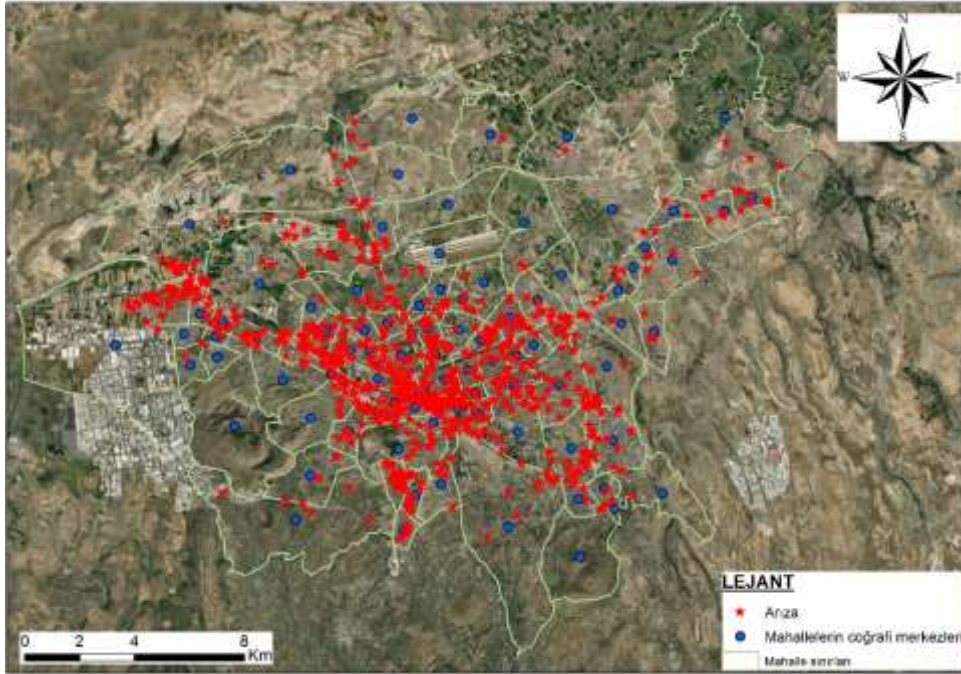
Materyal

Bu çalışmada, uygulama alanı olarak Kayseri'nin Kocasinan, Melikgazi ve Talas ilçelerinde bulunan kentsel yoğunluğun yüksek olduğu 92 mahalle seçilmiştir (Tablo 1). KASKİ veri tabanından çalışma alanına ait 01.01.2020-31.08.2022 yılları arasında iş emri olarak kaydedilen toplam 903 mekânsal özelliğe sahip arıza kaydı verileri dikkate alınmıştır.

Tablo 1. Çalışma alanının özellikleri

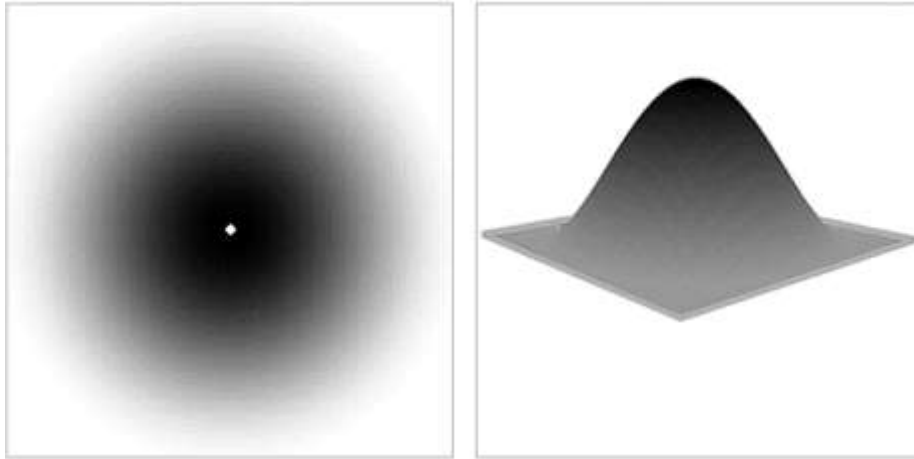
İlçeler/Veriler	Çalışmada kullanılan mahalleler	Çalışmada kullanılan mahallelerin toplam nüfusu	Çalışma alanı yüzölçümü
	(Adet)	(Kişi)	(Km ²)
Kocasinan	47	379.900	157,734
Melikgazi	39	523.989	176,087
Talas	6	146.875	22,934
Toplam	92	1.050.764	356,755

Arc-GIS 10.5 yazılımında bulunan ‘Data Management Tools’ un içinde bulunan ‘Feature to Point’ araç kutusu yardımıyla poligon veri tipinde bulunan mahalle verileri noktasal veri tipine çevrilmiştir (Şekil 1).


Şekil 2. Mahalle ve arıza kayıtlarının mekânsal dağılımı

Yöntem

Yoğunluk analizleri, nokta ve çizgi tipindeki detayların yoğunluğunu, istenilen alansal ölçeklerde gösterebilen en uygun analizlerdir (Kahraman & Ünsal, 2014). Bir mekânsal sürecin yoğunluğunun görselleştirilmesi yalnızca bir mekânsal analizde bir ön adım değildir, aynı zamanda sonuçların basit ve anlaşılır bir şekilde raporlanması için de yararlıdır (Charpentier & Gallic, 2014). Bu amaçla kullanılan yoğunluk haritaları, bir noktanın veya bir çizginin nerede fazlaştığını yoğunluk yüzeyleri üzerinde gösterir (Kahraman & Ünsal, 2014).



Şekil 3. Bir nokta veri kümesi için Kernel yoğunluğu yüzeyi ve hacmi (Gibin, Longley, & Atkinson, 2007)

Kernel yoğunluk analizi, tanımlanmış bir yarıçapa sahip çemberin içine düşen noktaların yoğunluğu ile çemberin merkezinden uzaklaştıkça değişen noktasal yoğunluğu ifade etmektedir (Güler Yalçın, 2016). Bu analiz, 2 boyutlu uzaydaki bir Kernel tahmincisinin genel biçimi şu şekilde verilmektedir:

$$\lambda(s) = \sum_{i=1}^n \frac{1}{\pi r^2} k\left(\frac{d_{is}}{r}\right) \quad (1)$$

burada $\lambda(s)$, s konumundaki yoğunluğu, r, Kernel yoğunluk tahmininin arama yarıçapını, k, d mesafesindeki i noktasının ağırlığını ifade etmektedir (Xie & Yan, 2008).

Arıza kayıtları ve nüfus sayıları öz nitelik tablosuna tanımlanmış noktasal veri tipindeki mahalle verileri ile Kernel yoğunluk analizi yapılmıştır. CBS tabanlı Kernel yoğunluk analizi, çeşitli yoğunluk seviyelerinin hesaplandığı bir yarıçap girişi kullanılarak gerçekleştirilir (Bonnier vd., 2019). Ayrıca 'raster' veri tipinde oluşturulacak yoğunluk haritası için hücre boyutunun da belirtilmesi gerekmektedir. Bu çalışma için Kernel yoğunluk haritaları 20 m'lik hücre boyutuna ve 1609,344 m arama yarıçapına sahiptir. Haritalar, Arc-GIS 10.5 yazılımında 'Spatial Analyst Tools'un altında bulunan 'Kernel Density' araç kutusu yardımı ile oluşturulmuştur.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Dünya nüfusunun hızla artması, köyden kente göçlerin artması, refah düzeyinin yükselmesi, sanayi faaliyetleri ve küresel iklim değişikliğinin sonucu olarak şehirlerin altyapı sistemleri de doğrudan etkilenmektedir. Yapılaşma ve geçirimsiz bölgelerin fazla olduğu kentsel bölgelerde yağışın, birleşik veya ayrık drenaj sistemleri ile uzaklaştırılması gerekmektedir (Çırağ, 2021). Fakat kentsel drenaj sistemlerinde meydana gelen arızalar, sistemin yeterli kapasitede çalışmasını engelleyerek yağışın tahliye edememesine neden olmaktadır. Özellikle küresel boyuttaki iklimsel değişimin sonucu olarak düzensiz ani yağışlar ile yağmursuyu drenaj sistemlerinde yoğun arıza ve birtakım sorunlar meydana geldiğinden yöneticilerin bölge fiziki durumunun neleri (şebeke ıslahı ya da şebekenin topyekûn yenilenmesi açısından) gerektirdiği yönünde doğru karar vermeleri gerekmektedir. Ayrıca arıza kayıtlarının detaylı bir şekilde analiz edilmesi ve yorumlanması, alınabilecek önlemler veya tasarımlar hakkında fikir vermektedir.

Tablo 2. Çalışma alanında bulunan yağmursuyu drenaj sisteminde kullanılan boru çapları ve sayıları

Boru çapı(mm)	90	100	110	125	150	160	200	225	300	400	500	600	700	800	1000	3000
Boru sayısı	1	102	82	87	5152	1899	837	15	2255	1134	514	601	47	375	86	67

Yağmursuyu drenaj sistemleri, ihtiyaca göre farklı çapta borulara sahip olabilmektedir. Boru çapı bu gibi sistemler için çok önemli bir parametredir. Uygun ölçüde seçilmeyen boru çapı,

drenaj sistemlerinin genel performansını etkileyebilmektedir. 356 km² yüzölçümüne sahip çalışma alanı içerisinde bulunan yağmursuyu drenaj sistemi, en fazla 150 mm çapındaki boruları içermektedir. 300 mm ve 160 mm çapındaki boruların da sayıca fazla olduğu sistem de 1 adet ile en az 90 mm çapa sahip borular mevcuttur (Tablo 2).

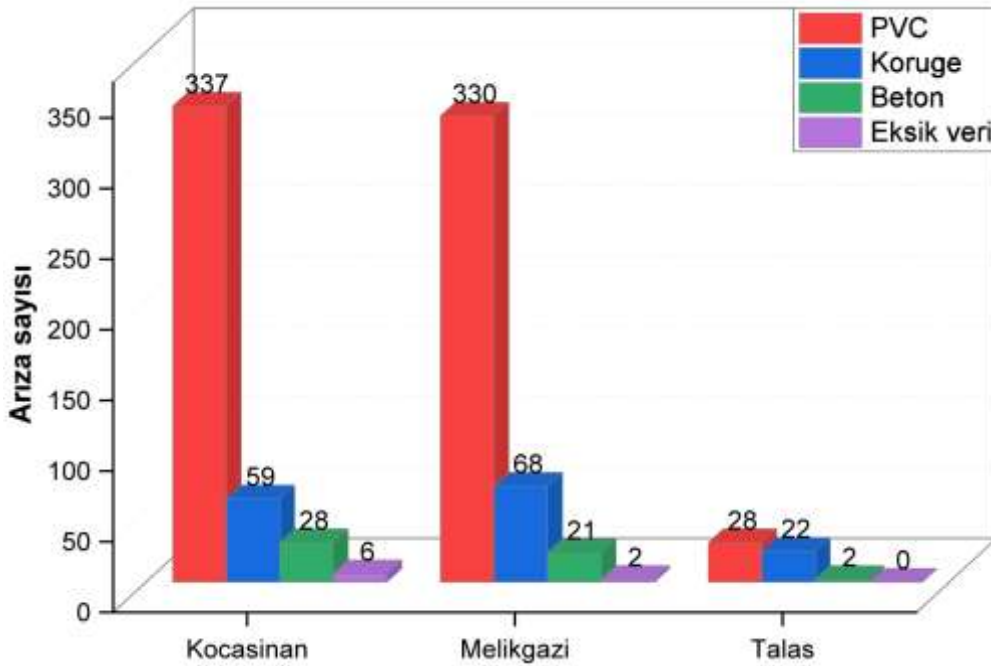
Tablo 3. Çalışma alanında meydana gelen arızaların ilçelere göre zamansal farklılıkları

İlçeler/Veriler	Toplam arıza sayısı	En fazla arızanın olduğu ay	Ortalama tamir süresi (s:dk:sn)
Kocasinan	430	2020 Şubat (39 adet)	05:08:48
Melikgazi	421	2020 Şubat (43 adet)	03:25:14
Talas	52	2021 Mart (6 adet) 2021 Haziran (6 adet)	01:51:29

Kentsel drenaj sistemi yönetiminde arızalara müdahale süresi de oldukça önemli bir etmendir. Arızaların uygun sürede tamir edilmemesi, drenaj sistemlerinin tasarlanan performansını göstermesini engelleyecek ve olumsuz etkilerinde ortaya çıkmasına neden olacaktır. Toplam 903 arıza kaydı verisine göre ortalama tamir süresinin en fazla olduğu 157 km² yüzölçümüne sahip Kocasinan, en az olduğu ise 22 km² yüzölçümüne sahip Talas ilçesidir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)'den günlük toplam yağış verisine göre arıza sayısının en fazla olduğu aylarda, çalışma alanında şiddetli yağış meydana gelmiştir (07.02.2020=20,6 mm, 12.03.2021=33,9 mm, 02.06.2021=21,9 mm).

Boru Malzemesine Göre Arıza Sayılarının Değerlendirilmesi

Yağmursuyu drenaj sistemlerinde ülkemizde yaygın bir şekilde boru malzemesi olarak beton veya yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) oluklu (koruge) borular kullanılmaktadır. Çelik borular ise genellikle yol ve köprü geçiş alanlarında kullanılmaktadır. Beton borular, ülkemizde üretildiği için ön yatırım maliyeti düşük olup, cadde ağızlıklarından şebeke hatlarına bağlanması kolaydır. Koruge borular ise korozyona karşı dayanıklı olmasına rağmen Petro kimyevi malzemelerden üretildiği için ön yatırım maliyeti yüksektir (Osman Tanrıverdi, 2018). Yağmursuyu drenaj sistemlerinde beton ve betonarme borulardan başka cins borular da kullanılabilir. Fakat yer altı suyunun varlığı, suyun kimyasal özelliklerine uyması ve kullanılabilirliğinin kanıtı için ekonomik ve teknik analiz yapılarak idarelerin onayından geçmesi gerekmektedir (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2011).

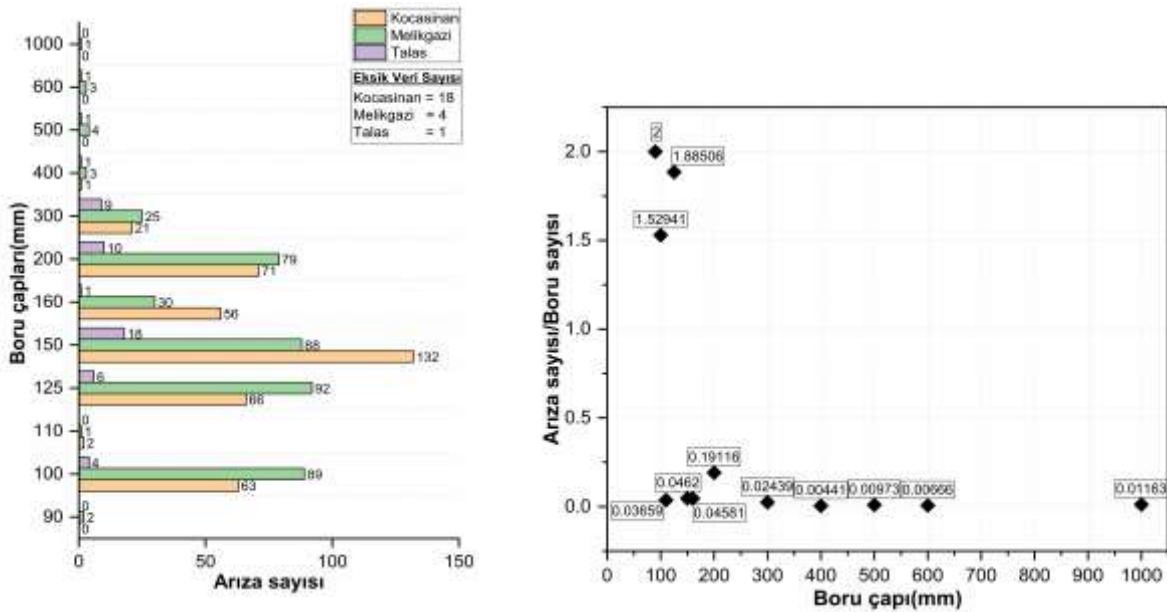


Şekil 4. Boru malzemesine göre arıza sayısı

KASKİ veri tabanından temin edilen toplam arızaların yaklaşık %77'si PVC borularda meydana gelmiştir (Şekil 4). Çalışma alanında bulunan yağmursuyu drenaj sistemlerinin tamamının boru malzeme cinsi bilinmediğinden arıza ve genel boru sayısı arasında bir ilişki kurulamamıştır.

Boru Çapına Göre Arıza Sayılarının Değerlendirilmesi

Genel arıza sayısının, boru çapında meydana gelen arıza sayısı ile ilişkilendirilmesi yağmursuyu drenaj sistemlerinin genel performansı hakkında bilgiler sunmaktadır. Arıza sayısının yoğun olduğu boru çapının genel sisteme etkisi, farklı yağış türleri etkisine maruz bırakılan modellerle analiz edilebilmektedir.

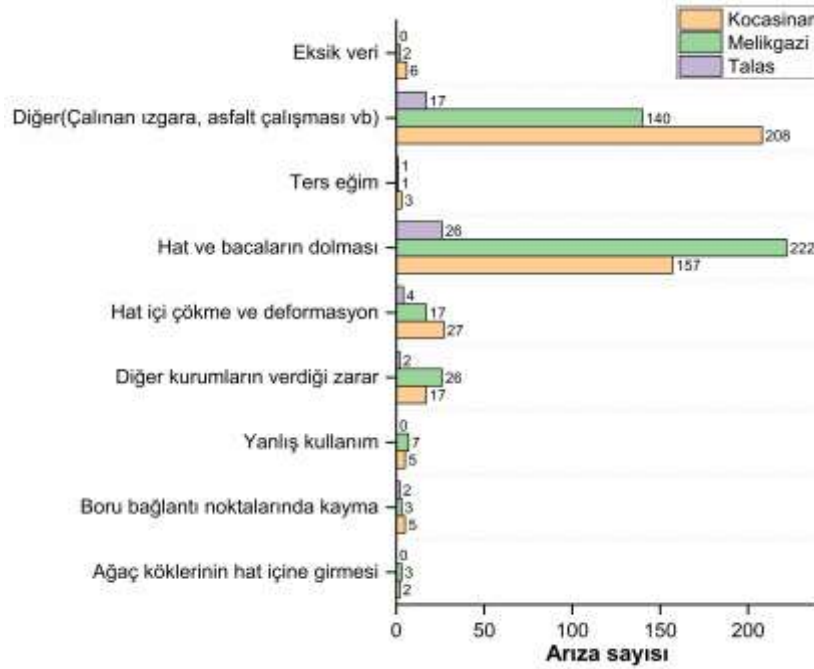


Şekil 5. Boru çaplarına göre arıza sayısı ve arıza sayısı/boru sayısı oranı

En çok arıza, çapı 150 mm olan borularda meydana gelmiştir. Toplam arızaların (Eksik veri hariç) yaklaşık %92 ise 100 – 200 mm arasındaki çapa sahip borularda gerçekleşmiştir. Arıza sayısının çalışma alanında bulunan toplam yağmursuyu drenaj sistemi boru sayısına oranı incelendiğinde ise en yüksek oran 90 mm çapındaki borularda olduğu görülmektedir. En düşük oran ise 400 mm çapındaki borulardadır (Şekil 5).

Arıza Nedenine Göre Arıza Sayılarının Değerlendirilmesi

Yağmursuyu drenaj sistemleri yer altında bulunmasından dolayı çalışmasını etkileyecek birçok olumsuz etkiler ile karşılaşmaktadır. Trafik yükü, zemin koşulları, yer atlı su seviyesi ve işçilik gibi parametrelerin olumsuz etkileri ile hat birleşim bölgelerinde veya borularda zaman zaman çökmeler meydana gelmektedir. Peyzaj yoğunluğunun fazla olduğu bölgelerde ise ağaç ve bitki kökleri, su besin ihtiyacını karşılayabilmek için drenaj hatlarına zarar verebilmektedir (Gök & Fırat, 2021). Cadde ve sokaklardaki atıklar, sonbaharda dökülen yapraklar, hat içine dahil olan tozlar kentsel drenaj sistemlerinin etki çapının düşmesine veya tamamen kapatmasına yol açarak arızalara sebebiyet vermektedir. Ani ve şiddetli yağışlarda sistemde ters eğime sahip borular, yağışı düzgünce tahliye edemeyerek bacaların dolmasına hatta geri tepmesine neden olmaktadır. Telefon, internet, elektrik gibi yer altında bulunan iletim hatlarında yapılan çalışmalar da drenaj sistemlerini etkileyebilmektedir.

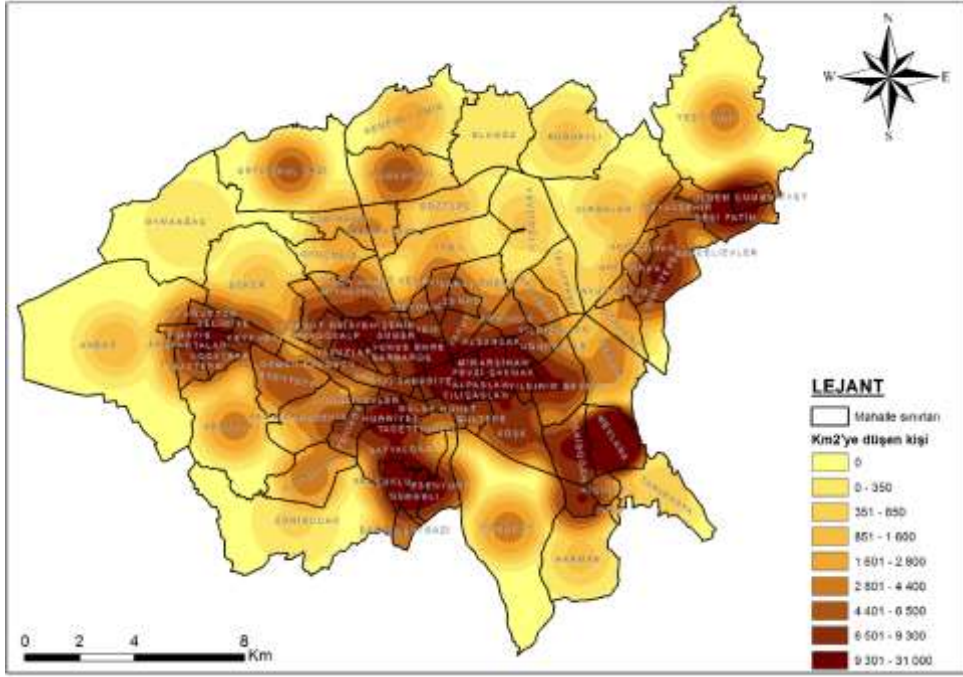


Şekil 6. Arıza nedenlerine göre arıza sayısı

Genel arızaların çoğunluğu hat ve bacaların dolması ile diğer (Çalınan ızgara, asfalt çalışması vb.) arıza türlerinde meydana gelmiştir. Boru bağlantı noktalarında kayma, ağaç köklerinin hat içine girmesi ve yanlış kullanım arızaları diğer arıza türlerine oranla az sayıda gerçekleşmiştir.

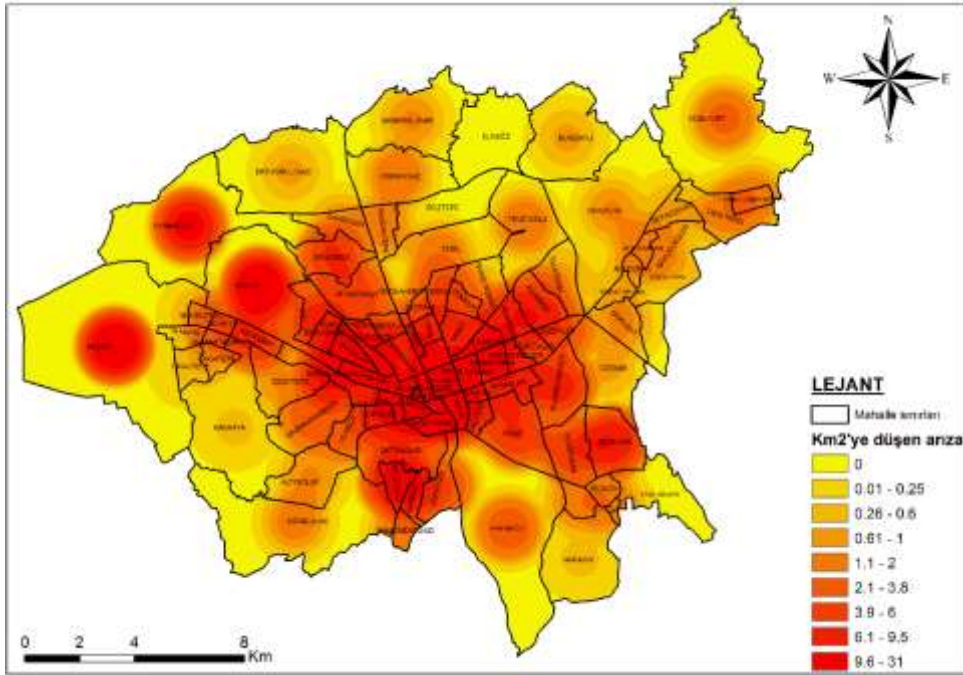
Kernel Yoğunluk Haritasına Göre Arıza Türünün Değerlendirilmesi

Arızaların yoğun olarak gerçekleştiği bölgeler; analiz, tamir ve rehabilite çalışmaları hakkında fikir verdiğinden dolayı yoğunluk haritaları oluşturulmuştur (Şekil 8). Ayrıca arıza sayısı ve nüfus arasındaki ilişkinin yorumlanabilmesi için nüfus yoğunluk haritası da oluşturulmuştur (Şekil 7). İki haritada da renkler koyulaştıkça km² başına düşen değerler artmaktadır.



Şekil 7. Nüfusa dayalı Kernel yoğunluk haritası

Çalışma alanı içerisinde bulunan nüfusun en yüksek olduğu mahalle, 83.598 nüfusa sahip Talas ilçesine bağlı Mevlâna mahallesidir. En çok arızanın meydana geldiği mahalle ise 50 arıza kaydına sahip Melikgazi ilçesine bağlı Anbar mahallesidir.



Şekil 4. Arıza verisine dayalı Kernel yoğunluk haritası

Mahalle verilerinin noktasal veri tipinde olması ve Kernel yoğunluk analizinin tanımlanmış bir yarıçapa sahip çembere dayalı analiz yapması nedeniyle bazı mahalle merkezlerinde dairesel şekilde yoğunluklar oluşmuştur. Fakat mahalle merkez noktalarının yakın olduğu bölgelerde, bu dairesel yoğunlukların birbiriyle bütünleştiği görülmektedir (Şekil 7, Şekil 8). Nüfus ve arıza sayılarına dayalı Kernel yoğunluk haritaları, birçok bölgede ortak yoğunluklar göstermiştir.

SONUÇLAR

Bu çalışmada, yağmursuyu drenaj sistemlerinde meydana gelen arızaların değerlendirilmesi ve analiz edilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda KASKİ veri tabanından 01.01.2020-31.08.2022 arasında meydana gelmiş arıza kayıtları temin edilmiştir. Temin edilen arıza kayıtları arıza çeşidine göre detaylı bir şekilde analiz edilmiş ve Arc-GIS 10.5 yardımıyla Kernel yoğunluk haritaları oluşturulmuştur. Çalışma alanı olarak Kayseri'nin Kocasinan, Melikgazi ve Talas ilçelerine bağlı 92 mahalle belirlenmiştir. 903 arıza kaydının dikkate alındığı çalışma başlıca şu sonuçları sunmaktadır;

- Ortalama tamir süresi en yüksek olan ilçe Kocasinan, en düşük olan ilçe ise Talas ilçesidir.
- Boru malzemesine göre arızalar en fazla PVC borularda, en az beton borularda meydana gelmiştir.
- Boru çapına göre arızalar en fazla 150 mm çapa sahip borularda, en az 1000 mm çapa sahip borularda gerçekleşmiştir.
- Arıza sayısı/boru sayısı oranı en yüksek 90 mm çaplı boru, en az 400 mm çaplı borudadır.
- Arızalar en fazla hat ve bacaların dolmasıyla, en az ise ters eğim nedeniyle meydana gelmiştir.
- Nüfus ve arıza sayısına dayalı Kernel yoğunluk haritaları, genellikle benzer bölgelerde yoğunlaşmıştır.

İklim değişikliği ile değişen yağış koşulları, yağmursuyu drenaj sistemlerinin önemini birçok açıdan arttırmıştır. Tahliye edilemeyen yağışlar taşkınlarla sebebiyet verebilmektedir. Bu nedenle, yağışların uygun bölgelere deşarj edilmesini sağlayan yağmursuyu drenaj sistemlerinde meydana gelen arızaların analiz edilmesi, düzenli bakım-onarımının yapılması ve arızaları azaltıcı yönetsel kararların alınması oldukça önemlidir.

KAYNAKÇA

Acar, Z., & Gönençgil, B. 2022. "Investigation of extreme precipitation indices in Turkey". Theoretical and Applied Climatology, 148(1), 679-691. <https://doi.org/10.1007/s00704-022-03971-3>

Bonnier, A., Finné, M., & Weiberg, E. 2019. "Examining Land-Use through GIS-Based Kernel Density Estimation: A Re-Evaluation of Legacy Data from the Berbat-Limnes Survey". Journal of Field Archaeology, 44(2), 70-83. <https://doi.org/10.1080/00934690.2019.1570481>

Charpentier, A., & Gallic, E. 2014). "Kernel Density Estimation with Ripley's Circumferential Correction". SSRN Electronic Journal. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2514890>

Burak Çırağ. 2021. Yağmursuyu drenaj sistemlerinin taşkın performansının değerlendirilmesi (Yüksek Lisans Tezi). Tez Numarası 676350. İnönü Üniversitesi.

Çırağ, B., & Fırat, M. 2022. "Taşkın Yayılım Haritalarında Arazi Kullanım Türü Ve Yüzeysel Akış Etkilerinin Değerlendirilmesi: Malatya İli Örneği". Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 25(3), 222-236. <https://doi.org/10.17780/ksujes.1094321>

Djordjević, S., Butler, D., Gourbesville, P., Mark, O., & Pasche, E. 2011." New policies to deal with climate change and other drivers impacting on resilience to flooding in urban areas: The CORFU approach". Environmental Science & Policy, 14(7), 864-873. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2011.05.008>

Fontecha, J. E., Agarwal, P., Torres, M. N., Mukherjee, S., Walteros, J. L., & Rodríguez, J. P. 2021. A two-stage data-driven spatiotemporal analysis to predict failure risk of urban sewer systems leveraging machine learning algorithms. Risk Analysis, 41(12), 2356-2391.

Gibin, M., Longley, P., & Atkinson, P. 2007. "Kernel Density Estimation and Percent Volume Contours in General Practice Catchment Area Analysis in Urban Areas". Journal Abbreviation: Proceedings of the GIScience Research UK Conference (GISRUK).

- Gök, S., & Fırat, M. 2021. "Analysis of Faults in Sewage Systems with Geographical Information Systems". 4th International Conference of Contemporary Affairs in Architecture and Urbanism (ICCAUA-2021), 786-797.
- Güler Yalçın. 2016. "Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Mekansal Desen Analizi". 194-202.
- Hesarkazzazi, S., Bakhshipour, A. E., Hajibabaei, M., Dittmer, U., Haghghi, A., & Sitzenfrei, R. 2022. "Battle of centralized and decentralized urban stormwater networks: From redundancy perspective". *Water Research*, 222, 118910. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.118910>
- Hongrong, Q., Jianzhong, L., Guohui, Z., & Luexuan, L. 2011. "Study of problems and corrective actions of urban drainage network". 2011 International Conference on Electric Technology and Civil Engineering (ICETCE), 1561-1564. <https://doi.org/10.1109/ICETCE.2011.5776227>
- Hakan, K. 2007. "Mekan Organizasyonu ve Planlama Bağlamında Sel Riskinin İrdelenmesi". 337-347. TMMOB AFET SEMPOZYUMU.
- KASKİ (Kayseri Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü). 2023. KASKİ Hakkında. Erişim: 21 Mart 2023, <https://www.kaski.gov.tr/kaski-hakkında>
- Mohammadiun, S., Yazdi, J., Salehi Neyshabouri, S. A. A., & Sadiq, R. 2018. Development of a stochastic framework to design/rehabilitate urban stormwater drainage systems based on a resilient approach. *Urban Water Journal*, 15(2), 167-176.
- Naiji, Z., Mostafa, O., Amarjounf, N., & Rezqi, H. 2021. "Application of two-dimensional hydraulic modelling in flood risk mapping". A case of the urban area of Zaio, Morocco. *Geocarto International*, 36(2), 180-196. <https://doi.org/10.1080/10106049.2019.1597389>
- Osman Tanrıverdi. 2018. Modern kentsel yağmursuyu drenaj uygulaması: Adana ili örneği (Yüksek Lisans Tezi). Çukurova Üniversitesi.
- Önen, F., & Oğraş, S. 2019. "Dicle Nehri'nin taşkın analizinin HEC-RAS programı ile yapılması". *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 10(3), 1087-1098. <https://doi.org/10.24012/dumf.500602>
- Parkinson, J., Tayler, K., & Mark, O. 2007. "Planning and design of urban drainage systems in informal settlements in developing countries". *Urban Water Journal*, 4(3), 137-149. <https://doi.org/10.1080/15730620701464224>
- Rentachintala, L. R. N. P., Reddy, M. G. M., & Mohapatra, P. K. 2022. "Urban stormwater management for sustainable and resilient measures and practices: A review". *Water Science and Technology*, 85(4), 1120-1140. <https://doi.org/10.2166/wst.2022.017>
- S. Kahraman & Ö. Ünsal. 2014. ArcGIS For Desktop Spatial Analiz Kitabı. Esri Türkiye.
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. 2011. Yağmursuyu toplama, depolama ve deşarj sistemleri hakkında yönetmelik.
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Kayseri İl Tarım ve Orman Müdürlüğü. 2023. Coğrafi Yapı. Erişim: 21 Mart 2023, <https://kayseri.tarimorman.gov.tr/Menu/80/Cografı-Yapı>
- Xie, Z., & Yan, J. 2008. "Kernel Density Estimation of traffic accidents in a network space". *Computers, Environment and Urban Systems*, 32(5), 396-406. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2008.05.001>
- Yin, D., Chen, Y., Jia, H., Wang, Q., Chen, Z., Xu, C., ... Chen, A. S. 2021. "Sponge city practice in China: A review of construction, assessment, operational and maintenance". *Journal of Cleaner Production*, 280, 124963. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124963>