





Küresel COVID-19 salgın döneminde kentsel katı atık yönetiminde karşılaşılan güçlükler ve öneriler

Challenges and suggestions for municipal solid waste management during the global COVID-19 outbreak

Hülya Durmaz Bekmezci ^{1,*} , Zehra Şapcı Ayas ² 

¹ Bitlis TOKİ, 13000, Bitlis, Türkiye

² Van Yüzcüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 65090, Van, Türkiye

Öz

COVID-19 hızlı bulaşma oranı ve yüzeylerde uzun süre kalabilmesi nedeni ile kısa sürede küresel bir salgına dönüştü. Hızla yayılımı özellikle belediyeçilik hizmetlerinden olan Atık Yönetiminde sorunlara neden oldu. Tek kullanımlık maske, eldiven, gözlük gibi koruyucu ekipmanlar ve hastane yoğun bakımlarından çıkan enfekte atık miktarlarında ciddi artışlar meydana geldi. Bu durum mevcut atık bertaraf sistemleri üzerinde baskı oluşturdu. Ulusal ve uluslararası genelgeler yayınlanarak salgının yayılımı engellenmeye çalışıldı. Bu süreçte biyolojik parçalanabilir plastikler, çevresel ve ekonomik olarak uygun bertaraf yöntemleri ve uygun yönetim planlarının oluşturulmasına yönelik sistem optimizasyon çalışmaları ile veri üretme, saklama ve işleme konusunda yenilikçi çalışmalar ortaya çıktı. Bu çalışmada salgın döneminde Katı Atık Yönetiminde ortaya çıkan sorunlar, çevresel ve ekonomik etkileri, sorunların çözümüne yönelik yapılan yasal düzenlemeler, alınan tedbirler, önerilen uygun bertaraf yöntemleri ile yenilikçi çalışmalar incelenmiştir. Artan nüfus ve iklim değişikliğinin uzun süreli etkileri dikkate alındığında bu salgın ilk değil, son olmayacaktır. Bu dönemde kazanılan hız ile gerçekleştirilen yenilikçi çalışmalar hız kaybetmeden devam etmeli ve sektör içerisinde kullanılmaları yaygınlaştırılmalıdır.

Anahtar kelimeler: COVID-19 salgını, Kentsel katı atık yönetimi, Tıbbi atık yönetimi

1 Giriş

Dünya nüfusu her geçen gün hızla artmaktadır. Gelişen ve değişen dünyada tüketim alışkanlıklarımız da sürekli değişmektedir. Kaynakların atıklara dönüştüğü tek yönlü bir akış söz konusudur. Atıkların geri dönüştürülmesi ile atık miktarı azaltılarak tek yönlü akışın döngüsel hale getirilmesi amaçlanmaktadır. Döngüsel süreçte atıkların bertaraf edilmeleri yerine, geri dönüşüm ile tekrar üretim sektörüne katılmaları ve kaynak oluşturmaları amaçlanmaktadır [1]. Nüfusun yoğunlaştığı kentsel alanlarda üretilen atıklar ve bu atıkların giderimi önemli bir sorundur. Yerel yönetimler iyi organize edilmiş birer Kentsel Katı Atık Yönetim (KKAY) sistemleri inşa etmelidirler. Gelişmekte olan ve gelişmemiş ülkelerde, hatta ne yazık ki gelişmiş ülkelerde dahi

Abstract

COVID-19 turned into a global epidemic in a short time, due to its rapid rate of infection and its longevity on surfaces. Its rapid spread caused problems in the municipal services especially Waste Management. There have been serious increases in the amount of protective equipment such as disposable masks, gloves, goggles and the amount of infected waste from hospital intensive care units. This put pressure on existing waste disposal systems. National and international circulars were published to prevent the spread of the epidemic. In this process emerged innovative studies such as biodegradable plastics, system optimization studies for environmentally and economically appropriate disposal methods, the creation of appropriate management plans, and data generation, storage, processing. In this study, during the epidemic, Waste Management problems, its environmental and economic effects, the related legal regulations, the recommended disposal methods and innovative studies were examined. Considering the increasing population and the long-term effects of climate change, this epidemic is not the first and will not be the last. Innovative studies carried out with the momentum gained in this period should continue without losing speed and their use within the sector should be expanded.

Keywords: COVID-19 outbreak, Municipal solid waste management, Medical waste management

olgunlaşmamış bu sistemler önemli halk sağlığı sorunlarına neden olmaktadır. Afet ve salgınlar gibi ani gelişen durumlar atık yönetimi üzerindeki baskıyı artırmakta ve sorunların artmasına neden olabilmektedir.

Aralık 2019'da Çin'in Wuhan kentinde, yeni bir koronavirüs hastalığı (COVID-19) ortaya çıktı ve ilerleyen süreçte Şiddetli Akut Solunum Sendromu Koronavirüs-2 (SARS-CoV-2) olarak adlandırıldı [2, 3]. Daha önce yine salgınlara neden olan türlerine (SARS-CoV (2002) ve MERS-CoV (2012)) kıyasla çok daha hızlı yayılım sağlayarak çok kısa sürede, Mart 2020'de, tüm dünyaya yayıldı [4]. 10 Mart 2020 itibari ile Çin kayıtlı toplam 80.778 vaka ve 3.158 ölüm, İtalya 10.156 vaka ve 631 ölüm, İran 8.042 toplam vaka ve 291 ölüm ve Güney Kore 7.513 vaka

* Sorumlu yazar / Corresponding author, e-posta / e-mail: hulyadurmaz80@gmail.com (H. Durmaz Bekmezci)

Geliş / Received: 29.07.2022 Kabul / Accepted: 09.12.2022 Yayınlanma / Published: 15.01.2023

doi: 10.28948/ngumuh.1150538

ve 60 ölüm ile salgının en yoğun yaşandığı yerler olarak kayda geçti. Bu tablo karşısında Dünya Sağlık Örgütü daha fazla beklemeyerek 11 Mart 2020'de dünya genelinde yüz binden fazla (118.319) vaka ve 4.000'den fazla ölümü göz önüne alarak yeni koronavirüs hastalığını küresel bir salgın olarak ilan etti [5]. Kasım 2020'de toplam vaka sayısı kırk milyona (47.277.834 kişi, 03/11/2020) ulaşırken, bir milyondan fazla insan (1.210.328 kişi) hayatını kaybetti. Nisan 2021'e gelindiğinde ise vaka sayısı 140 milyonu, hayatını kaybedenlerin sayısı ise 3 milyonu aşmıştı. Mart 2022'de vaka sayıları oldukça azalmış, virüs geçirdiği mutasyonlar ile ölümcül gücünü kaybetmeye başlamış ve ülkemizde 26 Nisan 2022 tarihli İç İşleri Bakanlığı tarafından valiliklere gönderilen genelge ile açık ve kapalı alanlarda ve tüm okullarda maske kullanım zorunluluğu kaldırılmıştır [6].

Salgının akut dönemlerinde hızla artan vakalar endişe uyandırmış, ulusal ve uluslararası düzenlemeler ile tedbirler alınmaya çalışılmıştır. Bu kapsamda dünya genelinde okullar ve iş yerleri kapatılmış, uzaktan eğitim ve uzaktan çalışma imkanları ile insanlar evlerine kapanmıştır. Dışarı çıkmak zorunda kalanlar için ise sosyal ve fiziksel mesafe ayarlamaları ile ulusal ve uluslararası hareket kısıtlamaları gibi bazı tedbirler alınmıştır. Kişisel hijyene önem verilmesi, ellerin sık ve uzun süreli yıkanmaları, maske, eldiven ve koruyucu giysiler gibi tek kullanımlık kişisel koruyucu ekipmanların kullanılması önerilmiştir.

Kişisel koruyucu ekipmanların (plastik eldivenler, maskeler, özel koruyucu giysiler) kullanımı hızla artmıştır. Ayrıca evlerinde ve iş yerlerinde kapalı kalan insanların özellikle ambalajlı gıdaları tercih etmeleri [7] ve bunun yanında tek kullanımlık kağıt ve plastik tabak, çatal, kaşık, bardak vb. kullanmaları ve özellikle hastanelerde salgınla mücadele kapsamında şırıngaların, yaşam destek ürünlerinin ve kişisel koruyucu materyallerin artmasına bağlı olarak, olağan dışı bir atık üretimi ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte bazı hastaneler tümüyle salgın hastanelerine dönüştürülmüş ve COVID-19 hastaları dışında başka hasta kabul edilmemiştir. Artan korku ve kaygılar nedeni ile çok acil durumlarda dışında hastanelere gitme eğilimi gözlenmiştir. Dünyada ve ülkemiz genelinde polikliniklere gitme oranları ve ameliyat oranlarında ciddi azalmalar gerçekleşmiştir. Bununla birlikte yeterli olmamakla birlikte hastanelerde alınan tedbirler ile atıklar kontrol altında tutulmaya çalışılmıştır [8, 9]. Vavarkova ve ark. [9] Çek Cumhuriyeti ve Polonya'dan benzer bir sonuç bildirirken, ülkemizde Samsun'da yapılan bir çalışmada da hastanelerden kaynaklanan Tıbbi Atık miktarında bir artış olmadığını göstermiştir. Görüldüğü üzere salgın sırasında atık miktarında bir değişim gözlenmez iken atık çeşitliliğinde ciddi değişim gözlenmiş ve tehlikeli atık sınıfında gruplandırılan enfekte atık miktarları artmıştır. Bu durum KKA alanında yeni düzenlemeler yapılması gerekliliğini doğurmuştur. Salgının akut döneminde dünya genelinde her ay 129-200 milyar tek kullanımlık maske ve 65 milyar tek kullanımlık eldiven kullanıldığı bildirilmiştir [10-12].

Koronavirüs hastalığı etkeni olan SARS-CoV-2 virüsünün çeşitli yüzeylerde uzun süreler kalabildiği tespit edilmiştir [13]. Yapılan çalışmalar ile virüsün morfolojisi ve

yapısı göz önüne alındığında, aerosollerin bir parçası olarak havada 3-4 saat, bakır yüzeylerde 4 saat, kartonlarda 24 saat, cam yüzeyinde 4 saat, paslanmaz çelik malzemelerde 72 saat, eldivenlerde 24 saat, plastik yüzeylerde 72 saat, kanalizasyonda 3 gün ve katı dışkı üzerinde 3-4 gün yaşadığı belirlenmiştir [14-19]. Çeşitli ortamlardaki uzun kalıcılık süreleri, hastanelerde ve evlerinde karantinede olan hasta bireyler tarafından kullanılan malzemeler ile KKA akışına katılabileceği ve iyi yönetilemeyen atıklar ile salgının yayılımına katkıda bulunacağı düşüncesi endişe uyandırmıştır [20, 21]. Atıkların bu alanlardan uygun olmayan yöntemler ile alınması, KAYS içerisinde yer alan tüm birimlerde (çevre yetkilileri ve kurumları; belediyeler=KKA toplama, taşıma ve bertaraf şirketleri; yöneticiler, mühendisler ve KKA çalışanları vb.) çalışan insanlar için önemli bir sağlık riski oluşturmakta ve hastalığın çevre yoluyla yayılımını engelleme çabalarına engel oluşturmaktadır [22]. Cam, plastik, kâğıt ve biyolojik atıklar geri dönüşüm ekonomisinin önemli bileşenleridirler ve salgın döneminde geri dönüşüm sektörü de ciddi zarar görmüştür.

Bu çalışmada salgın döneminde KKAYS'de ortaya çıkan sorunlar ile çevresel ve ekonomik etkileri, sorunların çözümüne yönelik yapılan yasal düzenlemeler ile alınan tedbirler, uygun ve önerilen bertaraf yöntemleri ile yenilikçi çalışmalar literatür üzerinden incelenmiştir. Son olarak bu çalışmada KKAYS'i daha verimli ve salgınlar karşısında daha dayanıklı olabilmesi için öneriler paylaşılmıştır. Artan nüfus ve iklim değişikliğinin uzun süreli etkileri dikkate alınca bu salgın ilk değil ve son olmayacaktır.

2 Kentsel katı atık yönetiminde ortaya çıkan sorunlar, çevresel ve ekonomik etkiler

Kentsel katı atıkların uygun olmayan şekillerde toplanması, paketlenmesi, taşınması veya bertaraf edilmesi durumunda kentsel katı atıklar yoluyla virüsün yayılabileceği açıktır. Salgın atığın tanımlanması, sınıflandırılması, toplanması, ayrıştırılması, depolanması, taşınması, geri dönüşümü, arıtımı ve bertarafı gibi tüm işlemler üzerinde baskı oluşturmuştur [9]. Gelişmiş ülkelerde dahi atıkların sağlıklı bir şekilde yönetilmeleri ancak kentsel alanlardaki nüfusun %30-35'i için mümkün olmaktadır [23]. Bu tesisler mevsimsel bazı değişikliklerin göze alınması ile öngörülebilir ve sabit miktarlarda atık üretimine göre tasarlanmıştır. Salgın döneminde sağlık ve tıbbi atık miktarları (S&TA) öngörülebilir limitlerin çok üzerinde gerçekleşmiştir. Örneğin Newyork'da sıra ile %3,3 ve %13,3 daha fazla KKA ve organik atık üretilmiştir [24]. Çin'in Wuhan kentinde günlük tıbbi atık üretimi 40 tondan 240 tona yükselmiş, maksimum yakma kapasitesini aşmıştır ve 46 mobil atık yönetim tesisi kurulmuştur. Aynı çalışmada sağlık alanındaki atık üretim hızının en yüksek Wuhan (%600) ve en düşük ise Ha Noi'de (%492) kaydedildiğini, atık üretim hızının salgının şiddeti, hastaneye yatış oranları ve popülasyon yoğunluğuna bağlı olduğunu bildirmişlerdir [25].

Salgın döneminde özellikle tek kullanımlık maskeler, eldivenler ve koruyucu giysiler ile tek kullanımlık gıda ambalajları ve mutfak araçlarına ait atıkların atık

bileşimindeki yeri çok ciddi artmıştır. Bu malzemeler genellikle polipropilen, polistiren, polietilen, polikarbonat ve poliester ürünlerdir. Bu plastik türevi bileşenler uzun vadede dünyanın karşı karşıya olduğu plastik kirliliğine katkıda bulunabilir [26]. Bununla birlikte maskelerin tekrar kullanımlarını artırmak için çalışmalar yürütülmüştür. Tuz ve bakır iyonları kullanılarak antiviral özellik kazandırılmaya çalışılmıştır [27, 28].

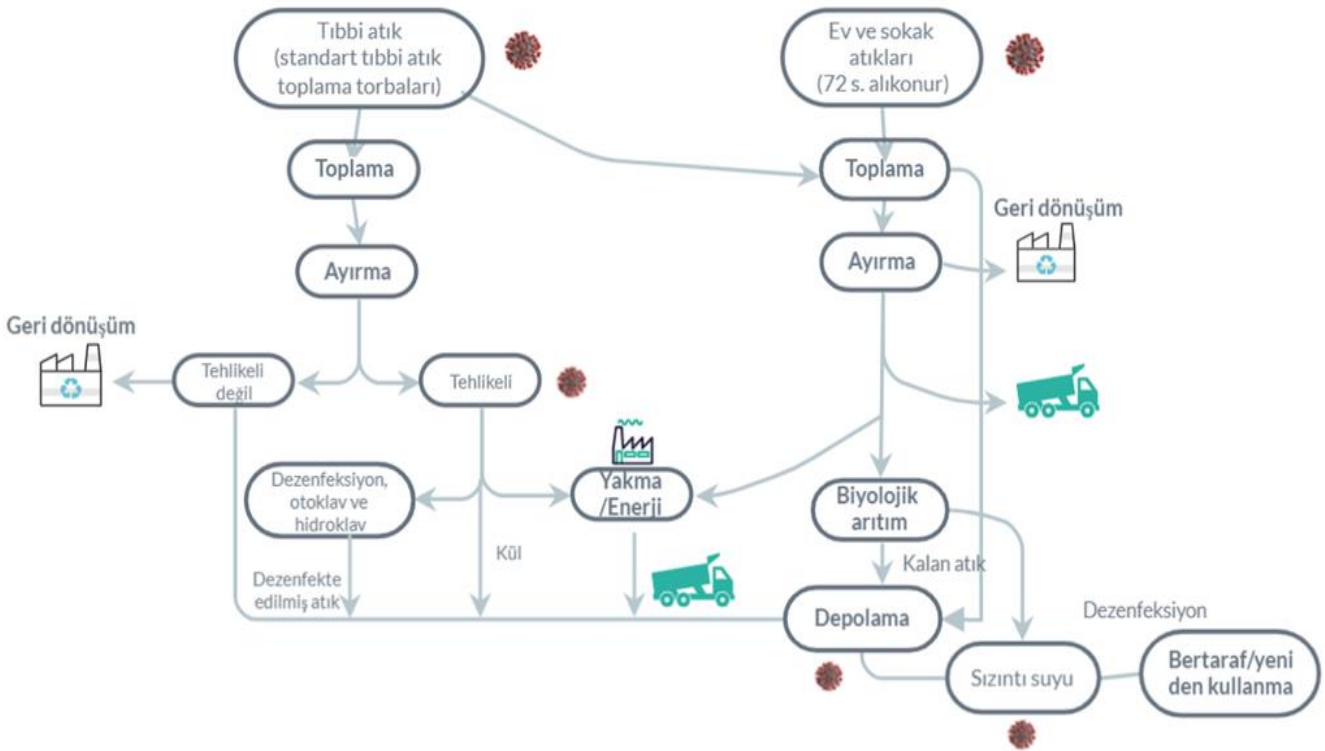
Şekil 1 ile SARS-Cov-2 virüsünün Kentsel Atık Yönetim zincirindeki olası yerlerini gösterilmesi amaçlanmıştır.

Tıbbi atıklar tehlikeli ve tehlikesiz atık olarak gruplandırılan önemli bir atık kaynağıdır. Gelişmekte olan ülkelerde sosyo-ekonomik koşullar ve kişi başına düşen gayri safi yurtiçi hasılaya (GSYH) bağlı olarak tehlikeli olmayan bileşenler %35-98,7 ve tehlikeli bileşenler %1,3-65 arasında değişmektedir. Atıklar genellikle yakılarak ya da uygun olmayan koşullarda depolama sahalarında tutulmaktadır. Salgın döneminde yakma tesislerinde oluşan yükü dengelemek adına 72 saat yerinde alıkonmaları istenmiştir, ancak bu durum hastanelerde geçici depolama sahalarında fazladan alan gereksinimi doğurmuştur [9]. İspanya, atık miktarındaki artışın üstesinden gelmek için çimento fabrikaları ile atıkların yakılması konusunda işbirliği oluşturmuştur. Norveç'te hükümet, depolama izinlerinde (ve atıkları başka bir yere taşıma izinlerinde) geçici değişikliklere izin vermiştir [29]. Tıbbi atıkların bertarafı sırasında yayılımı en az düzeye indiren yakma yöntemi en iyi yöntem iken, çevresel açıdan değerlendirildiğinde yüksek enerji gereksinimi çevresel ayak izini önemli ölçüde artmıştır. Çevresel açıdan en iyi yönetim

sisteminin geri dönüşüm ile dögüsel kullanımları olduğu görülmektedir [1].

Her iki yöntemin de çevresel etkilerinde farklılıklar bildirilmiştir. Farklılıklar atık bileşimi ve türleri, yönetim sistemleri, enerji geri kazanım sistemleri, sistem sınırlılıkları ve süreç içerisinde kullanılan enerji kaynaklarından (kömür, hidroelektrik santrali vb.) kaynaklanmaktadır. Atıkların miktarı, kalitesi ve bileşimi yakma sonucu çıkan baca gazının (CO₂, SO₂, HCl ve NO_x) nitelik ve niceliğini etkileyecektir. Yakma işleminde kullanılan teknolojiler ve gaz temizleme yöntemleri ile atık bileşimindeki farklılıklar kirletici gaz emisyonlarının çeşitlilik göstermesine neden olur [30]. Atıkların enerji üretiminde kullanıldığı atık-enerji tesisleri (Waste to Energy; WtE) ile enerji geri kazanılırken, atık türüne, elde edilen enerji miktarına ve verimliliğine ve yakma parametrelerine bağlı olarak çevresel etki ve ekonomik yük dengelenebilir. Atık yönetim maliyeti atık akış miktarı, atık yönetim sistemleri, enerji geri kazanımı ve dezenfeksiyon yöntemlerine bağlıdır. Yüksek geri kazanım (%80-95) oranları atık yönetim maliyetini önemli ölçüde azaltacaktır [25].

Karantina bölgelerinin iyi bir şekilde belirlenmiş olması ve buna göre yönetim planlarının oluşturulması salgın kaynaklı baskıyı azaltabilir. Örneğin salgının gözlenmediği yerlerde normal plan uygulanırken, sık görüldüğü yerlerde özel eğitilmiş personel ile dezenfeksiyon işlemleri ve özel taşıma yolları planlanabilir. Birleşik Krallık'ta kendini izole eden bireylere, temaslı tüm atıkları için çift torba kullanmaları, 72 saat boyunca alıkoymaları ve ancak sonuçları negatif ise genel atıklara bırakmaları tavsiye



Şekil 1. KKA yönetim akışında potansiyel COVID-19 virüsü bulunma olasılıkları olan alanlar

edilmiştir. Salgının yoğun olduğu sıcak noktalarda ise her toplamadan sonra toplama alanlarının, konteynır ve araçların dezenfekte edilmesi önerilmiştir. Singapur'da atıklar kapalı olarak sahipleri tarafından kamyonlara teslim edilmiş, bu şekilde atık toplayıcıların virüs ile olası temasının engellenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca sıcak noktalarda sefer sayıları da üç defaya kadar artırılmıştır [29, 31]. Türkiye dahil dünya genelinde, sağlık kuruluşları ile öğrenci yurtları gibi toplu karantina alanlarından çıkan atıkların tıbbi atık olarak değerlendirilerek diğer atıklar ile karıştırılmamaları belirtilmiştir. Evlerden ve işyerlerinden kaynaklanan enfekte atıkların ayrı toplanması, yırtılmaları karşı çift ve güçlü poşetler kullanılması, doluluk oranlarına dikkat edilmesi, insan ve hayvanların temasını engelleyecek şekilde balkon veya kapalı alanlarda 72 saat bekletilerek "diğer atık" kapsamında, toplama saatinde belediye çalışanlarına teslim edilmeleri gibi virüsün dağılmasının en aza indirecek tedbirler yayınlanmıştır [32]. Özellikle salgın döneminde "kilit işçi" olarak konumlandırılan atık toplama personelini olası temastan korumak için Uluslararası Katı Atık Birliği (ISWA), Amerika İş Sağlığı ve Güvenliği İdaresi (OSHA; Occupational Safety and Health Administration) gibi uluslararası kuruluşlar ve hemen her ülkede ulusal düzenlemeler işleme alınmıştır.

Tıbbi atıklar sağlık kuruluşlarında +4 °C'de bir haftaya kadar standartlara göre hazırlanmış geçici depolama alanlarında saklanabilirler. Eğer soğutma yoksa depolama süreleri sıcak iklimlerde, ılık mevsimde 24 saati, soğuk mevsimde 48 saati, ılıman iklimlerde ise 48 ve 72 saati geçmemelidir [33]. Enfekte atıklar yeterli sterilizasyon ve bertaraf yönteminin olmadığı durumlarda depolama alanlarında günde bir kez kil ile örtülerek gömülmektedir. Sıcak noktalarda gün sonuna kadarki sürede açıkta bekleyen enfekte atıklar önemli bir hastalık kaynağı olarak risk taşımaktadırlar. Sıcak noktalardan gelen atıklar için günde bir kez yerine daha sık kil örtü ile kapatılması elleçleme sırasında personelin enfeksiyöze maruz kalmasını engelleyecektir [9]. Düzenli depolama alanlarında enfekte atıkların işlenecekleri yere oldukça yakın bırakılmaları diğer atıkların enfekte olmasını ve aerosoller ile virüsün yayılımını engellemek üzere faydalı olabilecektir. Düzenli depolama alanlarında oluşan sızıntı suları tehlikeli maddeler ve patojenler içerebilmektedir. SARS-Cov-2 durumunda sızıntı sularında uygulanacak olan geleneksel veya modern dezenfeksiyon yöntemleri (Şekil 1) yeterli olacaktır. Sızıntı sularının yönetiminde yapışkan toprak astarlar ve kesme duvarlarının kullanıldığı çalışmalar bulunmaktadır. [9, 34]. Polonya'da kesme duvarı kullanılması ile yeraltı su kalitesinde iyileşme gözlenmiştir [34]. Sızıntı suları hastalık etkenlerinin yeraltı su kaynaklarına ve dolayısı ile kuyulara ulaşmasına neden olabilir. Bu yüzden yeraltı suları ve kuyu sularının bu hastalık etmenleri açısından düzenli olarak incelenmeleri çok önemlidir.

Virüsün farklı yüzeylerdeki kalıcılığına ait verilerin oluşması ile atık toplayıcıların özellikle korunmaları gerektiği ortaya çıkmıştır. Geri dönüşüm tesisleri büyük oranda otomasyon olsa da sistemin denetlenmesi ve istenmeyen maddelerin manuel uzaklaştırılmaları

gerekmektedir. Salgın sırasında geri dönüşüm sektörü ciddi zarar görmüştür. En çok gelişmiş olduğu Belçika ve Norveç'te dönüştürülebilir atıkların halk tarafından teslim edildiği sivil tesis alanları kapatılmış ve halktan evlerinde saklamaları ya da kiralayabilecekleri özel atık konteynırlarında saklayabilecekleri söylenmiştir [35]. Amerika'da süpermarketler ve halka açık geri dönüşüm toplama alanlarında şişe ve tenekelerin alınması ve ödeme yapılması askıya alınmış ve bu nedenle plastik ve alüminyum geri dönüşüm akışı azalmıştır [36]. Atık geri dönüşümü daha az atık üretirken kar etmeyi amaçlamaktadır [37] ve salgın döneminde çok ciddi zarar görmüştür. Tesislere gelen ham madde niteliğine sahip atıklar enfekte olmuş tehlikeli madde olarak işlem görmüş ve ham madde olarak kullanılabilir kaynak miktarı azalmışlardır. Ayrıca sosyal mesafe, esnek çalışma saatleri ve tehlike altında olan bireylerin çalıştırılmaması nedeni ile iş gücünün azalması toplanabilecek miktarların azalmasında önemli etkenlerdir [17].

Dünya Bankası'nın (2019), gelişmekte olan ülkelerde, açık ve kötü yönetilen düzenli depolama alanlarına boşaltılan katı atıkların, yeniden kullanmak ve satmak üzere geri dönüştürülebilir malzemeler arayan çöpçüler için çekim yerleri olduğunu doğrulamaktadır. Ayrıca bu alanlar özellikle geri kalmış ülkelerde önemli hayvan gıda depoları olarak hizmet etmektedirler [22]. Dolayısıyla, bu tür depolama alanları çöpçüleri (hem insan hem de çiftlik hayvanları) COVID-19'a maruz bırakabilir ve böylece yayılmasına katkıda bulunabilir [38]. Salgın öncesi Çin'in Hunan Eyaletinde düzenli depolama alanları zaten mevcut kapasitelerine yaklaşmışlardır. Salgın sonucu Çin önümüzdeki 5 yıl için yakma kapasitesini %50 oranında artırma kararı almıştır [39].

Salgın durumunda atık yönetimine ilişkin sorunların ve olası etkilerinin yönetilebilmesi için atıkların toplanması ve taşınması sırasında KKA çalışanlarının korunması için özel önlemlerin uygulanması gereken şehir veya bölgelerdeki yüksek riskli alanların ve KKA türlerinin analiz edilmesi gereklidir. Tıbbi yakma tesisleri üzerindeki baskıyı hafifletmek için enfekte KKA'nın (EKKA) geçici olarak depolanması, düzenli depolama ve atık-enerji (Waste to Energy=WtE) operasyonlarında güvenlik önlemlerinin yükseltilmesi imkanlarının iyi değerlendirilmesi gereklidir. KKA'ı güvenli bir şekilde yönetmek için politikaların ve kılavuzların değişen koşullara göre güncellenmesi dikkatle analiz edilmelidir.

3 Ulusal ve uluslararası yasal düzenlemeler

"Atık yönetim sorununun üstesinden gelme" her düzeyde paydaşı içeren bütünsel ve katılımcı politikalar gerektirir. Salgın döneminde atık yönetim sorununa kamuoyu algısı ve desteği atık yönetimine halkın katılımına yönelik politik stratejiler için önemlidir [22]. Yerel yönetimler ve ilgili bakanlıkların, salgın sırasında atık azaltma önerileri, koruyucu önlemler ve toplama sıklığı ile ilgili uygulama prosedürleri hakkında toplumu bilgilendirmeleri gerekmektedir.

Uluslararası kuruluşlar ve ülkeler, salgın sırasında KAY hizmetleri ile ilgili çok sayıda tebliğ ve kılavuz yayınladılar. Avrupa Komisyonu (EC) 14 Nisan 2020, hastanelerde katı atık toplama açısından şu yönergeleri içeren kılavuz yayınladı [35];

- Enfekte kişilerin kâğıt mendilleri ve yüz maskeleri, kullanımdan hemen sonra hasta odasında bulunan bir çöp torbasına bırakılmalıdır.
- Her hasta ziyaretinden sonra hasta bakımının eldivenleri maskesi hasta odasının dışında bulunan ayrı bir kutuya bırakılmalıdır
- Her iki poşette bağlanarak temiz bir genel atık torbasına konmalı, içerik aktarılmamalıdır (çift poşet uygulaması)
- Genel torba normal KKA olarak bertaraf edilmeli ve özel imha ve toplama önlemi alınması gerekmemektedir.

Sağlık tesisleri açısından, ilgili yasa, atıklarla ilgili 2008/98/EC sayılı Avrupa Direktifidir [40]. Salgın döneminde Avrupa Hastalık Önleme ve Kontrol Merkezi (European Centre for Disease Prevention and Control; ECDC) [41] tarafından çeşitli güncellemeler ile yorumlanmıştır.

ECDC'nin [41] 13 Mayıs 2020 kılavuzu, sağlık tesislerinin çevre temizliği ve atık yönetimi ile ilgilenen personelinin cerrahi maske, eldiven göz koruyucu (siperlik veya gözlük) ve önlük takmasını ve tesisin, özellikle hasta odalarının, düzenli temizlenmesini ve dezenfekte edilmesini tavsiye etmiştir.

AB üye devletler EC ve ECDC'nin tavsiyelerini kendi özel KAY endüstrilerinin özelliklerine (WtE tesislerinin varlığı, kapasitesi, geri dönüşümün kapsamı, vb.) uyarlamışlardır. Finlandiya gibi bazı ülkeler ise EC'nin bazı yönergelerinden ayrılarak, enfekte atıkların ayrı toplanması gerektiği talimatını vermişlerdir [35].

Amerika'da Taşıma Birimi ve Hastalık Kontrol ve Önleme birimlerinin her ikisi de mevcut KAY uygulamalarının çalışanların sağlığını korumasında yeterli olduğunu ve enfekte atıkların diğer KKA'lar gibi yönetilmeleri gerektiğini bildirmişlerdir [29]. ABD iş sağlığı ve güvenliği idaresi, KKA yönetiminde yer alan personel için önceden tanımlanmış güvenlik yönergelerine sahiptir. COVID-19 krizine yanıt olarak OSHA, KKA yönetimini temel bir hizmet olarak kabul ederek, KKA yönetiminde yer alan personeli bu önlemleri uygulamakla görevlendirmiştir [42, 43].

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından 7 Nisan 2020 tarihinde üç adet genelge yayımlandı. "Tek Kullanımlık Maske, Eldiven gibi Kişisel Hijyen Malzeme Atıklarının Yönetiminde COVID-19 Tedbirleri", "COVID-19 Salgını ve Atıksu Yönetiminde İlişkin Önlemler Genelgesi" ve "COVID-19 Salgını süresince Gemi Atıkları Yönetimi Genelgesi" olmak üzere [44]. Bu genelgelerde tek kullanımlık kişisel koruyucu ekipmanlar ile hijyen sağlamak amaçlı kullanılan malzemelerin atıklarının biriktirilmesi, toplanması, taşınması, geçici olarak depolanması ve atık işleme tesislerine ulaştırılması süreçlerinde dikkat edilmesi gerekenler anlatılmaktadır.

Uluslararası Katı Atık Birliği (ISWA) COVID-19 salgını sürecinde katı atık yönetimine ilişkin üç genel öncelik gündeme getirmiştir; (a) geri dönüşüm hizmetlerinin, arıtma ve bertaraf tesislerinin işleyişinin kesintiye uğramamasını ve uygunsuz yönetim nedeniyle halk sağlığı için ek risk oluşturmamasını sağlamak; (b) çapraz bulaşma ve enfeksiyonları önlemek için geri dönüşüm faaliyetlerini ayarlamak; ve (c) sağlık ve tıbbi atıkların (S&TA) güvenli bir şekilde işlenmesini ve bertaraf edilmesini sağlayarak, daha fazla enfeksiyon ve kirlilik riski olmadığından emin olmak. ISWA ayrıca çalışanlar tarafından dikkat edilmesi gereken bir dizi önlem yayınlamıştır. Bunlar; yüz ve göz koruyucu ve delinmeye karşı dayanıklı eldivenler kullanmak, iş eldivenlerinin altına tek kullanımlık eldivenler takmak, üniformaların ve ayakkabıların günlük olarak değiştirilmesi ve 60 °C'nin üzerinde yıkanması, atık toplama işlemi sırasında mahalle sakinleri ile temastan kaçınmak, her toplama aracıyla dezenfektanların bulunması, her çalışma döngüsünden sonra sürücü kabini dezenfekte edilmesi ve ayrıca sosyal mesafe ve sık el yıkama gibi genel halka uygulanan tüm kuralların uygulanmasıdır. Birçok ülkede atık yönetimi çalışanları "kilit işçi" olarak konumlandırılmışlardır. Birleşik krallıkta çalışanların çocuklarına salgın boyunca eğitim ve bakım desteği sağlanmıştır [31].

4 Atık bertarafında kullanılan yöntemler

Hastalık yapıcı etkenlere sahip katı atıkların etkisiz hale getirilmesinde günümüzde iki ana bertaraf yöntemi vardır; (1) dezenfeksiyon, mikrodalga, sterilizasyon ve güvenli depolama gibi geleneksel yöntemler ve (2) yakma, proliz ve gazlaştırma gibi yüksek sıcaklıkta bertaraf yöntemleri [23]. Birkaç bin derece sıcaklığın elde edildiği plazma ark yöntemi umut vadeden sınırlı sayıda bir teknolojidir [45]. Hangi teknolojinin seçileceği sosyal kabuller kadar teknik, çevresel ve ekonomik faktörlere bağlıdır [46]. Roy ve ark., [25] yaptıkları derlemede COVID 19 salgını sırasında Katı Tıbbi Atıkları (KTA) dezenfekte etmek için kullanılan atık dezenfeksiyon/ Yönetim teknolojilerini derlemişlerdir;

- Yüksek basınçlı buhar sterilizasyonu (121 °C, 110 dk)
- Yüksek sıcaklıkta proliz (540-830 °C)
- Yüksek sıcaklıkta yakma (800-1200 °C)
- Yakma (>1100 °C)
- Çift hazneli yakma (birincil hazne 750-980 °C, ikincil hazne >1100 °C); Çift hazneli yakma fırını gazın kalış süresini artırarak, haznede türbülansı teşvik eder ve emisyon azalır.
- Akışkan yataklı veya ızgaralı yakma fırınları; enerji yoğun ön işlem (parçalama) ve yüksek uçucu kül oluşumuna neden olur. Ancak COVID-19 döneminde atık işlemede partikül emisyonunun azalmasında faydalı olabilir [30].
- Akışkan yataklı döner fırın teknolojileri;
- Kimyasal dezenfeksiyon: Sodyum hipoklorit (NaOCl), klor dioksit (ClO₂), ultraviyole ışınlama, sıvı atıklar için ozon, H₂O₂ (>%0.5); etanol (>%7.5), izopropil alkol (>%70), formaldehit (>%0.7), povidon iyot (>%0.23), sodyum hipoklorit (>%0.21), 60 dk ışınlama.

- Mikrodalga teknolojisi (177-540 °C)
- Derin gömme (yeraltı suyu seviyesinden 1-2 m yukarda, 1-2 m toprak örtü)

DSÖ, kontamine atık yönetimi teknolojilerini üç kategoride ele almıştır (Tablo 1). Tabloda kullanılan renklendirmede çevreye olan etkileri derecelendirmektedir. Kırmızı tehlikeli, yeşil daha çevre dostu uygulamayı göstermektedir. Açık yakma ve ocakta yakma en az tercih edilen teknolojiler olarak tanımlanırken, otoklavlama, tek ve çift hazneli yakma fırınları orta düzeyde ve çift hazneli yakma ile düşük ısı bazlı kimyasal işlemler en çok tercih edilen teknolojilerdir [47].

Katı atıkların dezenfeksiyon öncesinde ya da sırasında, dezenfektan ile atık partikül yüzeyleri arasında iyi bir temas sağlamak için parçalanmaları gereklidir ve bu işlem virüslerin etrafa yayılımının engellenmesi için tamamen kapalı bir sistem içinde yapılmalıdır. İç parçalayıcılara sahip mikrodalga üniteleri, iç parçalayıcılara sahip otoklav ve sürekli buharlı arıtma sistemlerinin karışımına eşdeğerdir, teorik olarak kullanışlı olabilmektedirler [9].

Tablo 1. WHO tarafından kirlenmiş sağlık atıkları için önerilen teknoloji basamakları

KontROLSÜZ Atık Yakma	Açık yakma Çukurda (ocakta) yakma
Geçici Arıtma Yöntemleri	Otomatik basınçlı gravite otoklavlama Baca gazı arıtımı olmadan tek hazneli yakma Baca gazı olmadan çift hazneli yakma
Uluslararası Sözleşmelere Uygun Teknolojiler	Baca gazı arıtmalı çift hazneli yakma Düşük ısı bazlı ve kimyasal bazlı işlemler

Atık-enerji tesisleri salgın gibi durumlarda oldukça etkili olabilecek sistemlerdir. Atık negatif basınçta tutulan bunkerlere atıldığı için virüslerin bunkerlerden yayılma olasılıkları yok denecek kadar azdır. Ancak salgın durumları gibi yoğun çalışma süreçlerinde büyük bakım gerekliliklerinin oluşmaması için çok özen gösterilmelidir. Isı ve enerji geri kazanımlı mobil yakma tesisleri atıkların toplanması, taşınması ve depolanması sırasında çalışanlar ve çevre açısından oluşacak risklerin potansiyel çözümü olarak tavsiye edilmiştir. Bu tür cihazların varlığı taşıma, geçici depolama ve merkezi WtE sistemleri arasında bulaşıcı maddelerin yayılımını engelleyecektir. Oluşan küllerde inşaatlarda çimentolara katkı olarak değerlendirilebilir.

Atık-enerji üretim tesisleri oldukça maliyetli işletmelerdir. Gelişmekte olan ülkeler yasal zemin ve teşvikler olmadığı için, ne yazık ki, depolama alanlarını kullanmak zorundadırlar. Ayrıca atıklardaki yüksek nem ve organik madde miktarı nedeniyle kompostlama, anaerobik çürütme ve biyoreaktör depolama alanları ile bertarafı daha yaygındır. Salgın sırasında mevcut sterilizasyon işlemlerinin materyallere zarar verebileceği görülmüş ve geleneksel yöntemlere alternatif yöntemler düşünülmüştür. Bunlar arasında en önemlisi süperkritik akışkan teknolojilerinin kullanılmasıdır. Geleneksel yöntemlerinin yerini alma potansiyeli zayıf ancak hassas materyallerin sterilizasyonlarında kullanılma potansiyeli oldukça yüksektir [48].

Salgın döneminde atık yönetiminde yöntemlerin verimliliklerinin artırılmasına yönelik ciddi disiplinler arası çalışmalar yürütülmüştür. Atıkların hızlı bir şekilde ayrıştırılması için plazma enerjisinin kullanıldığı plazma ark teknolojileri ile atık yakma fırınları birleştirilerek verim artışının sağlandığı Organik Rankine Çevrimi (atık ısıdan enerji üretme) bunlara örnek verilebilir. Hedef Programlama (bir süreci optimize etmek için kullanılan program: Sırbistan'da uygun yakma yerlerinin belirlenmesinde) ve optimizasyon modelleri (hastane atık yönetiminde karar verme süreçlerinde), Bileşimsel Bayesyal Regresyon (atık oluşumu çevresel etkilerin tahmini), sistem yaklaşımı ve sinir ağı modellemesi (atık yönetim süreçlerinde) ile ileri yapay zeka ve makine öğrenmesi teknikleri de KAYS içerisinde toplama, sınıflandırma ve bertaraf aşamalarında denenmiştir. Yapay sinir ağları nüfus, ekonomi ve yerleşim yeri verilerini kullanarak uygun rotaların belirlenmesinde, görüntü işleme teknikleri ile otomatik sınıflandırmada, WtE tesislerinin optimizasyonunda, genetik algoritmalar, uygun rotaların ve konuların belirlenmesi, veri madenciliği daha iyi bir atık yönetimi için kaynakların verimli yönlendirilmesine yardımcı olabilmektedir [49].

5 Sonuç ve öneriler

Tüm dünyayı etkisi altına alan COVID-19 hastalığı küresel bir salgına dönüşmüş ve çok kısa sürede ciddi yaşam kayıplarına yol açmıştır. Salgının ilerleyişini durdurabilmek adına küresel ölçekte tedbirler alınmıştır. Eğitim kurumları, iş yerleri kapatılmış ve uygulanan hareket kısıtlamaları ile insanların yaşam tarzı tamamen değişmiştir. Değişen bu koşullar özellikle üretilen atık miktarı değilse de bileşenlerinde önemli değişimlere yol açmıştır. Atık yönetimi atıkların toplanması, taşınması, depolanması, bertarafı ve yeniden kullanılmasını kapsayan dinamik bir ağıdır. Salgından korunmak adına kullanılan tek kullanımlık maske, eldiven koruyucu giysiler, hastanelerde kullanılan şırınga ve yaşam destek sistem elemanları ve tek kullanımlık mutfak gereçleri, gıda ambalajları gibi plastik temelli atıkların miktarı hızla artmıştır ve uzun vadede plastik kirliliğine katkıda bulunabilir. Atık yönetim sistemi içerisinde yer alan tüm personel hastalık taşıyan materyaller ile temas riskine sahiptir. Özellikle atık toplayıcıları korumaya yönelik tedbirlerin alınması talimatı verilmiştir. Hassas bireyler izne ayrılmış, bu sebeple çalışan sayısı azalmış ve bazı ülkelerde çocuklarına eğitim yardımları şeklinde maddi olarak da desteklenmişlerdir. Virüsü çeşitli yüzeylerde 2 saat ile 9 güne kadar kalabildiği tespit edilmiştir. Bu durum atıklar üzerindeki virüslerin atıklar aracılığı ile yayılmalarının artacağı düşüncesini gündeme getirmiştir. Atıkların güvenli şekillerde toplanması amacıyla toplama alanlarına götürülmeden, çift paketlenmesi, 72 saat alıkonması, kimyasallar ile dezenfekte edilmeleri vb. bir dizi düzenleme yayınlanmıştır.

Salgın ortamında oluşan atık yönetimi sorunları beraberinde çözüm arayışlarını getirmiştir. Biyoparçalanabilir plastiklerin üretilmesi, maskelerin antiviral özellikleri kazandırılması, ideal bertaraf yöntemlerinin değerlendirilmesi, atık yönetim planlarının optimize edilmesi, sürdürülebilir atık yönetim sistemlerinin

inşası gibi çalışmalar yürütülmüştür. Mobil yakma işlemleri toplama ve taşıma kaynaklı yayılımı en aza indirirken özellikle nüfusun yoğun olduğu noktalarda önemli bir hava kirliliği kaynağına dönüşmüştür. Kimyasal dezenfektanların kullanımı yakılması gereken atıkları kurtarıp geri dönüşüme kazandırmak için bir fırsat iken, ekosistem üzerinde kimyasal kirlilik baskısı oluşturmuştur.

Geri dönüşüm sektörü bu dönemde önemli bir darbe almış geri dönüştürülebilir atıkların bir kısmı enfekte atıklar ile bertaraf edilirken, geri dönüşüm toplama noktaların atıkların ulaşımı sınırlanmıştır ve ciddi kaynak sıkıntısı oluşmuştur. Küresel “sıfır atık” planları ötelenmek zorunda kalmıştır. Oysa WtE teknolojilerinin yaygınlaştırılması ile yakma ve enerji sistemlerinin birleştirildiği tesisler hem çevresel hem de ekonomik anlamda elverişli sistemlerdir. Ancak kurulum ve işletim maliyetleri yüksek olduğu için özellikle gelişmekte olan ülkelerde düzenli depolama, gelişmemiş ülkelerde ise vahşi depolama ve açık çöplükler insanlar ve hayvanlar için önemli hastalık kaynaklarına dönüşmüşlerdir. Salgın döneminde düzenli depolama sahaları içinde tedbirler ve çözüm önerileri oluşturulmuştur, gündün üç defaya kadar örtü kullanmak gibi. Düzenli depolama sahalarında oluşan sızıntı suları ayrıca incelenmesi ve yönetilmesi gereken bir sorun teşkil etmektedir. Sızıntı suları gerekli tedbirler alınmazsa kirleticilerin yeraltı sularının en yakın kuyulara dolayısı ile insanlara ulaşmasında etken olabilmektedir.

Salgın sürecinde ortaya çıkan önemli bir konu ise kentlere ait verilerin tespitinde yaşanan sorunlardır. Özellikle kenar mahallelere ait sağlıklı verilere ulaşamamış ve bu da etkili atık yönetim planlarının oluşturulmasında engel teşkil etmiştir. Sağlıklı verilerin elde edilip kullanılabilmesi için düzenlemeler yapılmıştır.

Bu dönemde atık yönetimi üzerinde bilimsel çalışmalar hız alırken, disiplinler arası çalışmalar artmıştır. Salgın toplumun hızla dönüşebildiğini ve adapte olabildiğini ortaya koymuştur. Salgın öncesi döneme dönmek yerine tüm dünyada kentleri gelecekte daha dirençli, kapsayıcı ve ekonomik bakımdan daha sürdürülebilir kılmak şarttır. Yaşanan tecrübeler ile bunun mümkün olabileceği artık bilinmektedir.

Atık yönetiminin geleceğine yönelik ortaya çıkan önerileri şöyle özetleyebiliriz.

- Her anlamda optimize edilmiş entegre atık yönetim tesislerinin hızla tüm dünyada yaygın hale getirilmesi ve optimum koşullarda çalışmalarını sağlanmalıdır.
- Pnömatik sistemler gibi geleceğin teknolojileri ile atık toplayıcıları temastan sakınan el değmeden otomatik çalışan toplama sistemleri geliştirilerek yaygınlaştırılmalıdır.
- Yetkin personel oluşturulması konusunda gerekli eğitim çalışmaları işbirlikleri kurularak artırılmalıdır.
- Özellikle kaynağında ayrı toplama ile ülkemizde devam etmekte olan “sıfır atık” farkındalık projeleri ile bireysel eğitim çalışmaları her alanda desteklenmeli ve ilgili düzenlemeler ile teşvik edilmelidir.

- Doğada kalıcılığı yüksek plastik ürünler yerine kolay parçalanabilir, yeniden kullanılabilir potansiyeli yüksek materyallerin geliştirilmesine yönelik çalışmalar teşvik edilmelidir.
- WtE tesisleri gibi entegre atık yönetim tesislerinin yaygınlaştırılmaları sağlanmalı, böyle çevresel ve ekonomik etkiler arasında denge oluşturulması hedeflenmelidir.
- Yakma işlemleri sonrasında oluşan atıkların inşaat sektörü gibi başka alanlarda kullanılmalrı değerlendirilmelidir.
- Büyük, küresel, eksiksiz ve herkes tarafından erişilebilir veri bankaları kurulmalıdır.
- COVID-19 salgını sırasında elde edilen tecrübeler sürekli incelenmeye devam edilerek olası benzer durumlar için uyarlamalar yapılmalıdır.
- Salgın döneminde artan disiplinler arası çalışmalar ile üretilen yenilikçi teknolojilerin kullanılmalrıının desteklenmesi gereklidir.

Çıkar çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Benzerlik oranı (iThenticate): % 18

Kaynaklar

- [1] Ş. Balbay, A. Sarıhan, E. Avşar, Dünya’da ve Türkiye’de “Döngüsel ekonomi / endüstriyel sürdürülebilirlik” yaklaşımı. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 27, 557-569, 2021. DOI: 10.31590/ejosat.971172.
- [2] A. E. Gorbalenya, S. C. Baker, R. S. Baric, R. J. de Groot, C. Drosten, A. A. Gulyaeva, B. L. Haagmans, C. Lauber, A. M. Leontovich, B. W. Neuman, D. Penzar, S. Perlman, L. L. M. Poon, D. Samborskiy, I. A. Sidorov, I. Sola, and J. Ziebuhr, Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus– the species and its viruses, a statement of the Coronavirus Study Group. BioRxiv, 1–15, 2020. <https://doi.org/10.1101/2020.02.07.937862>
- [3] F. Wu, S. Zhao, B. Yu, Y. Chen, W. Wang, Z.-G. Song, Y. Hu, Z.-W. Tao, J.-H. Tian, Y.-Y. Pei, M.-L. Yuan, Y.-L. Zhang, F.-H. Dai, Y. Liu, Q.-M. Wang, J.-J. Zheng, L. Xu, E. C. Holmes, and Y.-Z. Zhang, A new coronavirus associated with human respiratory disease in China. Nature, 579 (7798), 265–269, 2020. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2008-3>
- [4] B. Kulkarni, and V. Anantharama, Repercussions of COVID-19 pandemic on municipal solid waste management: Challenges and opportunities. Science of the Total Environment, 743, 1–7, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140693>
- [5] Shortage of personal protective equipment endangering health workers worldwide; World Health Organization of the United Nations. <https://www.who.int/news/item/03-03-2020-shortage-of-personal-protective-equipment-endangering-health-workers-worldwide>, Accessed 30 May 2022.

- [6] İç İşleri Bakanlığı: 81 il valiliğine kapalı alanlarda maske kullanımı genelgesi gönderildi. 27 Nisan 2022. <https://www.icisleri.gov.tr/81-il-valiligine-kapali-alanlarda-maske-kullanimi-genelgesi-gonderildi>
- [7] S. Oğur, Ş. Hayta, H. Durmaz Bekmezci, Covid -19 pandemisi sürecinde gıda güvenliği riskleri ve önlemleri. Sağlık, Tarım ve Gıda: Covid-19 Küresel Salgının Siyasi, Sosyal ve Ekonomik Yansımaları. 91-100. (Ed. K.A. Koçak), Vega Basım Hizmetleri, Ankara, TASAV 2020. ISBN:978-605-66939-4-6 https://www.tasav.org/media/k2/attachments/Covid-19_K%C3%BCresel_Salg%C4%B1n%C4%B1n_Siyasi,_Sosyal_ve_Ekonomik_Yans%C4%B1mlar%C4%B1_web.pdf, Accessed 30 May 2022.
- [8] D. Karakuş, E. Avşar, Covid-19 Pandemi sürecinde Türkiye’de hastanelerde alınan önlemlerin ve uygulamaların incelenmesi ve değerlendirilmesi. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 35 564-572. 2022. <https://doi.org/10.31590/ejosat.1086478>
- [9] M. D. Vaverková, E. K. Paleologos, A. Dominijanni, E. Koda, C. S. Tang, W. Malgorzata, Q. Li, N. Guarena, A. M. O. Mohamed, C. S. Vieira, M. Manassero, B. C. O. Q. X. M. Win Bo, D. Adamcova, A. P. U. M. Anand, A. Mohammad, V. S. N. S. Goli, G. Kuntikana, E. M. P. S. Pathak, D. N. Singh, Municipal solid waste management under COVID-19: challenges and recommendations. Environmental Geotechnics, 1-16, 2021. <https://doi.org/10.1680/jenge.20.00082>
- [10] L. Willis, Are We Burying Ourselves In PPE Waste?: The impact of COVID-19 on our waste stream could last decades. 2020. <https://emagazine.com/are-we-burying-ourselves-in-ppe-waste/>, Accessed 30 May 2022)
- [11] J. C. Prata, A. L. P. Silva, T. R. Walker, A. C. Duarte, and T. Rocha-Santos, COVID-19 pandemic repercussions on the use and management of plastics. Environmental Science and Technology, 54 (13), 7760–7765, 2020. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c02178>
- [12] D. Hantoko, X. Li, A. Pariatamby, K. Yoshikawa, M. Horttanainen and M. Yan, Challenges and practices on waste management and disposal during COVID-19 pandemic. Journal of Environmental Management. 286, 112140, 1-9, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112140>
- [13] G. Kampf, D. Todt, S. Pfaender and E. Steinmann, Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents. The Journal of Hospital Infection 104 (3): 246–251. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2020.01.022>
- [14] N. van Doremalen, T. Bushmaker, D. H. Morris, M. G. Holbrook, A. Gamble, B. N. Williamson, A. Tamin, J. L. Harcourt, N. J. Thornburg, S. I. Gerber, J. O. Lloyd-Smith, E. de Wit and V. J. Munster, Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1. New England Journal of Medicine, 382, 1564–1567, 2020. <https://doi.org/10.1056/NEJMc2004973>
- [15] Y. Ye, R. M. Ellenberg, K. E. Graham and K. R. Wigginton, Survivability, partitioning, and recovery of enveloped viruses in untreated municipal wastewater. Environmental Science and Technology, 50 (10), 5077–5085, 2016. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b00876>
- [16] A. W. H. Chin, J. T. S. Chu, M. R. A. Perera, K. P. Y. Hui, H. L. Yen, M. C. W. Chan, M. Peiris and L. L. M. Poon, Stability of SARS-CoV-2 in different environmental conditions. The Lancet Microbe, 1 (1), e10, 2020. [https://doi.org/10.1016/S2666-5247\(20\)30003-3](https://doi.org/10.1016/S2666-5247(20)30003-3)
- [17] L. D. Nghiem, B. Morgon, E. Donner and M. D. Short, The COVID-19 pandemic: Considerations for the waste and wastewater services sector. Case Studies in Chemical and Environmental Engineering, 1, 100006, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2020.100006>
- [18] H. B. Sharma, K. R. Vanapalli, V. R. S. Cheela, V. P. Ranjan, A. K. Jaglan, B. Dubey, S. Goel and J. Bhattacharya, Challenges, opportunities, and innovations for effective solid waste management during and post COVID-19 pandemic. Resources, Conservation and Recycling, 162, 105052, 2020 <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105052>
- [19] R. Suman, M. Javaid, A. Haleem, R. Vaishya, S. Bahl and D. Nandan, Sustainability of coronavirus on different surfaces. Journal of Clinical and Experimental Hepatology, 10 (4), 386–390. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jceh.2020.04.020>
- [20] G. Qu, X. Li, L. Hu and G. Jiang, An imperative need for research on the role of environmental factors in the transmission of novel coronavirus (COVID-19). Environmental Science and Technology, 54 (7), 3730–3732, 2020. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c01102>
- [21] M. P. G. Mol, and S. Caldas, Can the Human Coronavirus Epidemic Also Spread through Solid Waste? Waste Management and Research, 38, 485-486. 2020. <https://doi.org/10.1177/2F0734242X20918312>
- [22] T. D. T. Oyedotun, O. F. Kasim, A. Famewo, T. D. Oyedotun, S. Moonsammy, N. Ally and D. M. Renn-Moonsammy, Municipal waste management in the era of COVID-19: Perceptions, practices and potentials for research in developing countries. Research in Globalization, 2, 100033. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.resglo.2020.100033>
- [23] C. S. Tang, E. K. Paleologos, C. Vitone, Y. J. Du, J. S. Li, N. J. Jiang, Y. F. Deng, J. Chu, Z. Shen, E. Koda, A. Dominijanni, X. Fei, M. D. Vaverkova, P. Osinski, X. Chen, A. Asadi, M. R. H. Takeuchi, M. W. Bo, H. Abuel-Naga, E. C. Leong, A. Farid, T. Baser, B. O’Kelly, B. Jha, V. S. N. S. Goli and D. N. Singh, Environmental geotechnics: challenges and opportunities in the post COVID-19 world. Environmental Geotechnics, 8 (3), 172-192, 2021. <https://doi.org/10.1680/jenge.20.00054>

- [24] T. M. Straub, I. L. Pepper and C. P. Gerba, Persistence of viruses in desert soils amended with anaerobically digested sewage sludge. *Applied and Environmental Microbiology*, 58, 636–641, 1992. <https://doi.org/10.1128/aem.58.2.636-641.1992>
- [25] P. Roy, A. K. Mohanty, A. Wagner, S. Sharif, H. Khalil and M. Misra, Impacts of COVID-19 Outbreak on the Municipal Solid Waste Management: Now and beyond the Pandemic. *ACS Environmental Au.1* (1), 32-45, 2021. <https://doi.org/10.1021/acsenvironau.1c00005>
- [26] B. Henneberry, *How Surgical Masks are Made*. Thomas Publishing Company, 2020. <https://www.thomasnet.com/articles/other/how-surgical-masks-are-made/#:~:text=Masks%20are%20made%20on%20a,se nt%20out%20of%20the%20factory>. Accessed 30 May 2022.
- [27] H. J. Choi, (2020). COVID-19 pandemic has spurred materials researchers to develop antiviral masks. *Chemical Engineering News* (Dinsa Sachan haberi), 98 (31), 2020. ISSN 0009-2347 Copyright © 2022. American Chemical Society. <https://cen.acs.org/safety/COVID-19-pandemic-spurred-materials/98/i31>, Accessed 30 May 2022.
- [28] F. S. Quan, I. Rubino, S. H. Lee, B. Koch, H. J. Choi, Universal and reusable virus deactivation system for respiratory protection. *Scientific Reports*, 7 (1), 39956, 2017. <https://doi.org/10.1038/srep39956>
- [29] Association of Cities and Regions for Sustainable Resource Management; ACR, *Municipal Waste Management and COVID-19*. 2020. <https://www.acrplus.org/en/municipal-waste-management-covid-19>. Accessed 30 May 2022.
- [30] L. Makarichi, W. Jutidamrongphan and K. Techato, The evolution of waste-to-energy incineration: A review. *Renewable Sustainable Energy Reviews*, 91, 812–21, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.088>
- [31] J. Langley, Waste sector receives ‘key worker’ status. 20 March 2020. Letsrecycle.com. <https://www.letsrecycle.com/news/waste-sector-receives-key-worker-status/> Accessed 29 July 2022.
- [32] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Tek kullanımlık maske, eldiven gibi kişisel hijyen malzeme atıklarının yönetiminde Covid-19 tedbirleri. Genelge 2020/12. <https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/icerikler/gng2020-16-cov-d-19-20200408101457.pdf> Accessed 30 May.2022.
- [33] Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği. Resmi Gazete Sayı: 29959 ve Tarih: 25.01.2017. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=23273&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5> Accessed 06.Oct.2022.
- [34] E. Koda and P. Osinski, Bentonite cut-off walls: solution for landfill remedial works. *Environmental Geotechnics*. 4 (4): 223–232, 2017. <https://doi.org/10.1680/jenge.14.00022>
- [35] European Commission, *Waste Management in the Context of the Coronavirus Crisis*. 14 April 2020. EC, Brussels, Belgium. https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/waste_management_guidance_dg-env.pdf Accessed 30 May 2022
- [36] L. Kaufman and E. Chasan, Climate adaptation: cities wonder whether recycling counts as essential during the virus. *Bloomberg Law*, 27 March 2020. <https://news.bloomberglaw.com/environment-and-energy/cities-wonder-whether-recycling-is-essential-during-virus> Accessed 30 May 2022.
- [37] A. Almasi, M. Mohammadi, A. Azizi, Z. Berizi, K. Shamsi, A. Shahbazi and S. A. Mosavi, Assessing the knowledge, attitude and practice of the Kermanshahi women towards reducing, recycling and reusing of municipal solid waste. *Resources, Conservation Recycling*, 141, 329–338, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.10.017>
- [38] C. Nzediegwu and S. X. Chang, Improper solid waste management increases potential for COVID-19 spread in developing countries. *Resources, Conservation & Recycling*, 161,104947. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104947>
- [39] S. Yu and H. Dong, Uncover cost–benefit disparity of municipal solid waste incineration in Chinese provinces. *Sustainability*. 12 (2), 697, 2020. <https://doi.org/10.3390/su12020697>.
- [40] Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives. *Official Journal of the European Union* L312/3. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2008/98/oj> Accessed 30 May 2022.
- [41] European Centre for Disease Prevention and Control ECDC, *Infection Prevention and Control and Preparedness for COVID-19 in Healthcare Settings – third update*. 13 May 2020. ECDC, Stockholm, Sweden, Technical Report. https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/Infection-prevention-control-for-the-care-of-patients-with-2019-nCoV-healthcare-settings_third-update.pdf Accessed 30.05.2022)
- [42] Occupational Safety and Health Act; OSHA, *Occupational Exposure to COVID-19; Emergency Temporary Standard; Interim Final Rule*. 2021. <https://www.osha.gov/laws-regs/federalregister/2021-06-21> , Accessed 29 July 2022
- [43] Y. Liu, Z. Ning, Y. Chen, M. Guo, Y. Liu, N. K. Gali, L. Sun, Y. Duan, J. Cai, D.Westerdahl, X. Liu, K. Xu, K. Ho, H. Kan, Q. Fu and K. Lan, Aerodynamic analysis of SARS-CoV-2 in two Wuhan hospitals. *Nature*, 582 557–560, 2020. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2271-3>.
- [44] E. Çelen, *Salgın günlerinde atık yönetimi*. 06.06.2020. Escarus Blog, 2020. <https://www.escarus.com/salgin-gunlerinde-atik-yonetimi> Accessed 30 May 2022.

- [45] A. N. Bratsev, V. E. Popov, A. F. Rutberg and S. V. Shtengel, A facility for plasma gasification of waste of various types. *High Temperature*, 44, 823–828, 2006. <https://doi.org/10.1007/s10740-006-0099-7>
- [46] H. C. Liu, J. X. You, C. Lu and Y. Z. Chen, Evaluating healthcare waste treatment technologies using a hybrid multi-criteria decision making model. *Renewable Sustainable Energy Reviews*, 41, 932–42, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.08.061>
- [47] World Health Organization, Overview of technologies for the treatment of infectious and sharp waste from health care facilities. 2019. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241516228> Accessed 29 July 2022.
- [48] N. Ribeiro, G. C. Soares, V. Santos-Rosales, A. Concheiro, C. Alvarez-Lorenzo, C. A. Garcia-Gonzalez A. L. Oliveira, A new era for sterilization based on supercritical CO₂ technology. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*, 108 (2), 399–428, 2019. <https://doi.org/10.1002/jbm.b.34398>.
- [49] A. Rubabi, M. M. Khan, F. Uddin, Y. A. Bangash and S. A. A. Taqvi, A Study on AI-based Waste Management Strategies for the COVID-19 Pandemic. *ChemBioEng Reviews*, 9 (2), 212-226, 2022 <https://doi.org/10.1002/cben.202100044>

