

Sanitasyon ve Atık Yönetimi

Naim Nur¹

Özet

Yeterli ve uygun sanitasyon hizmetlerine erişim ile katı atıkların güvenli biçimde bertaraf edilmesi, halk sağlığının korunmasında hayati bir öneme sahiptir. Bu durum, çevresel felaketler ile halk sağlığı acil durumlarında daha da önem kazanmaktadır.

Acil durumlarda mevcut atık toplama ve bertaraf sistemleri aksayabilmekte, buna ek olarak afetin kendisi yeni atık oluşumuna yol açabilmektedir. Katı atıkların zamanında ve uygun şekilde yönetilmemesi, ciddi sağlık risklerine neden olmakta ve krizden etkilenen toplumlarda psikososyal olumsuzlukları artırabilmektedir. Bu bölüm, afet sürecinde ve hemen sonrasında katı atık yönetimine ilişkin temel yaklaşımları özetlemektedir.

1. Giriş

Sanitasyon; toplum sağlığının korumasını temel alan güvenli içme-kullanma suyunun sağlanması, hijyen yaklaşımları ve toplumsal atıkların giderilmesini hedefleyen ve dolayısıyla çevresel hastalık risk faktörlerinin kontrol altına alınmasını sağlayan uygulamalardır (Güler, 2020). Atık yönetimi ise sıvı, katı vb. formlardaki atıkların toplanma, taşınma, işleme ve bertaraf edilme döngüsünü ifade eder (Tchobanoglous et al., 2014).

Olağan durumlarda sanitasyon ve atık yönetimi, toplum sağlığının korunması, geliştirilmesi ve sürdürülmesi bakımından en önemli yaklaşımlardan birini temsil etmektedir. Halihazırda düzensiz ve hızlı kentleşme ile birlikte giderek miktarı artan atıkların bertaraf edilmesi ile ilgili yönetim süreçlerini daha da karmaşık hale getirmektedir (Mercan ve ark., 2023).

Günümüzde global çapta yaklaşık 3,6 milyar insanın güvenli su ve sanitasyon hizmetlerinden yoksun olduğu rapor edilmektedir (World Health

1 Prof. Dr., Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Tıp Fakültesi Halk Sağlığı ABD,
email: naimnur@yahoo.com, ORCID: 0000-0002-7675-9342

Organization [WHO], 2020). Bu durum, sanitasyon eksikliğinde ortaya çıkan hastalıkların çoğalmasına ve sağlık örgütleri üzerindeki yükün artmasına yol açmaktadır (United Nations Children's Fund [UNICEF], 2022). Bununla birlikte kapsam alanı gittikçe genişleyen sağlık hizmetlerinin ortaya çıkardığı tıbbi atık miktarı da çevresel sağlık risklerinin artmasına katkıda bulunmaktadır (Agyekum & Ansah, 2022).

Deprem, sel, savaş, vb afet durumlarında sanitasyon ve atık yönetimi, toplum sağlığının sürdürülmesinde kritik bir öneme sahip olmaktadır. Olağan koşullara nazaran afet sonrası ortaya çıkan atık miktarı önemli ölçüde artış gösterir. Bu durum, sanitasyon uygulamaları devreye sokulmadığında ya da geç sokulduğunda, sağlığı ciddi şekilde tehdit eden epidemiyolojik risklerin artmasına yol açar (Kaplancı, 2024; Küçük, 2023). Dolayısıyla afet sonrasında sanitasyon ve hijyen yetersizliğine bağlı ortaya çıkan hastalıkların önlenmesi için güvenli içme-kullanma suyunun yeterli miktarda sağlanması ve atıkların güvenli bir şekilde bertaraf edilmesi süreci afet yönetiminin temel bileşenlerini oluşturmaktadır (Türkiye Klinikleri, 2025; WHO, 2013).

1.1. Afet Durumlarında Sanitasyon Bileşenleri

Afet durumlarında sanitasyonun temel bileşenleri aşağıdaki gibidir;

- Güvenli içme-kullanma suyunun sağlanması
- Tuvalet sistemlerinin kurulması
- Katı ve sıvı atıkların bertaraf edilmesi
- Hijyen eğitiminin verilmesi

Yetersiz sanitasyon, kontamine su kaynaklı hastalıkların yayılmasına neden olur. WASH (Water, Sanitation and Hygiene) yaklaşımı, temiz su, hijyen ve sanitasyon hizmetlerinin birlikte ele alınmasını önerir (WHO, 2020).

2. Acil Tuvalet Sistemleri

Acil tuvalet sistemleri, deprem, sel, kasırga gibi doğal afetler ya da savaşlar ve kitlesel göç hareketlerinin yol açtığı mülteci krizleri gibi olağandışı durumlarda kendini gösteren ve hızlı şekilde çözülmesi gereken, kalıcı kanalizasyon altyapısının bulunmadığı veya işlevini yitirdiği durumlarda sanitasyon ihtiyacını gidermek amacıyla hemen kurulabilen geçici altyapılardır. Bu tür sistemler, insan dışkısının toplanmasını ve güvenli şekilde bertaraf edilmesini sağlayarak toplum sağlığının korumasını hedeflemektedir (Sphere Association, 2018; WHO, 2020).

Afet gibi olağandışı durumlarda sanitasyon uygulamaları daha da bozulabilirken, buna aynı zamanda sanitasyona yönelik sağlık hizmetlerinin yetersizliği de eklenirse, ciddi toplum sağlığı krizleri ortaya çıkabilmektedir. Yapılan çalışmalarda, hijyen eksikliğinin akut gastroenterit, dizanteri, kolera ve tifüs gibi hastalıkların hızla yayılmasına neden olduğu bildirilmektedir (Prüss-Ustün et al., 2019). Yine mültecilerin yaşamak zorunda kaldığı konteynır veya çadır kentler gibi yoğun nüfus içeren geçici yerleşim alanlarında acil tuvalet sistemlerinin devreye girmemesi durumunda, benzer sağlık sorunlarının ortaya çıkması zemin söz konusudur (UNICEF, 2022).

Acil tuvalet sistemlerinin hızlı bir şekilde kurulması toplumun fiziksel, sosyal ve psikolojik sağlığı bakımından çok önemli bir role sahiptir. Hem kadınlar hem de çocuklar için özellikle mahremiyetin korunması için güvenli kullanım alanlarının oluşturulması, toplumsal huzur ortamının sağlanması ve sürdürülmesi açısından kritik bir rol oynar (Sphere Association, 2018). Bundan dolayı acil tuvalet sistemlerinin kurulması salt teknik bir altyapı sorunu olmayıp, aynı zamanda insanların yaşam kalitesini sürdüren bir hizmet olarak kabul edilmelidir. Ayrıca afet yönetiminin erken müdahale aşamalarında öncelikli hizmetlerden biri olan acil tuvalet sistemlerinin kurulması, yanı sıra güvenli içme-kullanma suyunun ilk 24–72 saat içinde sağlanması ile birlikte değerlendirildiğinde, afet olaylarına sekonder ortaya çıkabilen hastalık riskini büyük ölçüde azaltmaktadır (WHO, 2020).

2.1. Acil Tuvalet Sistem Türleri

Acil tuvalet sistemleri, çevresel koşullar, nüfus yoğunluğu, kullanım süresi ve afetlerden etkilenen toplumsal altyapının mevcut durumuna göre farklı türlerde tasarlanıp kurulmaktadır. Farklı tasarımların seçimi hem teknik uygunluk hem de sürdürülebilirlik açısından yapılmaktadır. Aşağıda acil durumlarda kullanılan tuvalet sistemlerinin özellikleri Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Acil durumlarda kullanılan tuvalet sistemlerinin özellikleri

Tuvalet Tipi	Özellikleri	Kullanım Alanı
Çukur (Pit)	Basit, hızlı kurulum	Kırsal bölgeler
Taşınabilir	Mobil, geçici	Kamp yerleşkeleri
Kompost	Çevre dostu	Uzun süreli iskan alanları
Kimyasal	Koku kontrolü	Yoğun nüfuslu alanlar

2.1.1. Çukur (Pit) Tuvaletler

Çukur (pit) tuvaletler, en yaygın kullanılan sistemlerden biridir. Bu sistemler, toprağa açılan çukurun üstüne basit bir kabin yerleştirmek suretiyle hizmet vermektedir. Çok düşük bir maliyete sahip olması ve kurulumunun hızlı olabilmesi itibarıyla, özellikle kırsal bölgelerde tercih edilmesine karşın, yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu alanlarda sızıntı olasılığından dolayı tatlı su kaynaklarında kontaminasyona neden olabilmektedir (Franceys et al., 1992). Bunun yanı sıra çukurların hızlı dolması ve pis koku yayması gibi olumsuz özellikleri de mevcuttur.

2.1.2. Kimyasal Tuvaletler

Taşınabilir nitelikte olan bu tarz tuvaletler kısa süreliğine yapılan etkinlikler ve acil durumlar için tercih edilmektedir. Bu tür tuvalet sistemlerinde atıklar, tanklarda depolanmakta ve kimyasal dezenfektanlarla muamele edilip belirli aralıklarla boşaltımı yapılmaktadır. Kimyasal tuvaletler, bazı hastalık risk faktörlerinin kontrol altına alınmasında etkili olmasına karşın, kimyasal madde kullanımına bağlı olarak ortaya çıkabilecek çevresel etkiler nedeniyle dikkatli olunmalıdır (WHO, 2014).

2.1.3. Kompost Tuvaletler

Kompost tuvalet sisteminde atıklar, kontrollü biyolojik süreçler ile parçalanarak kompost (organik gübre) haline dönüştürülmektedir. Bu nedenle alternatifler arasında çevre dostu olarak anılmaktadır. Bu tuvalet sistemlerinde su kullanımına ihtiyaç duyulmaması ve atıkların geri dönüşüme kazandırılması nedeniyle sürdürülebilir bir yöntem olarak değerlendirilmektedir (Jenkins, 2005). Bu sistemlerin etkinliği uygun bakım ve doğru kullanım ile artırılabilir.

2.1.4. Mobil Tuvalet Sistemleri

Mobil tuvalet sistemleri uzun süreli kullanımlar için tasarlanmış gelişmiş sistemlerdir. Bu tür tuvalet sistemleri genellikle prefabrik yapılardır. Su bağlantısının yanı sıra aydınlatma ve havalandırma gibi özellikleri de mevcuttur. Mobil tuvalet sistemleri daha çok büyük afetler sonrasında şehirlerde kurulan geçici yerleşim alanlarında tercih edilmektedir. Mobil konteyner tuvalet sistemleri, kullanıcı bakımından daha yüksek konfor standartları sunmaktadır (United Nations High Commissioner for Refugees [UNHCR], 2020).

2.1.5. Vakumlu Tuvalet Sistemleri

Son yıllarda afet durum yönetiminde vakumlu tuvalet sistemleri ve konteyner bazlı sanitasyon çözümleri de hizmete sunulmaktadır. Hijyen ve lojistik avantajlar sağlaması bakımından bu tür tuvalet sistemleri, özellikle yüksek yoğunluklu yerleşimlerde kullanılmaya başlanmıştır (Tilley et al., 2014).

2.2. Acil Tuvalet Tasarım İlkeleri

Acil tuvalet sistemlerinin etkinliği büyük ölçüde, bu sistemlerin tasarlanmasında ve planlanmasında çevresel durum, teknik altyapı durumu ve yararlanıcılarla ilgili faktörlerin birlikte değerlendirilmesine bağlıdır.

Öncelikle ele alınması gereken nokta, tuvalet sistemlerinin uygun yere konumlandırılması işlemidir. Acil tuvalet sistemleri, su kaynaklarının kirlenmesini önlemek için içme suyu kaynaklarından en az 30 metrelik bir mesafe korunarak konumlandırılmalıdır. Ayrıca kötü kokulardan etkilenmemek için yerleşim alanlarındaki rüzgarın yönü dikkate alınarak konumlandırma yapılmalıdır. Bu yaklaşım, hijyen sorunlarının azaltılmasında etkili olmaktadır (Sphere Association, 2018).

Acil tuvalet sistemlerinin tasarımında yeraltı suyunun konumu önemli bir faktördür. Bunun için yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu bölgelerde çukur tuvalet sistemlerinde sızdırmaz yapıların tercih edilmesi gereklidir. Aksi takdirde yeraltı suyunun kontamine olması ve sekonder sağlık sorunlarının oluşma risklerinin artmasına yol açabilir (WHO, 2014).

Acil tuvalet sistemlerinin tasarımında sistemin sürdürülebilirliği bakımından diğer önemli bir nokta kapasite planlamasının doğru yapılmasıdır. Uluslararası standartlar göz önünde bulundurulduğunda bir tuvaletin en fazla 20 kişi tarafından kullanılmasının sağlanması gerekir.

Dolayısıyla tuvalet sayısının yeterli miktarda kurulmasının sağlanması, bu durum mümkün değilse temizlik sıklığının artırılması gereklidir (Sphere Association, 2018).

Acil tuvalet sistemlerinin başarısında doğru tasarım ve planlama kadar hijyene yönelik uygulamalar da önemli bir role sahiptir. Bunun için tuvalet sistemlerinin el yıkama ünitelerini içermesi, bu ünitelerde yeterli miktarda temiz su ve sabun temin edilmesi gerekmektedir. Zira el hijyeninin sağlanması durumunda kimi sağlık problemlerinin %40 kadar azaltılabileceği bazı araştırmalarda gösterilmiştir (Curtis & Cairncross, 2003).

Acil tuvalet sistemlerinin tasarımında kullanıcı güvenliğini ve mahremiyetini sağlayacak özellikler ele alınmalıdır. Örneğin gece kullanımı için yeterli

aydınlatma sağlanmalı, çocuk ve kadınların rahat kullanabileceği ayrı alanların oluşturulması ve güvenli ulaşımı yollarının tasarlanması gerekir (UNICEF, 2022). Ayrıca acil tuvalet sistemlerinin kısa sürede işlevsiz hale gelmesini engellemek bakımından düzenli izleme ve bakım süreci de tasarımın ayrılmaz bir parçasıdır. Bunun için atıkların düzenli olarak boşaltılması ve temizlik işlemlerinin uygun bir şekilde yapılması gerekmektedir (Tilley et al., 2014).

3. Acil Durumlarda Katı Atık Yönetimi

Katı atık yönetimi olağan koşullarda; üretim, toplama, taşıma, geri kazanım ve bertaraf aşamalarını içeren sistematik bir süreç olarak ifade edilmektedir (Tchobanoglous, Kreith, & Williams, 2014). Halihazırda katı atıkların bertaraf edilmesi süreci, toplumların maruz kaldığı ve çözümlenmesinde önemli çevresel güçlüklerle mücadele edildiği bir durum iken, afet gibi olağan dışı durumlarda ise çok yıkıcı bir halk sağlığı sorunu olarak öne çıkmaktadır. Deprem, sel, heyelan, savaş ve kitlesel göç gibi olağandışı durumlarda katı atık yönetim süreçleri ciddi şekilde hasarlanmakta ve işlevsiz hale gelebilmektedir. Dolayısıyla kısa süre zarfında çözümlenmesi mümkün olmayan çok büyük miktarda düzensiz katı atık ortaya çıkabilmektedir. Bu durum özellikle yoğun nüfus barındıran geçici yerleşim alanlarında hastalık yapıcı faktörlerin ortaya çıkmasına zemin hazırlamaktadır (WHO, 2020; UNICEF, 2022).

3.1. Afetlerde Oluşan Katı Atık Türleri

Afet sonrası oluşan katı atıklar, Tablo 2’de gösterildiği gibi, yapı ve kaynak bakımından farklı kategorilere sınıflandırılmaktadır. Bu şekildeki sınıflandırma yönetim stratejilerinin etkinliği açısından değerlidir.

Tablo 2. Afet Sonrası Oluşan Katı Atık Türleri

Atık Türü	Kaynak	Risk Düzeyi	Yönetim Yöntemi
Ambalaj	Yardımlar malzemeleri	Düşük	Geri dönüşüm
Yıkıntı/Moloz	Deprem, savaş	Orta	Geri kazanım, depolama
Organik	Gıda, kamp alanları	Yüksek	Kompost, hızlı bertaraf
Kimyasal	Endüstri	Çok yüksek	Kontrollü imha

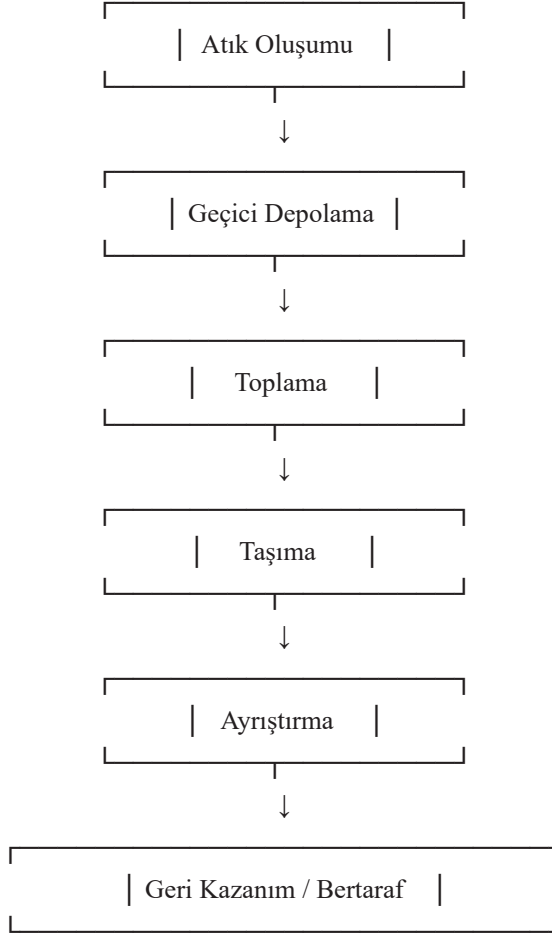
(Brown, Milke, & Seville, 2011; UNEP, 2021)

Özellikle deprem gibi afet olaylarından sonra oluşan atıkların büyük kısmını genellikle moloz haline gelmiş yıkıntılar oluşturmaktadır ve bazen bu oran %50’nin üzerine çıkabilmektedir (Brown et al., 2011). Bunun yanı sıra afet olaylarından sonra oluşturulan geçici yaşam alanlarından kaynaklı organik atıklar da sağlık riskleri oluşturacak miktarda birikmektedir.

3.2. Acil Durumlarda Katı Atık Yönetim Süreci

Olağan durumlardaki klasik sistemlerden farklı olarak acil durumlarda katı atık yönetimi, daha hızlı hareket etmeyi, esnek davranmayı ve pratik çözümler üretmeyi gerektiren bir süreçtir. Bu sürecin temel işleyiş aşamaları aşağıda Şekil 1'de gösterilmektedir.

Şekil 1. Katı Atık Yönetim Süreci



Katı atık yönetim sürecinin öncelikli aşaması atıkların kontrolsüz birikimini engellemektir. Bu bakımdan katı atıkların ilk 72 saat içerisinde düzenli olacak şekilde toplanması, sağlık risk faktörlerinin ortaya çıkmasını önleyeceği için toplum sağlığı açısından büyük önem arz etmektedir (WHO, 2020). Yine çevresel risk faktörlerinin azaltılması için su kaynaklarından uzak, rüzgar

yönü dikkate alınan ve mümkünse geçirimsiz zemini olan geçici depolama alanlarının doğru seçilmesi çok önemlidir (UNICEF, 2022).

3.3. Katı Atıkların Sağlık Riskleri

Olağandışı durumlarda katı atıkların, özellikle de organik atıkların birikmesi, etkin şekilde yönetilememesi durumu sinek, sivrisinek ve kemirgen gibi vektörlerin çoğalmasına ve kolera, dizanteri, tifo gibi ciddi sağlık sorunlarının ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Prüss-Ustün et al., 2019)

3.4. Katı Atık Yönetimi ve Teknolojik Yaklaşımlar

Son yıllardaki teknolojik gelişmeler, acil durum atık yönetim süreçlerini daha etkili hale gelmesini, hem müdahale süresinin kısalmasına hem de kaynakların daha verimli kullanılmasına imkan vermiştir. Örneğin IoT tabanlı sistemler, sensörler sayesinde afet alanlarındaki atık doluluk miktarları izlenmekte ve katı atık toplama süreçleri optimize edilmektedir (Paul et al., 2024). Bununla birlikte coğrafi bilgi sistemleri de afet alanlarındaki atık dağılımının analiz edilmesine imkan vermektedir. Yine atık miktarının belirlenmesinde drone araç teknolojilerinden önemli ölçüde yararlanılmaktadır.

4. Acil Durumlarda Tıbbi Atıkların Kontrolü

Tıbbi atıklar, Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ)'ne göre, sağlık hizmetlerinin sunumu sırasında ortaya çıkan ve enfeksiyon, toksisite veya fiziksel yaralanma riski taşıyan atıklar olarak ifade edilmektedir (World Health Organization [WHO], 2014). Afet durumlarında bu atıklar; sahra hastanesi, mobil klinik ve laboratuvar gibi sağlık hizmeti sunan birimlerden kaynaklanmaktadır. Olağandışı durumlarda sağlık hizmetlerine yönelik talep artışı aynı zamanda tıbbi atık miktarının artmasına da yol açmaktadır (Silva et al., 2021).

Afet durumlarında toplumun sağlık altyapısının zarar görmesi, atık yönetim sistemlerinin bozulmasına, yetersiz kalmasına ve tıbbi atıkların kontrolsüz bir şekilde çevreye dağılmasına yol açmaktadır. Dolayısıyla geçici sağlık hizmeti sunulan alanlarda (sahra hastaneleri, mülteci kampları), gerek sağlık çalışanları gerek toplum bireyleri açısından ciddi sağlık risklerinin ortaya çıkmasına zemin hazırlamaktadır (Prüss-Ustün et al., 2019; Windfeld & Brooks, 2015).

4.1. Tıbbi Atıkların Sınıflandırılması

Tıbbi atıklar aşağıdaki gibi dört kategoriye ayrılabilir:

- Enfeksiyöz atıklar (kan, vücut sıvıları)
- Kesici-delici atıklar (enjektör, bistüri)

- Kimyasal atıklar (laboratuvar kimyasalları)
- Radyoaktif atıklar (nükleer tıp atıkları)

Afet olayları sonrasında özellikle de acil müdahalelere yönelik kullanılan tıbbi malzemelerin yoğun tüketimine istinaden enfeksiyöz ve kesici-delici atık miktarlarında önemli artışlar izlenmektedir (Klemeš et al., 2020).

4.2. Tıbbi Atık Yönetim Süreci

Tıbbi atık yönetim süreci katı atık yönetim sürecine benzetmekle birlikte kendisine özgü bazı özellikler barındırır. Tıbbi atık oluştuktan sonra yönetim süreci:

4.2.1. Ayrıştırma

Kaynağında renk kodlu torbalar ile yapılır.

- Kırmızı: Enfeksiyöz atıklar
- Sarı: Kesici-delici atıklar
- Siyah: Evsel atıklar

4.2.2. Toplama

Havalandırılmış, güvenli ve izole alanlarda sızdırmaz kaplar kullanılarak yapılır.

4.2.3. Taşıma

Özel araçlarla yapılır.

4.2.4. Bertaraf

- Yakma
- Otoklav sterilizasyonu
- Kimyasal dezenfeksiyon

İşlemlerini takip eder (Tchobanoglous et al., 2014). Yakma yöntemi yaygın olarak tercih edilmekle birlikte hava kirliliği açısından dikkatli olmak gerekir (Klemeš et al., 2020).

4.3. Tıbbi Atık Yönetiminde Teknolojik ve Yenilikçi Yaklaşımlar

Günümüzde IoT tabanlı izleme sistemleri, akıllı konteynerler ve otomatik sterilizasyon sistemleri gibi teknolojik gelişmeler tıbbi atık yönetim sürecinde önemli kolaylıklar sağlamaktadır (Paul et al., 2024). Bu gelişmelerin yanı sıra

alternatif sterilizasyon yöntemleri de (mikrodalga sistemleri, plazma teknolojisi) olumsuz çevresel etkileri azaltmayı hedeflemektedir (Klemeš et al., 2020).

5. Acil Durumlarda Kanalizasyon Sistemleri

Toplumsal yapının ağırlıklı olarak yaşantısını sürdürdüğü modern şehirlerdeki sağlık altyapısının en önemli bileşenlerinden biri kanalizasyon sistemleridir (WHO, 2020; Tchobanoglous et al., 2014). Olağan şartlarda atık suyun toplanması ve arıtılması işlemleri çevresel kirliliği önleyerek toplum sağlığının korunmasına hizmet eder. Fakat deprem, sel ve kitlesel göç gibi afet durumlarında kanalizasyon sistemleri hasarlanarak işlevini yapamaz hale gelmekte ve toplum sağlığını tehdit eden risklerin ortaya çıkmasına zemin hazırlamaktadır (UNICEF, 2022; Brown et al., 2011). Örneğin kanalizasyon sistemlerinin bozulması, içme suyu kaynaklarının kirlenmesine ve geçici yaşam alanlarında hijyenle ilgili problemlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır (WHO, 2020; Prüss-Ustün et al., 2019). Dolayısıyla afet olaylarını yönetim sürecinde kanalizasyon sistemlerinin güvenliği, katı atık yönetiminden bağımsız ele alınmalıdır.

5.1. Kanalizasyon Sistemlerinin Afetlere Dayanıklılığı

Kanalizasyon yapısı, pompa istasyonları, yeraltı boruları ve arıtma tesislerinden oluşan bir sistemdir. Afet olaylarında bu sistemler çeşitli düzeylerde hasarlanabilir Bunlar (Brown et al., 2011; Tchobanoglous et al., 2014; WHO, 2020):

- Borularda çatlama ve kırılmalar (deprem, heyelan)
- Pompa arızaları (elektrik kesintisi)
- Atık su taşmaları (kasırga, sel)
- Arıtma tesisi kapasite aşımı (kitlesel göç)

5.2. Acil Durumlarda Kanalizasyon Yönetimi

Olağan durumlardan farklı olarak acil durumlardaki kanalizasyon yönetimi, öncelikle halk sağlığını korumaya ve ikincil olarak çevresel zararları azaltmaya yönelik farklı işletim prosedürleri gerektirir (Prüss-Ustün et al., 2019; Kaza et al., 2018). Acil durumlarda geçici kanalizasyon yöntemleri arasında septik tanklar, yüzeyel drenaj sistemleri ve vakumlu sistemler yer alır. Bu sistemler kamp gibi geçici yerleşim alanlarında hijyen sağlar (vakumlu sistemler), kısa süreli atık yönetimi için uygun olup (septik tanklar) aşırı yağış ve taşkın riskini azaltır (yüzeyel drenaj sistemleri) (Brown et al., 2011).

5.3. Teknolojik Yaklaşımlar ve Yenilikler

Afet olaylarında acil durum yönetiminde kanalizasyon sistemlerinin dayanıklılığı artırılmaktadır.

- Akıllı pompa ve sensör sistemleri: Boru ve istasyon performansını uzaktan izler (Paul et al., 2024).

- Geçici membran arıtma üniteleri: Hızlı kurulum ve kısa süreli arıtma sağlar (Kaza et al., 2018)

GIS ve drone teknolojileri: Boru hatları ve taşkın bölgelerinin hızlı değerlendirilmesini sağlar (UNEP, 2021)

Sonuç

Günümüzde sanitasyon ve atık yönetimi, yalnızca teknik bir süreç olmayıp; aynı zamanda sosyal, ekonomik ve çevresel boyutları olan çok yönlü bir konudur. Afet durumlarında bu sistemlerin etkinliği, toplum sağlığının korunmasında belirleyici bir role sahiptir.

Gelecekte afetlere hazırlık kapsamında; sanitasyon altyapısının güçlendirilmesi, akıllı sistemlerin entegrasyonu ve entegre atık yönetimi planlarının geliştirilmesi önem arz etmektedir.

Kaynakça

- Agyekum, E. O., & Ansah, M. O. (2022). *Healthcare waste management and environmental health risks*.
- Brown, C., Milke, M., & Seville, E. (2011). Disaster waste management. *Waste Management, 31*(6), 1085–1098.
- Chartier, Y., Emmanuel, J., Pieper, U., Prüss, A., Rushbrook, P., Stringer, R., ... Wilburn, S. (2014). *Safe management of wastes from health-care activities* (2nd ed.). World Health Organization.
- Curtis, V., & Cairncross, S. (2003). Effect of washing hands with soap on diarrhoea risk in the community: A systematic review. *The Lancet Infectious Diseases, 3*(5), 275–281.
- Franceys, R., Pickford, J., & Reed, R. (1992). *A guide to the development of on-site sanitation*. World Health Organization.
- Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production, 114*, 11–32.
- Jenkins, J. (2005). *The humanure handbook: A guide to composting human manure*. Chelsea Green Publishing.
- Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). *What a waste 2.0: A global snapshot of solid waste management to 2050*. World Bank.
- Klemeš, J. J., Fan, Y. V., Tan, R. R., & Jiang, P. (2020). Minimising the present and future plastic waste, energy and environmental footprints related to COVID-19. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 127*, 109883.
- Mercan, N., et al. (2023). Urbanization and solid waste management challenges.
- Paul, L., et al. (2024). Smart waste and sanitation systems using IoT technologies.
- Prüss-Ustün, A., Wolf, J., Bartram, J., Clasen, T., Cumming, O., Freeman, M. C., ... Cairncross, S. (2019). Burden of disease from inadequate water, sanitation and hygiene for selected adverse health outcomes. *Tropical Medicine & International Health, 24*(5), 482–495.
- Silva, A. L. P., Prata, J. C., Walker, T. R., Campos, D., Duarte, A. C., Soares, A. M. V. M., & Barcelò, D. (2021). Increased plastic pollution due to COVID-19 pandemic: Challenges and recommendations. *Environmental Science & Technology, 55*(6), 3734–3736.
- Sphere Association. (2018). *The Sphere handbook: Humanitarian charter and minimum standards in humanitarian response*.
- Tchobanoglous, G., Kreith, F., & Williams, M. (2014). *Solid waste engineering*. McGraw-Hill Education.
- Tilley, E., Ulrich, L., Lüthi, C., Reymond, P., & Zurbrügg, C. (2014). *Compendium of sanitation systems and technologies* (2nd ed.). Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag).

- UNEP. (2021). *Global waste management outlook*. United Nations Environment Programme.
- UNHCR. (2020). *Emergency sanitation guidelines*. United Nations High Commissioner for Refugees.
- UNICEF. (2022). *Sanitation and hygiene in emergencies report*. United Nations Children's Fund.
- Windfeld, E. S., & Brooks, M. S. (2015). Medical waste management – A review. *Journal of Environmental Management*, 163, 98–108.
- World Health Organization. (2014). *Safe management of wastes from health-care activities*. WHO Press.
- World Health Organization. (2020). *Sanitation and health*. WHO.

