



Türkiye'nin kuzeyinde ova ve kentsel alanlardan geçen bir akarsuyun mikrobiyal kirlilik göstergelerindeki mekânsal-zamansal değişimlerin değerlendirilmesi

Beyhan TAŞ¹, Halim TOPALDEMİR¹, Fikret USTAOĞLU², Zeynep KOLÖREN¹

Cite this article as:

Taş, B., Topaldemir, H., Ustaoglu, F., Koloren, Z. (2023). Türkiye'nin kuzeyinde ova kentsel alanlardan geçen bir akarsuyun mikrobiyal kirlilik göstergelerindeki mekânsal-zamansal değişimlerin değerlendirilmesi. *Aquatic Research*, 6(2), 133-144. <https://doi.org/10.3153/AR23014>

¹ Ordu Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Ordu, Türkiye

² Giresun Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Giresun, Türkiye

ORCID IDs of the author(s):

B.T. 0000-0001-6421-2561

H.T. 0000-0002-4494-9715

F.U. 0000-0002-8195-8557

Z.K. 0000-0001-9708-2716

Submitted: 31.01.2023

Revision requested: 08.03.2023

Last revision received: 07.04.2023

Accepted: 07.04.2023

Published online: 08.04.2023

Correspondence:

Fikret USTAOĞLU

E-mail: fikretustaoglu@hotmail.com



© 2023 The Author(s)

Available online at

<http://aquatres.scientificwebjournals.com>

ÖZ

Kentsel gelişim nedeniyle su havzalarının bozulması, yüzey sularının antropojenik kaynaklı kirlleticilere karşı savunmasızlığını artırmaktadır. Yüzme sularının yakınından boşalan kentsel akarsular, su kalitesinin bozulmasına önemli ölçüde katkıda bulunabilir. Araştırmada, Terme Çayı'nın dört farklı noktasından örnekler alınarak akarsuyun mikrobiyal kalitesi mevsimsel olarak araştırılmıştır. Mikrobiyolojik analizler, membran filtrasyonu ile standart metotlar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Örneklerdeki fekal kontaminasyon koloni oluşturan birim (KOB) yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Terme Çayı su numunelerinde ortalama koloni sayısı toplam koliform, *Escherichia coli* ve *Clostridium perfringens* için sırasıyla 712 KOB/100 mL, 278 KOB/100 mL ve 64 KOB/100 mL olarak belirlenmiştir. Bu durum akarsuda fekal bir kontaminasyonun olduğunu göstermektedir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ndeki bakteriyolojik parametrelere göre, Terme Çayı'nın toplam koliform bakteri sayısı bakımından II. Sınıf su kalitesinde olduğu tespit edilmiştir. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre Terme Çayı'nın mikrobiyolojik kalite yönünden çok kirli olmayan, fakat kirlilik baskısı altında değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Kirlilik düzeyinin artmaması için akarsu çevresindeki yerleşim ve tarım alanlarından gelen evsel atıkların/atıksuların, hayvansal atıkların ve drenaj kanallarının doğrudan akarsuya karışması engellenmeli, gerekli önlemlerin alınması konusunda halk bilinçlendirilmelidir.

Anahtar Kelimeler: Fekal indikatör bakteriler, Fekal kirlilik, Kentsel ırmak, Su kalitesi, Terme Çayı

ABSTRACT

Evaluation of spatio-temporal variations in microbial pollution indicators of a river passing through lowlands and urban areas in Northern Türkiye

The degradation of watersheds due to urban development increases the vulnerability of surface waters to pollutants of anthropogenic origin. Urban streams draining near swimming waters can contribute significantly to the deterioration of water quality. In the study, the microbial quality of the Terme River was investigated seasonally by collecting samples from four different stream sites. Microbiological analyzes were performed using standard methods with membrane filtration. The colony-forming unit (CFU) method determined fecal contamination in samples. The mean number of colonies in Terme River water samples was determined as 712 CFU/100 mL, 278 CFU/100 mL, and 64 CFU/100 mL for total coliform, *Escherichia coli*, and *Clostridium perfringens*, respectively. This situation indicates that there was fecal contamination in the stream. According to the bacteriological parameters in the Water Pollution Control Regulation, Terme River was found to be of class II water quality in terms of total coliform bacteria count. The Research results determined that the Terme River is not much polluted in terms of microbiological quality but has values under the pressure of pollution. To not increase the pollution level, the direct mixing of domestic wastes/wastewater, animal wastes, and drainage channels from the settlements and agricultural areas around the river should be prevented. The public should be made aware of the necessary precautions.

Keywords: Fecal indicator bacteria, Fecal pollution, Urban River, Water quality, Terme River

Giriş

Akarsular hem antropojenik hem de doğal kirlenmeye en çok maruz kalan kaynaklardır (Ustaoğlu ve ark., 2021; Aydın ve ark., 2021). Kentsel gelişim nedeniyle su havzalarının bozulması, yüzey sularının antropojenik kaynaklı kirleticilere karşı savunmasızlığını da artırmaktadır. Özellikle fekal kirlilik, küresel olarak büyüyen bir sorundur (Reynolds ve ark., 2021). Dünya nüfusunun %55'i şu anda kentsel alanlarda yaşamaktadır ve bu oranın 2050 yılına kadar %68'e çıkması beklenmektedir (UN, 2019). Kentsel alanlardan geçen akarsuların yukarı havzadan aşağı havzaya doğru fekal kirlilikten fazla etkilendiği belirtilmektedir (Paule-Mercado ve ark., 2016; Taş ve ark., 2019; Reynolds ve ark., 2021).

Patojenik organizmalar tüm ekosistemlerin normal bileşenleridir. Ancak antropojenik aktivite sonrası artan fekal bakteri sayısının neden olduğu kirlilik, akarsularla havzalara ve denizlere taşınmaktadır. Suda patojenik bakterilerin varlığı, insan ve hayvan sağlığını tehdit eden önemli endişe kaynağını oluşturmaktadır (Şener ve ark., 2020). Kentsel akarsular insan faaliyetlerinin yoğun olduğu sucul ekosistemler olduğu için hem yapısını hem de işlevini etkileyebilecek bir dizi antropojenik kirleticiler içerir (Yüksel ve ark., 2021; Tepe ve ark., 2022). İnsan popülasyonundaki artışlar, potansiyel mikrobiyal patojen kaynaklarının sayısında artışa neden olur. Ayrıca, arazi gelişimi ile ilişkili peyzajdaki değişiklikler, artan konsantrasyon ve mikrobiyal patojenlerin mansap sularına taşınmasını sağlayabilir (Mallin ve ark., 2000). Doğal arazinin geçirimsiz yüzeylere dönüştürülmesi (yollar, otoyollar, kaldırımlar, otoparklar ve çatılar), arazinin doğal filtrasyon kabiliyetini ortadan kaldırır. Böylece arazi yüzeyindeki kirletici konsantrasyonunun artmasına izin verir ve kirleticilerin mansap su yollarına hızlı bir şekilde taşınmasını sağlar (Mallin ve ark., 2001).

Alt yapı sistemlerinin eksik ya da yetersiz olduğu şehir akarsularında kanalizasyon göstergelerine rastlanmaktadır (Kauschal ve Belt, 2012). Özellikle septik alanlardan deşarj, sızdıran kanalizasyon altyapısı, kanalizasyon taşmaları ve atık su arıtma tesisi atık suları gibi noktasal kaynaklardan akarsulara giriş vardır (Rosi-Marshall ve ark., 2015). Dağınık yerleşim alanlarındaki foseptik sızıntılar, ahır suları gibi noktasal olmayan kirleticiler de yüzey akışlarıyla kentsel akarsulara kirletici maddeler taşımaktadır.

Akarsuların içerdiği fekal kirleticiler denize taşındığında kıyıl alanının ve suyun kalitesi bozulur. Plaj gibi rekreasyonel olarak kullanılan suların kalitesini düşüren bu faktörlerin insan sağlığı ve ekonomik etkilerinin de olumsuz olması muhtemeldir. Kontamine kıyı suları insan sağlığı üzerinde ciddi risklere yol açar. Bu riskler, insanların patojenle kontamine

sulara doğrudan, kontamine deniz ürünleri tüketimi yoluyla da dolaylı olarak maruz kalmasını içerir (Mallin ve ark., 2000).

Göreceli kullanım kolaylığı ve düşük maliyeti nedeniyle, bakteriyel indikatör organizmalar su kalitesini değerlendirmek ve su kalitesi kriterlerini belirlemek için kullanılır (Zhang ve ark., 2015). Koliform bakteriler, su kalitesinin geleneksel ve evrensel mikrobiyolojik göstergeleridir (Neill, 2004; Armah, 2014). Su kütlelerinde dışkı koliform bakterilerinin varlığı genellikle su kütlelerinin kanalizasyonla kirlendiğinin bir göstergesi olarak kabul edilir (Wang ve Deng, 2019). Hem noktasal hem de noktasal olmayan kaynaklardan yüzey sularına boşaltılan organik ve biyolojik kirleticiler ve bu kirleticilerin yüklenmesi zamanla değişebilir. Yağmur suyu akışı, nokta kaynaklı olmayan organik ve biyolojik kirleticilerin yüzey sularına taşınmasının birincil yoludur (Henzum ve ark., 2010). Dolayısıyla, iklim de fekal koliform sayısının artmasını ve dağılımını etkileyebilir. Çevresel faktörlerin mevsime bağlı olarak sudaki kirletici yüklerini ve bakterilerin su kütlelerindeki yaygınlığını etkilediği bildirilmiştir (Wang ve Deng, 2019). Suyun doğal yapısının ve su kalitesinin bozulmasına neden olan tüm bu faktörler, yerüstü ve yeraltı sularının insanlar için su kaynağı olarak kullanımını kısıtlamakta ve halk sağlığını tehdit etmektedir.

Aşağı akış yönünde noktasal ve yayılı kaynaklardan gelen kirlilik baskısı altında olan akarsularda, bu baskı sadece antropojenik kaynaklı değildir. Doğal mekanizmalar (erozyon, yağış, akıntı gibi toprak ve hidrolojik faktörlerden kaynaklı) ve iklimik faktörler de akarsu ekosistemini değiştirebilmektedir. Özellikle her mevsim yağış alan, fakat etkili bahar yağışları olan Karadeniz Bölgesi gibi ılıman bölgelerdeki düzensiz rejimli akarsularda iklimik ve hidrolojik faktörler etkilidir (Taş ve ark., 2021).

Mikrobiyal kirliliğin belirlenmesi su kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılan yardımcı araçlardan biridir. Şehir merkezlerinden geçen akarsuların su kalitesini belirlemek ve iyileştirme stratejileri geliştirmek için su kalitesinde mekânsal ve zamansal değişiklikleri etkileyen faktörleri anlamak esastır (Ustaoğlu ve ark., 2021). Yeşilirmak ve Kızılırmak havzaları içinde yer alan Samsun ili akarsuları kirlilik nedeniyle hızla bozulmaktadır. İlde öncelikli çevre sorunları arasında su kirliliği birinci sırada yer almaktadır (Taş ve Kolören, 2017). Orta Karadeniz'de Yeşilirmak Havzası'nın alt havzasında yer alan Terme Çayı'nda yapılan su ve sediment kalitesini belirleme çalışmalarında, akarsuyun yerleşim ve tarım alanlarının baskısı altında olduğu bildirilmiştir (Ustaoğlu ve ark., 2021; 2022). Bu çalışmada, Terme Çayı'nda

fekal indikatör bakteri (FIB) oranını belirlemek ve su kalitesi sonuçlarıyla mekânsal ve mevsimsel değişkenler arasındaki ilişkiyi incelemek amaçlanmıştır. Bugüne kadar, Terme Çayı'nda FIB kontaminasyonu hakkında rapor edilmiş bir araştırma bulunmamaktadır. Akarsuyun Karadeniz'e deşarj bölgesinde Miliç rekreasyon alanı bulunması nedeniyle bu çalışma halk sağlığı açısından önemlidir.

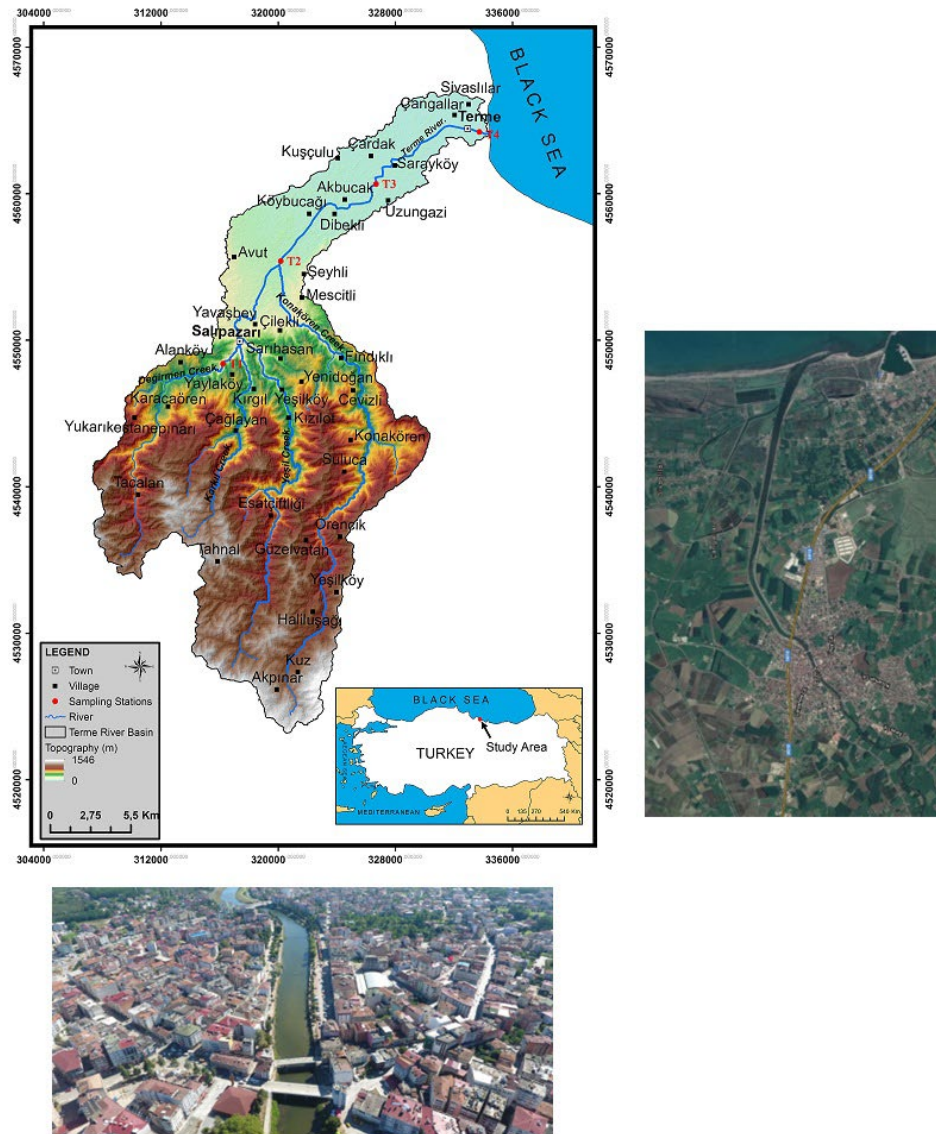
Materyal ve Metot

Çalışma Alanı

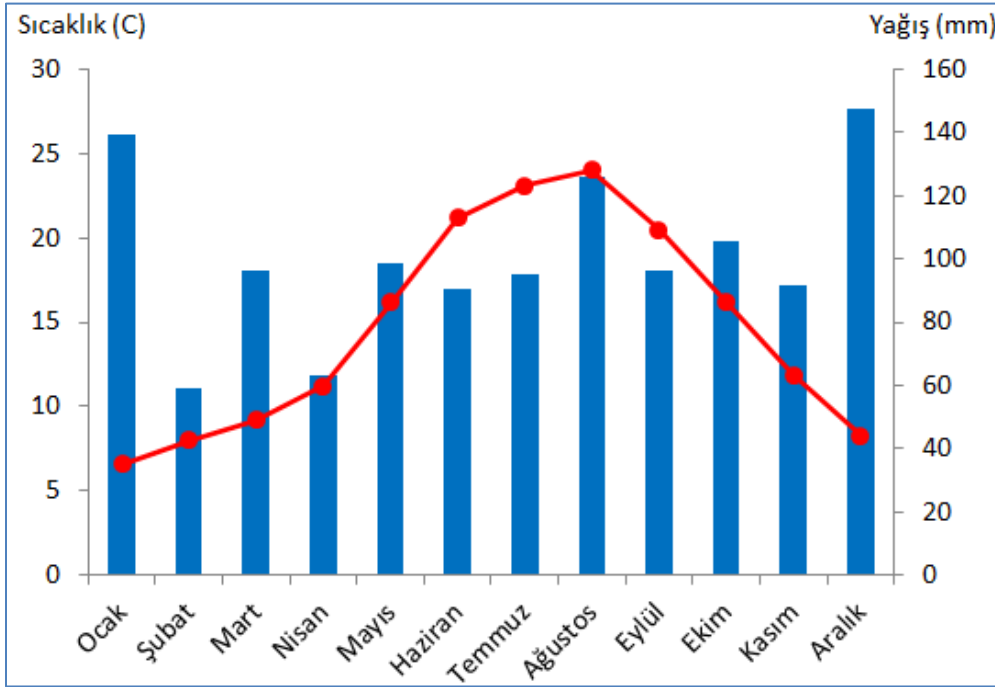
Çalışma, Karadeniz Bölgesi'nin Orta Karadeniz Bölümü'nde Samsun ilinin 58 km doğusundaki Salıpazarı ve Terme ilçelerinden geçen Terme Çayı'nda yapıldı (Şekil 1). Her mevsim

yağışlı Karadeniz iklim özelliğine sahip alanda Salıpazarı'nın yağış alanı 74.5 km², Terme'nin yağış alanı 436.4 km²'dir (Şekil 2).

Terme ilçesinde Karadeniz iklim özelliği görülür. Her mevsim yağışlı ve ılıman geçen çalışma alanında, 2014-2019 yıllarını kapsayan Terme-Kozluk meteoroloji istasyonu verilerine göre, aylık sıcaklık değeri 6.6 °C (Ocak) ila 24.0 °C (Ağustos) arasında değişmiş, ortalama sıcaklık ise 14.7 °C olarak hesaplanmıştır (Şekil 2). Çalışma alanında aylık toplam yağış ortalaması 59.15–147.23 mm aralığındadır. Ortalama aylık toplam yağış miktarı ise 100.7 mm'dir (MGM, 2020).



Şekil 1. Terme Çayı havzasının genel görünümü ve örnekleme lokalitelerinin konumu
Figure 1. The general view of the Terme River basin and the location of the sampling localities



Şekil 2. Araştırma alanının ortalama aylık yağış ve sıcaklık grafiği

Figure 2. Average monthly precipitation and temperature graph of the research area

Su Örneklerinin Toplanması

Terme Çayı boyunca Şekil 1’de görülen dört istasyondan (T1, T2, T3 ve T4) mevsimsel olarak (ilkbahar, Nisan 2019; yaz, Temmuz 2019; sonbahar, Ekim 2019; kış, Ocak 2020) toplam 16 su numunesi örneği toplandı. Numune alma kriterlerine uygun olarak steril 500 mL’lik koyu renkli, vida kapaklı steril cam şişe kullanılarak yüzeyden dibe doğru şişelere hava boşluğu kalmayacak şekilde suya daldırılarak numuneler alındı. Aynı gün içinde numuneler soğuk zincirle laboratuvara getirilerek analizler yapıldı.

Fekal İndikatör Bakteri (FIB) Analizi

Bu çalışmada, toplam koliform (*TC*), *Escherichia coli* (*EC*) ve *Clostridium perfringens* (*CP*) varlığı araştırıldı. *TC* ve *EC* tespiti ve sayımı membran filtrasyon yöntemiyle standart çalışma prosedürü (TS EN ISO 9308-1, 2014) kullanılarak yapıldı. Çalkalanarak homojenleştirilen su numuneleri, filtrasyon sisteminde 0.45 µm’lik bir membran filtreden (47 mm diameter, Sartorius) süzülde. Membran filtre kromojenik koliform agar (CCA) besiyeri üzerine yerleştirildikten sonra 36±2°C’de 21±3 saat inkübe edildi. β-D-galactosidase pozitif koloniler (pembeden kırmızıya) muhtemel koliform olarak sayıldı. *Aeromonas* spp. gibi oksidaz pozitif bakterilerin ne-

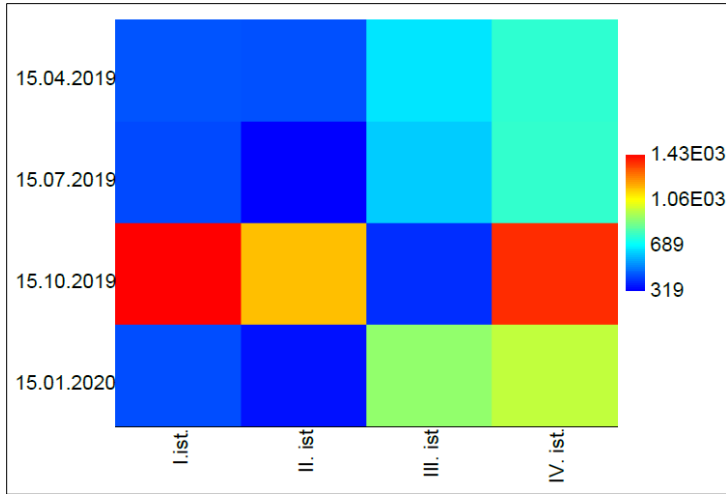
den olduğu yalancı pozitif reaksiyonu ayırmak için, muhtemel koloniler negatif oksidaz (oksidaz testi) reaksiyonu ile doğrulandı. Besiyerinde menekşe morundan laciverte kadar olan koloniler (β-D galaktosidaz ve β-D-glukuronidaz pozitif koloniler) *EC* olarak sayıldı. *TC* sayımı ise *EC* sayısı ile oksidaz negatif olan koliform bakterilerin toplamı sonucu elde edildi.

CP’nin tesbiti ve sayımı (sporlular dahil) membran filtrasyon metodu ile standart metoda göre yapıldı (TS EN ISO 6222, 1999). İncelenecek su numuneleri çalkalanarak homojenleştirildikten sonra, 0.22 µm’lik membran filtreden süzülde. Membran filtre *Clostridium perfringens* agar (m-CP agar) besiyeri üzerine yerleştirilip anaerobik ortamda (anaero jar) 44±1°C sıcaklıkta 21±3 saat inkübe edildi. İnkübasyon sonunda opak sarı koloniler şüpheli *CP* olarak kabul edildi ve doğrulamaya alındı. Opak sarı koloniler 20–30 saniye amonyum hidroksit buharına tutulup pembe ya da kırmızıya dönen koloniler *CP* olarak kabul edildi.

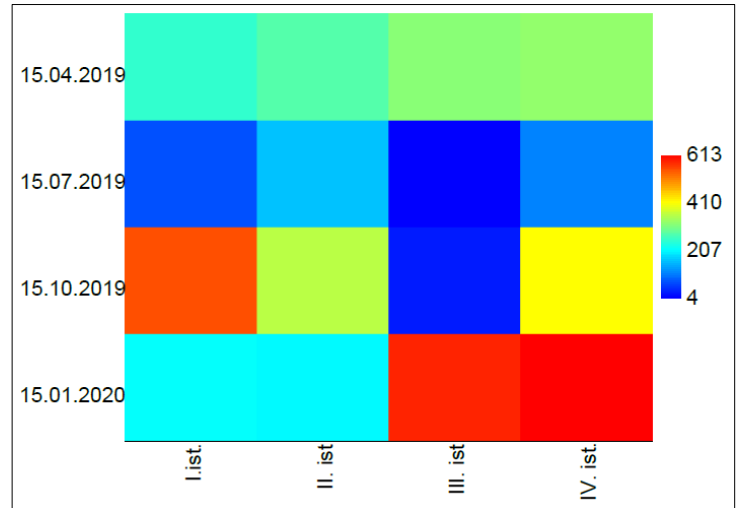
Bulgular ve Tartışma

Su kütlelerindeki dışkı kirliliği yaygın olarak FIB ölçülmesiyle belirlenir (Saxena ve ark., 2015). Şehir merkezlerinden geçen akarsuların su kalitesini belirlemek ve iyileştirme stratejileri geliştirmek için su kalitesinin zamansal ve mekansal

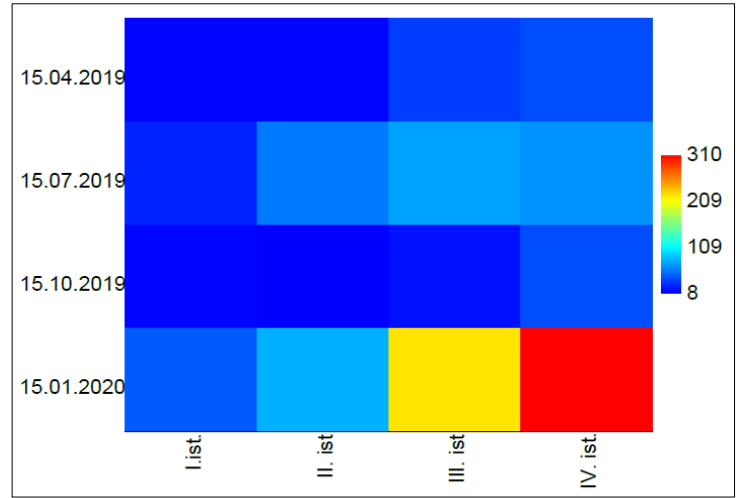
değişkenliğini etkileyen faktörleri anlamak gerekir (Lintern ve ark., 2018). Terme Çayı'nda yaptığımız FIB analizlerinin mevsimsel ve mekânsal sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. Ayrıca, *TC*, *EC* ve *CP* hot plot grafikleri de Şekil 3–5'te görülmektedir. Hot plot grafiği, genellikle bir veri setindeki farklı özelliklerin etkileşimlerini görselleştirmek için kullanılan bir grafik türüdür. Bu grafik, bir ısı haritası şeklinde oluşturulur. Farklı renkler ve tonlar kullanılarak veri noktalarının yoğunluğu gösterilir. Zamana bağlı olarak istasyonlardaki bakteri yoğunluğunun gösterildiği grafikte, mavi renk bakteri yoğunluğunun az olduğunu, kırmızı renk bakteri yoğunluğunun fazla olduğunu ifade etmektedir. Terme Çayı'nda mevsimsel ortalama olarak FIB sayısı $TC > EC > CP$ şeklindedir. Maksimum *TC* bakteri sayısı sonbaharda 1. istasyonda (1430 KOB/100 mL), maksimum *EC* (613 KOB/100 mL) ve *CP* (310 KOB/100 mL) sayısı kış sezonunda 4. istasyonda kaydedilmiştir.



Şekil 3. Toplam koliform hot plot grafiği
Figure 3. Total coliform hot plot graph



Şekil 4. *E. coli* hot plot grafiği
Figure 4. *E. coli* hot plot graph



Şekil 5. *C. perfringens* hot plot grafiği
Figure 5. *C. perfringens* hot plot graph

Koliform bakteriler insan ve hayvan bağırsağında bulunabileceği gibi çevresel ortamda da bulunabilir ve potansiyel fekal kirliliğin göstergesi olabilirler (Dindar, 2019). *TC* bakteri sayısı, su kalitesinin en güvenilir göstergesi olarak kullanılır. Terme Çayı'nda en yüksek *TC* bakteri sayısı sonbaharda 1. istasyonda (1430 KOB/mL), kış (970 KOB/mL), yaz (762 KOB/mL) ve ilkbahar (756 KOB/mL) mevsimlerinde ise 4. istasyonda gözlemlenmiştir (Şekil 3). *TC* bakteri yoğunluğu, dört istasyonda mevsimsel ortalama olarak sonbahar>kış>ilkbahar>yaz şeklindedir. Yüzey suyunun kalitesi genellikle çevre ve iklim koşullarına ve su toplama alanındaki

hayvan ve/veya insan dışkısının varlığına bağlı olarak dalgalanma gösterir (Shanks ve ark., 2006). Su kaynaklarının çoğu kırsal alanlardan beslendiği için, mevsimlik tarım uygulamalarından, hayvan hareketlerinden ve yağış gibi iklimsel faktörlerden kaynaklanan mikrobiyolojik kontaminasyon faktörlerinden etkilenebilirler (Koloren ve Kaya, 2012). SKKY (2004)'de bakteriyolojik parametreler içinde yer alan *TC* sayısına göre su kalite sınıfları şu şekilde sınıflandırılır: *TC*; <100 ise I. sınıf, 100–20000 ise II. Sınıf, 20000–100000 ise III. Sınıf, >100000 ise IV. Sınıf. Aynı yönetmeliğin göller,

göletler, bataklıklar ve baraj haznelerinin ötrofikasyon kontrolü sınır değerleri tablosunda (Tablo 2), doğal koruma alanı ve rekreasyon alanı ile çeşitli kullanımlar için belirlenen alanlarda 1000 KOB/100 mL *TC* sayısı sınır değerdir. Yönetmeliğe göre, Terme Çayı II. sınıf su kalitesi özelliği taşımaktadır. Doğal koruma ve rekreasyon alanı için değerlendirildiğinde, Terme Çayı'nda sonbahar sezonunda *TC* sayısı sınır değeri aşmaktadır (>1000 KOB/100 mL). Bu sonuç ötrofikasyon kontrolü için alanın bakteriyolojik kirlenme baskısı altında olduğunu göstermektedir (SKKY, 2004).

Tablo 1. Terme Çayı'nda fekal indikatör bakterilerin zamansal ve mekânsal analiz sonuçları

Table 1. Results of temporal and spatial analysis of fecal indicator bacteria in Terme River

Mevsimsel Örnekleme	İstasyonlar	<i>TC</i>	<i>EC</i>	<i>CP</i>
İlkbahar (15.04.2019)	1	442	246	10
	2	436	274	10
	3	652	316	32
	4	756	324	38
Yaz (15.07.2019)	1	425	68	22
	2	319	158	56
	3	615	4	72
	4	762	108	66
Sonbahar (15.10.2019)	1	1430	550	10
	2	1153	355	8
	3	385	25	14
	4	1365	410	38
Kış (15.01.2020)	1	431	210	44
	2	343	203	78
	3	902	585	220
	4	970	613	310
Ortalama (n=16)		712±362	278±191	64±83

EC, genellikle memelilerin bağırsak yollarında yerleşik bir kommensal bakteri olarak kabul edilir ve doğrudan dışkı veya idrar yoluyla ve dolaylı olarak arıtılmış atık su yoluyla çevreye atılır. Tartışmasız bir şekilde ve çeşitli antimikrobiyal gruplarına karşı hızlı direnç kazanması nedeniyle, *EC* tatlı sularda, topraklarda ve yiyeceklerde dışkı kirliliğini incelemek için bir gösterge organizma olarak benimsenmiştir (Li ve ark., 2015; Titilawo ve ark., 2015). Terme Çayı'nda, *EC* koloni sayısı 4–613 KOB/100 mL olarak tespit edilmiştir. En yüksek *EC* sayısı kış, sonbahar, ilkbahar ve yaz mevsiminde sırasıyla 613, 550, 324 ve 158 KOB/mL olarak

tespit edilmiştir. Bu yüksek değerler sonbahar sezonu hariç (1. istasyon) diğer sezonlarda 4. istasyonda gözlenmiştir (Şekil 4). Terme Çayı'nda yıllık ortalama *EC* sayısı 278 KOB/100 mL olup, mevsimsel sıralama kış>sonbahar>ilkbahar>yaz şeklindedir.

Yerleşim ve tarım alanlarından geçerek Sinop'tan Karadeniz'e dökülen Sırakaraağaçlar Deresi'nde ve Karasu Çayı'nda yapılan mikrobiyolojik su kalitesi çalışmalarında, *TC* ve fekal koliform (*FC*) sayıları sırasıyla, 36-1264 (Sınıf I-II) ve 27-1020 (Sınıf II-III); 33-721 (Sınıf I-II) ve 25-627 kob/mL (Sınıf II-III) aralıklarında bulunmuştur. Her iki

akarsuda her mevsim ve her istasyonda tespit edilen *TC* ve *FC* en fazla yaz aylarında çoğalma göstermiştir. Mikrobiyolojik kontaminasyon kaynakları olarak akarsulara çevre köylerin kanalizasyon sisteminin karışması, tarım alanları ve mera alanları, bunların yanı sıra yaz aylarında bölgenin turizm faaliyetlerine bağlı olarak nüfusun artması gibi faktörlerin koliform bakteri artışlarında etkili olduğu bildirilmiştir (Gündoğdu ve Çarlı, 2020 a, b). Terme Çayı'nın yoğun tarımsal faaliyetlerin yapıldığı Terme Ovası'nın yanı sıra Salıpazarı ve Terme ilçelerinin merkezinden geçmesi dolayısıyla yoğun antropojenik baskı altında olduğu gözlenmiştir. Çalışma periyodu içinde Terme'de Haziran ve Ağustos ayında meydana gelen sel felaketi nedeniyle yaz aylarında beklenen bakteriyel artış gözlenmemiştir. Muhtemelen akarsuyun debisinin artması, su seviyesinin yükselmesi nedeniyle sudaki ve sedimentteki bakteriyel kontaminasyon denize doğru taşınmıştır.

Sularda dışkı kirliliği kaynaklarını doğru bir şekilde belirlemek için *EC* ile birlikte *CP* analizi yapmak değerli sonuçlar verebilir. *CP*, dışkıyla ilişkili Gram pozitif, spor oluşturan, biyofilm oluşturan, anaerobik ve patojenik bir türdür (Koo ve ark., 2020). *CP*, balıkların ve domuzlar ve ördekler gibi sıcakkanlı hayvanların bağırsaklarında; toprak, akarsular ve deniz çökeltileri gibi bazı enterik olmayan ortamlarda bulunabilir (Skanavis ve Yanko, 2001; Scott ve ark., 2018). Terme Çayı'nda *TC* ve *EC*'den daha az sayıda *CP* tespit edildi (8–310 KOB/100 mL; ort. 64 KOB/100 mL). *CP* ortalama koloni sayısının istasyonlara göre dağılımı genel olarak 4>3>2>1, mevsimsel sıralama ise kış>yaz>ilkbahar>sonbahar şeklindedir. Maksimum *CP* değeri 4. istasyonda kışın (310 KOB/100 mL), 3. istasyonda yazın (72 KOB/mL), 4. istasyonda ise ilkbahar ve sonbahar sezonlarında (38 KOB/ml) kaydedilmiştir (Şekil 5). *CP* ırmaklardaki ve diğer lotik sistemlerdeki atık su arıtma tesislerinden kaynaklanan nokta kaynaklı emisyonlar için mükemmel bir göstergedir. Hem noktasal hem de noktasal olmayan kaynaklardan etkilenen küçük akarsularda *CP* sporları, bakteriyolojik su kalitesini belirlerken nokta kaynağı kirliliğinin bir göstergesi olarak değerlendirilir (Sorensen ve ark., 1989). *CP*, doğrudan bağlantısı ve çevresel stabilitesi nedeniyle etkili bir insan kanalizasyon göstergesidir (Stelma, 2018). Terme Çayı'nda tespit edilen *CP* kontaminasyonu, atık suyla akarsuya giren mikroorganizmalar için hassas bir gösterge gibi görünmektedir. Aynı zamanda vahşi yaşamdan kaynaklı noktasal olmayan girdilerin de olduğunu göstermektedir.

CP sporları kirli sularda, özellikle tatlı sularda diğer FIB'lere göre daha uzun süre hayatta kalabilir. Sporlarının uzun süreli çevresel canlılığı, *CP*'yi uzun vadeli veya biriken dışkı kirliliğinin daha iyi bir göstergesi yapar. *CP* sporları, kirlilik giriş bölgesinden uzak yerlerde tespit edilebilir, bu da uzak veya

eski fekal kirliliğin bir göstergesidir (Savichtcheva ve Okabe, 2006; Wang ve ark., 2012). Ayrıca, *CP* bolluğu her zaman diğer FIB'lerin bolluğu ile ilişkili değildir. Bu nedenle, *CP* ve diğer FIB'lerin birlikte kullanılması, patojenleri daha iyi tahmin edebilir (Li ve ark., 2021).

Terme Çayı'nda FIB kontaminasyonunun varlığı kanalizasyon ve fosseptiklerin akarsuya karıştığını kanıtlamaktadır. Genel olarak, Terme Çayı'nda *TC*, *EC* ve *CP* sayıları yağışlı dönemde kuru döneme göre daha fazladır. Akarsuyun akış yönünde FIB konsantrasyonu da artmaktadır. Terme Çayı'nın fizikokimyasal su kalitesinin mekânsal ve mevsimsel olarak incelendiği kapsamlı çalışmada, yerleşim yerlerinin merkezlerinden ve tarımsal alanların ortasından geçen akarsuyun akış yönünde kirletici konsantrasyonunda artış, buna paralel olarak akarsuyun alt bölgelerinde su kalitesinin azaldığı bildirilmiştir (Ustaoğlu ve ark., 2021). Terme Çayı'nda mikrobiyolojik araştırma bulguları da benzer durumu göstermiştir. En yüksek FIB sayıları genellikle akarsuyun Karadeniz'e deşarj bölgesine yakın olan 4. istasyonda tespit edilmiştir. Giresun'dan Karadeniz'e dökülen Gelevera Deresi'nde de yerleşim merkezlerinin akarsu hatlarındaki bakteriyolojik kirliliği doğrudan etkilediği (kanalizasyon ve evsel katı atıklar) ve sistemde organik yük miktarının artmasına yol açarak Karadeniz ekosistemi için yüksek risk taşıdığı ifade edilmiştir (Akkan ve Çolaker, 2020). Güneydoğu Karadeniz kıyılarında yapılan incelemede *TC*, *FC* ve *FS* (fekal streptokok) seviyelerinin çok yüksek olduğu ve çoğunlukla değerlerin yüzme suyu için ulusal standartların zorunlu değerlerinin üzerinde olduğu bildirilmiştir (Kalkan ve Altuğ, 2020). Karadeniz'de deniz ekosistemi üzerinde antropojenik faaliyetler (tarımsal faaliyetler, endüstriyel toksik maddeler, kanalizasyon ve atıksu sorunları, denizcilik ve ulaşım, turizm, madencilik ve balıkçılık gibi) ciddi baskı oluşturmaktadır (Bat ve ark., 2018). Dolayısıyla, karasal kökenli akarsularla taşınan kirlilik faktörlerinin belirlenmesi ve gerekli önlemlerin ivedilikle alınması gerektiği yapılan su kalitesi çalışmaları ile görülmektedir.

Yüzey akışı ve erozyon toprak bakterilerini de akarsulara taşıyabilen süreçlerdir (Boithias ve ark., 2021). Birinci istasyon dağınık yerleşim alanları ve fındık tarım alanlarıyla çevrilidir. Bu bölgelerde bakteriyolojik kirliliğe yol açan en önemli potansiyel tehditler yayılı kaynaklardır (yerleşim alanlarının fosseptik sızıntıları, evsel atık/atıksular, vahşi katı atık depolama alanları, tarım alanlarına hayvansal gübre kullanımı, besi hayvanları ve yaban hayatı dışkı tortuları, hayvanların kullanıldığı tarım arazilerinden sızan sular). Yoğun şehir yer-

leşim alanlarında ise noktasal ya da kontrol edilmeyen antropojenik faaliyetler akarsuyun giderek kirlenmesine yol açmaktadır. Bölgenin her mevsim yağış alması ve zaman zaman yaşanan sel felaketleri noktasal ve/veya yayılı kaynakların yapısında mevcut olan kirletici yükleri alıcı ortama taşıyarak kirletici yükünü oldukça artırmaktadır. Aşırı yağış olayları, yerel ve küresel ölçeklerde ırmak akış rejimlerindeki yüksek değişkenlikler, su kaynaklı patojenlerin neden olduğu bulaşıcı hastalık risklerini arttırabilmektedir (Blöschl ve ark., 2019; Derx ve ark., 2023). Bol yağış alan Karadeniz Bölgesi'nde de su kaynaklı parazit patojenlerin halk sağlığını tehdit edebileceği belirtilmiştir (Kolören ve ark., 2011 a,b). Dışkı kaynaklı patojenlerin kirlettiği akarsular ve bunların karıştığı yüzme suları, insanlar için artan enfeksiyon riskini temsil etmektedir (Arnold ve ark., 2017; Kauppinen ve ark., 2017). Ayrıca, akarsuların fekal kontaminasyonu, rekreasyonel faaliyetler dışındaki amaçlar için kullanılan suyun (sulama suyu, içme suyu, balık yetiştiriciliği ve avcılığı gibi) değerlendirilmesini olumsuz etkileyebilir.

Terme Çayı'nın içinde bulunduğu Yeşilirmak Havzası'nda yapılan çalışmalarda, Yeşilirmak Nehri ve kollarında çevresel etkiler ve kirlilik gözlenmiş ve bu durumun su kalitesini olumsuz etkilediği bildirilmiştir (Başören ve Kazancı, 2015; Karaman ve ark., 2017a; Kolören ve ark., 2017). Tarımsal ve evsel atıkların neden olduğu kirliliğin kontrolü için su kalitesinin uzun süreli fizikokimyasal ve biyolojik parametrelerle izlenmesi son derece önemlidir (Başören ve Kazancı, 2015). Bakteriolojik parametrelerin izlenmesi de su kirliliği kontrolü açısından önem arz etmektedir. Karaman ve ark. (2017b) Samsun ilindeki çevresel su örneklerinde parazit varlığını inceledikleri çalışmada; *Giardia* sp., *Cryptosporidium* spp., *Cyclospora* spp., *Microsporidia*, *Blastocystis* spp., *Entamoeba coli* kisti, *Dientamoeba*, *Chilomastix*, *Strongyloides* spp. ve kancalı kurt saptamışlardır. Bölgede hayvancılığın ve tarımın yaygın olarak yapılması ve akarsu etrafının otlak alanı olarak kullanılması, tespit edilen protozoonların belirli dönemlerde fazla görülmesinin başlıca nedenleri olduğunu belirtmiştir. Aynı şekilde, Terme ve Kocaman Çayı havzasında yapılan bir çalışmada, *Cryptosporidium* spp., *Cyclospora* spp., *Strongyloides* spp., *Microsporidia* sporu, *Blastocystis* spp., *Chilomastix* spp., *Balantidium* spp., *Giardia* spp. ve kancalı kurt yumurtaları tespit edilmiştir. Çalışmada, tarımda, sanayide ve evsel kullanımda ihtiyaç duyulan suyun, potansiyel kullanım kriterleri doğrultusunda patojen mikroorganizmalardan arındırılmış olması gerektiği vurgulanmıştır (Karaman ve ark., 2017a). Yeşilirmak Nehri ve Tersakan Çayı'ndaki *Cryptosporidium* kontaminasyonunun incelendiği çalışmada ise, hayvan besiciliğinin, akarsulara çok yakın yerleşim yerlerine ait evsel ve tarımsal atıkların hiçbir işleme tabi tutulmadan Tersakan Çayı'na deşarj

edilmesinin, bu akarsuda *Cryptosporidium* kontaminasyonunun daha fazla olmasına neden olduğu bildirilmiştir (Kolören ve ark., 2017).

Tüm bu çıkarımlar, Terme Çayı'nın, yukarı havzasında zirai faaliyetler, aşağı havzasında ise yerleşim alanlarından kaynaklı hem çeşitli parazitler hem de FIB kontaminasyonundan etkilendiğini göstermektedir. Dışkı koliform konsantrasyonlarının artışı tarım girdilerinin yoğunluğuyla açıklanabilir. Akarsu alanlarının hayvan girişinden yeterince korunmaması ve yetersiz çiftlik avlusu atık yönetimi nedeniyle dışkıyla kirlenmiş suların noktasal kaynak katkılarının akarsu kirlenmesine önemli ölçüde katkıda bulunduğu görülmüştür. Yine, akarsuyun çevresinde, akış yönünde besi hayvanlarının otlatılması ve besi hayvanı yetiştiriciliğinin etkisi ve organik atıkların (bulamaç ve gübre) havza topraklarına uygulanması, geniş alanları etkileyebilecek önemli miktarda dışkı koliform bakteri rezervuarı oluşturma potansiyeline sahiptir. Bu sonuçlar, bakteriyel su kalitesinin havza anlayışını iyileştirme gerekliliğini açıkça ortaya koymaktadır.

Kentsel yerüstü su kütleleri, içme suyu üretimi, sulama ve rekreasyonel su kullanımı için önemli kaynaklardır. Yüzey sularının suyla taşınan patojenlerle, dışkıyla kirlenmesi, potansiyel enfeksiyon risklerine ve suyla taşınan hastalık salgınlarına yol açabilir. Özellikle akarsuyun denize deşarj bölgesinde rekreasyon alanı olarak kullanılan alanlarda yüzme suyunda meydana gelen bakteri kontaminasyonu önemli sağlık problemlerine yol açabilir. Denizel rekreasyon alanlarında karasal kirlilik kaynaklarının bakteriolojik kontaminasyona yol açarak halk sağlığı, ekoloji ve çevre açısından istenmeyen durumlar oluşturduğu (Çiftçi Türetken ve Altuğ, 2016), akarsuyun denize döküldüğü noktada tespit edilen bakteri konsantrasyonunun ise açık sudakinden daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Hulyar ve Altuğ, 2020). Ayrıca, su kirliliğinin artmasıyla, Marmara Denizi'nde olduğu gibi diğer denizlerde de görülebilen ve önemli bir çevre problemi olan müsilağın, *EC* gibi bakteriler bakımından zenginleştiği, bunun da deniz yaşamını tehdit ettiği belirtilmiştir (Yümün ve ark., 2023).

Sonuç

Bu çalışma, Terme Çayı'nın mikrobiyolojik kalite değerlendirilmesine odaklanmaktadır. Terme Çayı'nda mevsimlere ve istasyonlara bağlı olarak bakteri türlerinde ve yoğunluklarında mevsimsel dalgalanmalar gözlenmiştir. *EC* ve *CP* kış sezonunda yüksek iken, TK sayısının sonbaharda diğer mevsimlere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Aşağı akış yönünde ise akarsuyun mikrobiyal kirliliğinin arttığı belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, akarsuyun fekal kirlilikle kontamine olduğu gösterilmiştir. SKKY (2004)'ye göre bak-

teriyolojik parametre bakımından Terme Çayı II. Sınıf su kalitesinde “az kirlenmiş su” özelliği taşımaktadır. Deşarj bölgesinde FIB konsantrasyonunun artması rekreasyon için kullanılan plaj alanında risk teşkil edebilir. Bu durum Terme Çayı'nın üst havzasından alt havzasına kadar dışkı kirliliğinden korunma önlemlerine ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir. Çünkü insanların akarsuyu doğrudan ya da dolaylı olarak kullanımı arttıkça, kontamine su ile temastan ve kontamine balıkları yemekten kaynaklanan su kaynaklı hastalıkların insidansı artacaktır. Noktasal ve yayılı kaynaklar nedeniyle yerüstü su kütlelerinin sürekli kirlenmesi göz önüne alındığında, özellikle tatlı su kaynaklarının korunması ve yönetilmesi gerekmektedir. Tüm insanlar güvenli su kaynaklarına ulaşma hakkına sahip olmalıdır. Temiz su, insan kullanımı ve dengeli ekosistem için gereklidir.

Etik Standartlar ile Uyumluluk

Çıkar çatışması: Yazarlar herhangi bir çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

Etik kurul izni: Araştırma niteliği bakımından etik izin gerektirmemektedir.

Finansal destek: Bu araştırma Giresun Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Ofisi tarafından finanse edilmiştir. #FEN-BAP-A-150219-30

Teşekkür: Ordu Halk Sağlığı Laboratuvarı'na, Biyolog Bülent Kaynak ve Biyolog Kasım DEMİR'e analizlerdeki destekleri için teşekkür ederiz

Açıklama: -

Kaynaklar

Akkan, T., Çolaker, F. (2020). Determining the level of bacteriological pollution level in Gelevera Creek, Giresun. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 5(4), 691-695.

<https://doi.org/10.35229/jaes.818132>

Armah, F.A. (2014). Relationship between coliform bacteria and water chemistry in groundwater within gold mining environments in Ghana. *Water Quality, Exposure, and Health*, 5(4), 183-195.

<https://doi.org/10.1007/s12403-014-0110-1>

Arnold, B.F., Schiff, K.C., Ercumen, A., Benjamin-Chung, J., Steele, J.A., Griffith, J.F., ..., Colford Jr, J.M.

(2017). Acute illness among surfers after exposure to seawater in dry-and wet-weather conditions. *American Journal of Epidemiology*, 186(7), 866-875.

<https://doi.org/10.1093/aje/kwx019>

Aydin, H., Ustaoglu, F., Tepe, Y., Soyulu, E.N. (2021). Assessment of water quality of streams in northeast Turkey by water quality index and multiple statistical methods. *Environmental Forensics*, 22(1-2), 270-287.

<https://doi.org/10.1080/15275922.2020.1836074>

Başören, Ö., Kazancı, N. (2015). The Distributional data of Simuliidae (Insecta, Diptera) species in Yeşilirmak River (Turkey). *Transylvanian Review of Systematical & Ecological Research*, 17(1), 29-38.

<https://doi.org/10.1515/trser-2015-0046>

Bat, L., Öztekin, A., Şahin, F., Arıcı, E., Özсандıkçı, U. (2018). An overview of the Black Sea pollution in Turkey. *Mediterranean Fisheries and Aquaculture Research*, 1(2), 66-86.

Blöschl, G., Hall, J., Viglione, A., Perdigão, R.A., Parajka, J., Merz, B., ..., Živković, N. (2019). Changing climate both increases and decreases European river floods. *Nature*, 573(7772), 108-111.

<https://doi.org/10.1038/s41586-019-1495-6>

Boithias, L., Ribolzi, O., Lacombe, G., Thammahacksa, C., Silvera, N., Latschack, K., Souleuth, B., Viguiet, M., ..., Rochelle-Newall, E. (2021). Quantifying the effect of overland flow on *Escherichia coli* pulses during floods: Use of a tracer-based approach in an erosion-prone tropical catchment. *Journal of Hydrology*, 594, 125935.

<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125935>

Çiftçi Türetken, P.S., Altuğ, G. (2016). Bacterial pollution, activity and heterotrophic diversity of the northern part of the Aegean Sea, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188, 127.

<https://doi.org/10.1007/s10661-016-5109-6>

Derx, J., Kılıç, H. S., Linke, R., Cervero-Aragó, S., Frick, C., Schijven, J., ..., Farnleitner, A. H. (2023). Probabilistic fecal pollution source profiling and microbial source tracking for an urban river catchment. *Science of The Total Environment*, 857, 159533.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159533>

Dindar, E. (2019). İçme suyu kaynaklarında hidrodinamik kaviteasyon yöntemi ile mikrobiyal kirlilik giderimi. *Toprak Su Dergisi*, 8(1), 39-45.

<https://doi.org/10.21657/topraksu.544670>

Gündoğdu, A., Çarlı, U. (2020a). Microbiological pollution and some physicochemical properties of sıkaraağaçlar creek in sinop (Black Sea-Turkey). *Cumhuriyet Science Journal*, 41(3), 580-593.

<http://dx.doi.org/10.17776/csj.672225>

Gündoğdu, A., Çarlı, U. (2020b). Sinop Karasu Çayı fiziko-kimyasal özellikleri ve mikrobiyolojik kirliliğinin araştırılması. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 25(2), 284-299.

<https://doi.org/10.37908/mkutbd.690179>

Henjum, M.B., Hozalski, R.M., Wennen, C.R., Arnold, W., Novak, P.J. (2010). Correlations between in situ sensor measurements and trace organic pollutants in urban streams. *Journal of Environmental Monitoring*, 12(1), 225-233.

<https://doi.org/10.1039/B912544B>

Hulyar, O., Altuğ, G. (2020). The bacteriological risk transported to seas by rivers; the example of Çırpıcı River, the Sea of Marmara. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 7(1), 45-53.

<https://doi.org/10.30897/ijgeo.704260>

Kalkan, S., Altuğ, G. (2020). The composition of cultivable bacteria, bacterial pollution, and environmental variables of the coastal areas: An example from the Southeastern Black Sea, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192, 356.

<https://doi.org/10.1007/s10661-020-08310-5>

Karaman, U., Koloren, Z., Ayaz, E., Demirel, E., Seferoğlu, O. (2017a). The Protozoa and helminths in the water of Terme and Kocaman Boroughs of Samsun Province. *Journal of Turgut Ozal Medical Center*, 24(4), 472-476.

<https://doi.org/10.5455/jtomc.2017.09.124>

Karaman, Ü., Kolören, Z., Seferoğlu, O., Ayaz, E., Demirel, E. (2017b). Samsun il ve ilçelerinden alınan çevresel sularda parazitlerin varlığı. *Türkiye Parazitoloji Dergisi*, 41, 19-21.

Kaappinen, A., Al-Hello, H., Zacheus, O., Kilponen, J., Maunula, L., Huusko, S., ..., Rimhanen-Finne, R. (2017). Increase in outbreaks of gastroenteritis linked to bathing water in Finland in summer 2014. *Eurosurveillance*, 22(8), 30470.

<https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2017.22.8.30470>

Kaushal, S.S., Belt, K.T. (2012). The urban watershed continuum: evolving spatial and temporal dimensions. *Urban Ecosystems*, 15(2), 409-435.

<https://doi.org/10.1007/s11252-012-0226-7>

Kolören, Z., Delioğlu, B. K., Taş, B. (2017). Detection of *Cryptosporidium* oocysts by loop mediated isothermal amplification (LAMP) in surface water from River Yeşilirmak and Stream Tersakan (Samsun-Amasya). *Anadolu University Journal of Science and Technology C-Life Sciences and Biotechnology*, 6(1), 31-37.

<https://doi.org/10.18036/aubtdc.269434>

Kolören, Z., Taş, B., Kaya, D. (2011a). Gaga Gölü (Ordu, Türkiye)'nün mikrobiyolojik kirlilik seviyesinin belirlenmesi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 2(1), 74-85.

Kolören, Z., Demirel, E., Taş, B. (2011b). Ulugöl (Ordu, Türkiye)'de fekal kirlilik indikatörü bakterilerin tespiti. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 4(2), 151-156.

Kolören, Z., Kaya, D. (2012). Fecal pollution in rural water supplies of Ordu, at the Mid-Black Sea Coast of Turkey: The effect of climate and environmental elements. *Energy Education Science and Technology Part A: Energy Science and Research*, 28(2), 869-878.

Koo, B.S., Hwang, E.H., Kim, G., Park, J.Y., Oh, H., Lim, K.S., ..., Hong, J.J. (2020). Prevalence and characterization of *Clostridium perfringens* isolated from feces of captive cynomolgus monkeys (*Macaca fascicularis*). *Anaerobe*, 64, 102236.

<https://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2020.102236>

Li, E., Saleem, F., Edge, T.A., Schellhorn, H.E. (2021). Biological indicators for fecal pollution detection and source tracking: A review. *Processes*, 9(11), 2058.

<https://doi.org/10.3390/pr9112058>

Li, S., Wengang, S., Yufa, Z., Yujing, T., Yanxia, G., Zengmin, M. (2015). Spread of extended spectrum beta-lactamase-producing *Escherichia coli* from a swine farm to the receiving river. *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 13033-13037.

<https://doi.org/10.1007/s11356-015-4575-7>

Lintern, A., Webb, J.A., Ryu, D., Liu, S., Waters, D., Leahy, P., Bende-Michl, U., Western, A.W. (2018). What are the key catchment characteristics affecting spatial differences in riverine water quality? *Water Resources Research*, 54(10), 7252-7272.

<https://doi.org/10.1029/2017WR022172>

Mallin, M. A., Williams, K. E., Esham, E. C., & Lowe, R. P. (2000). Effect of human development on bacteriological water quality in coastal watersheds. *Ecological Applications*, 10(4), 1047-1056.

[https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2000\)010\[1047:EO-HDOB\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2000)010[1047:EO-HDOB]2.0.CO;2)

Mallin, M.A., Ensign, S.H., McIver, M.R., Shank, G.C., Fowler, P.K. (2001). Demographic, landscape, and meteorological factors controlling the microbial pollution of coastal waters. *The Ecology and Etiology of Newly Emerging Marine Diseases* (pp. 185-193). Springer, Dordrecht.

https://doi.org/10.1007/978-94-017-3284-0_17

MGM (2020). Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Meteoroloji 10. Bölge (Samsun) Müdürlüğü, Samsun.

Neill, M. (2004). Microbiological indices for total coliform and *E. coli* bacteria in estuarine waters. *Marine Pollution Bulletin*, 49(9-10), 752-760.

<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2004.05.016>

Paule-Mercado, M.A., Ventura, J.S., Memon, S.A., Jahng, D., Kang, J.H., Lee, C.H. (2016). Monitoring and predicting the fecal indicator bacteria concentrations from agricultural, mixed land use and urban stormwater runoff. *Science of the Total Environment*, 550, 1171-1181.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.026>

Reynolds, L.J., Martin, N.A., Sala-Comorera, L., Callanan, K., Doyle, P., O'Leary, C., ..., Meijer, W.G. (2021). Identifying sources of faecal contamination in a small urban stream catchment: a multiparametric approach. *Frontiers in Microbiology*, 12, 1580.

<https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.661954>

Rosi-Marshall, E.J., Snow, D., Bartelt-Hunt, S.L., Paspalof, A., Tank, J.L. (2015). A review of ecological effects and environmental fate of illicit drugs in aquatic ecosystems. *Journal of Hazardous Materials*, 282, 18-25.

<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2014.06.062>

Savichtcheva, O., Okabe, S. (2006). Alternative indicators of fecal pollution: relations with pathogens and conventional indicators, current methodologies for direct pathogen monitoring and future application perspectives. *Water Research*, 40(13), 2463-2476.

<https://doi.org/10.1016/j.watres.2006.04.040>

Saxena, G., Bharagava, R.N., Kaithwas, G., Raj, A. (2015). Microbial indicators, pathogens and methods for their monitoring in water environment. *Journal of Water and Health*, 13(2), 319-339.

<https://doi.org/10.2166/wh.2014.275>

Scott, A., Tien, Y.C., Drury, C.F., Reynolds, W.D., Topp, E. (2018). Enrichment of antibiotic resistance genes in soil receiving composts derived from swine manure, yard wastes, or food wastes, and evidence for multiyear persistence of swine *Clostridium* spp. *Canadian Journal of Microbiology*, 64(3), 201-208.

<https://doi.org/10.1139/cjm-2017-0642>

Şener, Ş., Şener, E., Varol, S. (2020). Hydro-chemical and microbiological pollution assessment of irrigation water in Kızılırmak Delta (Turkey). *Environmental Pollution*, 266, 115214.

<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115214>

Shanks, O.C., Nietch, C., Simonich, M., Younger, M., Reynolds, D., & Field, K.G. (2006). Basin-wide analysis of the dynamics of fecal contamination and fecal source identification in Tillamook Bay, Oregon. *Applied and Environmental Microbiology*, 72(8), 5537-5546.

<https://doi.org/10.1128/AEM.03059-05>

Sknavis, C., Yanko, W.A. (2001). *Clostridium perfringens* as a potential indicator for the presence of sewage solids in marine sediments. *Marine Pollution Bulletin*, 42(1), 31-35.

[https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(00\)00087-4](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(00)00087-4)

SKKY (2004). Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği. 31.12.2004 Tarih ve 25687 Sayılı Resmî Gazete, Ankara.

Sorensen, D.L., Eberl, S.G., Dicksa, R.A. (1989). Clostridium perfringens as a point source indicator in non-point polluted streams. *Water Research*, 23(2), 191-197. [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(89\)90043-2](https://doi.org/10.1016/0043-1354(89)90043-2)

Stelma, G.N. (2018). Use of bacterial spores in monitoring water quality and treatment. *Journal of Water and Health*, 16(4), 491-500. <https://doi.org/10.2166/wh.2018.013>

Taş, B., Kolören, Z. (2017). Evaluation of water qualities of discharging area of some running waters into Black Sea in the Central Black Sea Region of Turkey. *Review of Hydrobiology*, 10(1), 1-19.

Taş, B., Tepe, Y., Ustaoglu, F., Alptekin, S. (2019). Benthic algal diversity and water quality evaluation by biological approach of Turnasuyu Creek, NE Turkey. *Desalination and Water Treatment*, 155, 402-415. <https://doi.org/10.5004/dwt.2019.24225>

Taş, B., Yılmaz, Ö., Ustaoglu, F. (2021). Ilıman bir Türkiye nehir havzasında dere su kalitesinin çok değişkenli analiz ve biyolojik yaklaşımlarla değerlendirilmesi. *Acta Aquatica Turcica*, 17(1), 34-55. <https://doi.org/10.22392/actaquat.751773>

Tepe, Y., Şimşek, A., Ustaoglu, F., Taş, B. (2022). Spatial-temporal distribution and pollution indices of heavy metals in the Turnasuyu Stream sediment, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(11), 818. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10490-1>

Titilawo, Y., Obi, L., Okoh, A. (2015). Occurrence of virulence gene signatures associated with diarrhoeagenic and non-diarrhoeagenic pathovars of *Escherichia coli* isolates from some selected rivers in South-Western Nigeria. *BMC Microbiology*, 15, 204. <https://doi.org/10.1186/s12866-015-0540-3>

TS EN ISO 6222. (1999). Su kalitesi - Kültürü yapılabilen mikroorganizmaların sayımı - Agar besiyerinde aşılama ile koloni sayımı.

TS EN ISO 9308-1. (2014). Su Kalitesi-*Escherichia coli* ve

koliform bakterilerin tespiti ve sayımı-Bölüm 1: Membranla süzme yöntemi.

UN (2019). World Urbanization Prospects: The 2018 Revision. Department of Economic and Social Affairs, Population Division (ST/ESA/SER.A/420). New York: United Nations. Ustaoglu, F., Kükrer, S., Taş, B., Topaldemir, H. (2022). Evaluation of metal accumulation in Terme River sediments using ecological indices and a bioindicator species. *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 47399-47415. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19224-9>

Ustaoglu, F., Taş, B., Tepe, Y., Topaldemir, H. (2021). Comprehensive assessment of water quality and associated health risk by using physicochemical quality indices and multivariate analysis in Terme River, Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(44), 62736-62754. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15135-3>

Wang, G., Paredes-Sabja, D., Sarker, M. R., Green, C., Setlow, P., Li, Y.Q. (2012). Effects of wet heat treatment on the germination of individual spores of *Clostridium perfringens*. *Journal of Applied Microbiology*, 113(4), 824-836. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2012.05387.x>

Wang, J., Deng, Z. (2019). Modeling and predicting fecal coliform bacteria levels in oyster harvest waters along Louisiana Gulf coast. *Ecological Indicators*, 101, 212-220. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.01.013>

Yüksel, B., Ustaoglu, F., Arica, E. (2021). Impacts of a garbage disposal facility on the water quality of çavuşlu stream in Giresun, Turkey: A health risk assessment study by a validated ICP-MS assay. *Aquatic Sciences and Engineering*, 36(4), 181-192. <https://doi.org/10.26650/ASE2020845246>

Yümün, Z.E., Kam, E., Önce, M. (2023). Marmara Denizi'nde deniz salyası (müsilaj) oluşma nedenleri ve alınması gereken önlemler. *Çevre Şehir ve İklim Dergisi*, 2(3), 98-115.

Zhang, Z., Deng, Z., Rusch, K. A. (2015). Modeling fecal coliform bacteria levels at Gulf Coast Beaches. *Water Quality, Exposure and Health*, 7(3), 255-263. <https://doi.org/10.1007/s12403-014-0145-3>