

COVID-19 PANDEMİSİNİN ÇEVRE ÜZERİNDEKİ ERKEN DÖNEM ETKİLERİ

Meral YURTSEVER* 

Alınma: 16.08.2020; düzeltme: 23.11.2020; kabul: 17.12.2020

Öz: DSÖ'nün pandemi duyurusuyla başlayan SARS-CoV-2 virüsüyle küresel ölçekteki mücadele devam etmektedir. COVID-19 pandemisi, eğitimden alışverişe, spordan eğlenceye, ulaşımdan uluslararası ilişkilere, toplu ritüellerden günlük rutinelere, üretimden tüketime ve dolayısıyla oluşan atıklara kadar her alanda yaşamı değiştirmeye başlamış ve tüm dünyayı etkisi altına almıştır. Yapılan kısmi ve tam kapatmalar sayesinde ülkelerde oluşan hava kirletici emisyonlarda azalma, şehir gürültü seviyelerinde düşüş, su kaynaklarının kalitesinde ve çevrede nispeten iyileşme görülmeye başlamıştır. Öte yandan salgınla mücadelede kullanılan kişisel koruyucu donanım (KKD), dezenfektan ve ilaç gibi malzemelerin büyük miktarlara ulaşmasından dolayı, bu malzemelerin çevrede ve sulara rastlanan atıkları da artmıştır. Dolayısıyla pandeminin, sosyal, sağlık, endüstri ve ekonomi alanlarında beklenen geçici ve kalıcı olabilecek etkilerine benzer şekilde, bir çok önemli çevresel etkileri de olacaktır. Genel olarak COVID-19'un çevresel etkilerinde olumlu giden iyileşmelerin geçici olacağı ve kısıtlamaların sonlanmasıyla duracağı düşünülmekle beraber, önlemler alınmazsa özellikle olumsuz ve kalıcı etkilerinin de kaçınılmaz olacağı öngörülmektedir. Bu çalışmada, pandeminin çevresel kirlilik üzerindeki etkileri su, hava, gürültü ve görüntü kirliliği ile atıklar konularına odaklanarak kapsamlıca değerlendirilmiştir. Ayrıca, çevre bilimleri ile ilişkilendirilebilecek bulaşma yolları (su, atıksu, katı atıklar ile), ilgili tedbirler ve atıksu-bazlı epidemiyoloji (ABE) ile SARS-CoV-2 virüsü için erken uyarı sistemi gibi konular irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: SARS-CoV-2, Salgın, Çevre kirliliği, Sanitasyon, Arıtma, Atık.

Short-Term Effects of COVID-19 Pandemic on the Environment

Abstract: The fight against the SARS-CoV-2 at the global scale, in the aftermath of the declaration of the pandemic by WHO, is at full steam. COVID-19 pandemic caused worldwide change in all aspects of life, ranging from education to shopping, sports to entertainment, transportation to international relations, social rituals to daily routine, production to consumption, and therefore, the waste produced. The partial and total lockdown measures introduced led to substantial reductions in air pollutant emissions, falls in noise levels in urban environments, and improvements in the quality of water sources and the environment. On the other hand, given the substantial demand for personal protective equipment (PPE), disinfectant and drug in the context of the response to the pandemic, now waste produced by the use of such materials is becoming more and more prevalent in the environment and water sources. Therefore, the pandemic is bound to have substantial impact on the environment, comparable to temporary and more permanent effects it has on the social, health, industrial and economic aspects of life. Crudely put, the improvements in the environment, brought about by the COVID-19 pandemic will probably be temporary, and will last for only as long as the restrictions remain in place, while it is bound to have negative and probably lasting effects in the lack of adequate measures. The present study aims to carry out a comprehensive assessment of the pandemic's effect on water, air, noise and visual pollution, as well as the waste produced specifically by pandemic-response activities. Furthermore, the analysis focuses on the means of transmission of the disease that can be associated with environmental sciences (water,

* Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü 54187, Sakarya
İletişim Yazarı: Meral Yurtsever (mevci@sakarya.edu.tr)

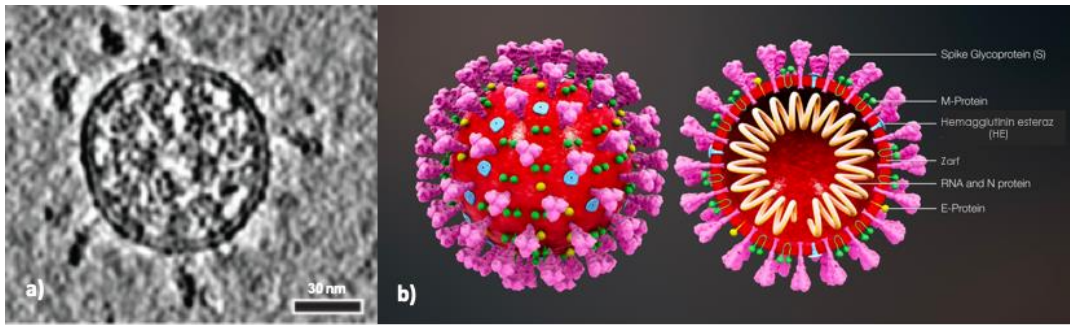
wastewater, solid waste), the applicable measures, and wastewater-based epidemiology (WBE) and early-warning systems regarding SARS-CoV-2 virus.

Keywords: SARS-CoV-2, Pandemic, Environmental pollution, Sanitation, Treatment, Waste.

1. GİRİŞ

Yeni koronavirüs hastalığının (COVID-19) ortaya çıkışı ilk olarak 30 Aralık 2019'da tanımlanmış ve Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından küresel bir salgın olduğu 11 Mart 2020 tarihinde tüm dünyaya duyurulmuştur (WHO, 2020a). Başlangıçta vakalar çoğunlukla Ocak ayında Çin'de yaygınlaşsa da, pandemi ilan edilen zamana kadar ki süreçte hastalık hızla Tayland, Japonya, Güney Kore, Birleşik Arap Emirlikleri, Avrupa (özellikle İtalya, İspanya) ve Amerika Birleşik Devletleri'ne yayılmıştır. Güncel verilere göre, aktif vaka ve ölümün olduğu 216 ülke, ada ve diğer bölgelerden kayıtlar bulunmaktadır (WHO, 2020b; Worldometer, 2020). İlk olarak 2019 Aralık ayında Çin'in Hubei eyaletine bağlı Wuhan kentinde ortaya çıkan SARS-CoV-2 virüsü salgını, Mayıs sonu itibarıyla 5,295,311 onaylı vaka ve 339,316 ölümlle dünya çapında yayılmış bulunmaktadır (Worldometer, 2020). Bu yayılma, ne yazık ki tüm çaba ve kısıtlayıcı önlemlere karşılık her geçen gün katlanarak artmaktadır. Bulaşıcı hastalık tehdidi ile küresel ölçekte mücadelenin sağlanabilmesi için, tıp, halk sağlığı ve bilgi teknolojileri (pandemic 2.0; Qu ve diğ., 2020) alanlarındaki uzmanlıklara ek olarak, çevre bilimcilerin de araştırmalara katkısı ve acil işbirliği gerekli görünmektedir.

COVID-19 hastalığının yayılması temel olarak iki bulaşma yoluyla açıklanabilir; solunma ve temas. Bir SARS-CoV-2 virüsü parçacığının (viryon) çapı yaklaşık 70-120 nm olup (Şekil 1), duman ve toz aerosollerin boyutundan daha küçüktür (Yao ve diğ., 2020; Wang ve Du, 2020; Chauhan ve Singh, 2020). Virüs, hasta bireylerin öksürmeleri veya aksırmaları ile ortama saçılan damlacıkların solunması sırasında yakın temasla ve havadan bulaşabilmektedir. SARS-CoV-2 virüsün birincil bulaşma yolunun küçük solunum damlacıkları yoluyla olabileceği ve yalnızca semptomatik bireylerden değil, presemptomatik ve asemptomatik (süper taşıyıcı) bireylerden bulaşabileceği de bilinmektedir (Lodder ve Roda Husman, 2020). Doğrudan damlacık iletimi, önemli bir bulaşma yolu olmasına rağmen, dışkı atılımı, çevresel kontaminasyon ve fomitler, viral iletime katkıda bulunabilmektedir (Yeo ve diğ., 2020; Acar ve diğ., 2020).



Şekil 1:
SARS-CoV-2 viryonuna ait elektron tomografisi (a) (Turoňová ve diğ., 2020), virüsün şematik yapısı ve proteinleri (b) (Fenna, 2020)

Salgının başlamasıyla beraber, başlangıçta vakaları izole etmek ve virüsün bulaşmasını durdurmak ve daha sonra yayılma hızını yavaşlatmak amacıyla tüm dünyada hükümetler tarafından giderek daha sıkılaştırılan önlemler alınmış ve kapatmalar uygulanmıştır. Alınan önlemler, semptomatik bireylerin izolasyonundan kitle toplantılarının yasaklanmasına, okulların, işletmelerin zorunlu olarak kapatılmasına ve hatta zorunlu ev hapsine kadar

artırılmıştır. Eve kapatmalar, enerji kullanımında, hava kirletici emisyonlar üzerinde ve kentlerde oluşan atıkların karakterinde önemli bir takım değişikliklere yol açmıştır (Mahato ve diğ., 2020; Aldaco ve diğ., 2020; Prata ve diğ., 2020; Klemeš ve diğ., 2020).

Hava kirliliğinin bağışıklık sistemini zayıflattığı ve solunum yolu rahatsızlıklarında artışa sebep olduğu bilinmektedir. Salgın enfeksiyonları, dış ortam hava kirliliği konsantrasyonlarıyla çok yakından ilişkili olabilmektedir. COVID-19 pandemisi süresince havadaki partikül maddeler (PM_{2,5}, PM₁₀), karbon monoksit (CO), azot monoksit (NO), azot dioksit (NO₂), kükürt dioksit (SO₂), ozon (O₃) gibi kirletici konsantrasyonlarının değişimi ve etkileri ile bunun tersi olarak kapatmaların COVID-19 enfeksiyonları üzerindeki etkilerini çevre ve halk sağlığı perspektifinden araştıran çalışmaların sayısı hızla artmaktadır (Han ve diğ., 2020; Frontera ve diğ., 2020; Domingo ve Rovira, 2020). Yapılan çalışmalar, salgının başlamasıyla beraber uygulanan karantina (kısmi ve tam) önlemleri sayesinde hava kirletici konsantrasyonlarının büyük ölçüde azalabildiğini, hava kalitesinde iyileşmenin olduğunu ortaya koymaktadır. Öte yandan, kirlilik artışıyla bulaşma ve hastalıklar artmaktadır. COVID-19 bir solunum yolu hastalığı olduğundan hava kirliliği, solunum yoluyla SARS-CoV-2 virüs enfeksiyonu oranını artırabilmektedir (Frontera ve diğ., 2020). Çin'de ülke çapında kapatmalarla Ocak ayında hava kirliliğinin düştüğü, ancak daha sonra Mart ayındaki gevşemelerle birlikte tekrar yükseldiği, partikül madde (PM), NO₂ ve CO gibi hava kirleticilerinin, büyük olasılıkla uygun iklim koşullarında virüs partiküllerinin uzun ömürlü olmasına olanak sağladığı anlaşılmıştır (satellite data; Martelletti ve Martelletti, 2020).

Bunların yanı sıra SARS-CoV-2 virüsünün havadaki toz, is ve PM gibi kirleticilere adsorpsiyonu da, virüsün uzun menzilli taşınmasına ve yayılmasına sebep olabilir (Qu ve diğ., 2020). Özellikle hava kirliliğinin yoğun olduğu bölgelerde, hava kirleticilerin yanı sıra bu faktör de değerlendirilmelidir. Karantinaların uygulanmasıyla birlikte Çin'de NO₂ emisyonlarının 10-25 Şubat arasında %20-30'a, Mart 2020'de İspanya'da, Fransa'da ve İtalya'da karantinadan dolayı Mart 2019'a göre NO₂ emisyonlarının %20-30'a kadar düştüğü, Kuzeydoğu ABD'de ise NO₂ emisyonlarının %30'a kadar azaldığı bildirilmiştir (Muhammad ve diğ., 2020). COVID-19 karantinalarının olumlu bir başka çevresel etkisi su kaynaklarında gözlemlenmiştir. Örneğin İtalya Venedik' te turizmdeki düşüşle birlikte su kaynaklarının berraklaşması, balıkların tekrar görülebilmesi mümkün olmuştur (Saadat ve diğ., 2020). Ayrıca şehir gürültüsü azalmış, şehir merkezlerinde bile kuş sesleri net duyulmaya başlanmıştır.

Koronavirüsler su ve kanalizasyonda günlerce hatta haftalarca kalabilmektedir (Casanova ve diğ., 2009). SARS-CoV-2 virüsü enfekte hastaların dışkı, idrar örneklerinde pozitif olarak tespit edilmiştir. Bu sebeple bu atıkların iletim yollarının göz önünde bulundurulması gerektiğinden dolayı, konuyla ilgili olarak yerleşim bölgelerindeki altyapı şebekelerinde ve arıtma tesislerinde araştırmalar başlamıştır. Yapılan yeni analizler SARS-CoV-2 RNA'sının atıksuda bulunduğunu göstermiştir (Hindson ve diğ., 2020). Bununla birlikte, gastrointestinal yolunun kolon (bağırsak) sıvılarında SARS-CoV-2'nin hızlı inaktivasyonunu gösteren titiz bir çalışma bile, dışkı örneklerinden enfeksiyöz SARS-CoV-2'yi geri kazanamamıştır (Zang ve diğ., 2020). Bu, muhtemelen enfekte bireylerin dışkısında "bulaşıcı" SARS-CoV-2'nin olmadığını gösterir (Wölfel ve diğ., 2020).

Hastalardan atıksuya geçen enfekte salgı ve dışkı, el yüz yıkarken, sifon çekilirken ve atık suların akışı sonrasında arıtma tesislerinde virüs yüklü aerosollerin üretilmesi şeklinde ilave bir bulaşma yolu oluşturabilir. Bu nedenle, virüs bulaşmış kanalizasyondan kaynaklanan aerosollerin SARS-CoV-2 yayılmasındaki rolünün daha ileri çalışmalarla araştırılması gereklidir (Barcelo, 2020). DSÖ'nün Pandemi ilanından (WHO, 2020a) sonra ülkelerde uygulanan kısmi ve tam karantina sayesinde, evsel atıklarda nispeten bir azalma söz konusu olmuş ve insanlar genel olarak temel ihtiyaç, tüketim ve gıda maddelerine ağırlık vermiştir (Aldaco ve diğ., 2020). Örneğin tekstil sanayindeki gibi endüstriyel faaliyetlerdeki kısmen durma, azaltma veya durdurma nedeniyle de atık oluşumunun düşüşü gözlenmiştir. Hastanelerde KKD kullanımı ve buna bağlı atık oluşumu artmış olsa da kısıtlamalar sebebiyle

ve zaruri olmadıkça insanların hastanelere dahi çıkmama eğilimi ile hastanelerde oluşan tıbbi atıklarda aşırı artış gözlenmemiştir. Buna karşılık tabii ki artan vaka sayısı ve buna mukabil alınacak koruyucu tedbirlerin sıklaştırılması ile birlikte hastanelerde oluşan tıbbi atıklarda bir artış söz konusudur.

Çoğunluğu plastikten mamül KKD'lerin salgında kullanımı katlanarak artmıştır. Bu da çevrede zaten büyük tehdit oluşturan diğer plastik atıklara ilave atık oluşumu manasına gelmektedir. Pandemi atıklarının çevrede yaratacağı kirlilik tehdidi yalnızca bununla kalmayıp, biyota için de büyük risk teşkil eden mikroplastiklerin (Yurtsever, 2018; Yurtsever ve Yurtsever, 2019) yayılmasına da katkıda bulunmaktadır (Fadare ve Okoffo, 2020).

Çin'de, yalnızca zorunlu sosyal mesafe ile kitlesel olarak maske kullanımı birleştirilerek salgının yayılma hızını düşürmede büyük bir başarı elde edilmiştir (Leung ve diğ., 2020). Ancak, kitlesel olarak tek kullanımlık KKD kullanımı virüsün yayılmasında etkili bir önlem olsa da çevresel açıdan sürdürülebilir olmayacağı bellidir (Silva ve diğ., 2020). Salgından korunma amaçlı kullanılan tek kullanımlık malzemelerin tonlarcasının cadde, sokak ve sahillere toplanmaya başlandığı, deniz ve okyanuslardan atık eldivenlerin (Kassam, 2020), maskelerin çıkarıldığı bir dönem yaşanırken, plastik üzerine övgülere de rastlanmaktadır. Plastik lobisi, salgınla mücadelede ve hizmet sektöründe hijyen ihtiyacına katkı için plastik malzemelerin ne kadar kullanışlı olduğu üzerinde algı oluşturma çabalarını sürdürmektedir. Oysa ki salgın döneminde oluşan atıkların katlanarak artacağı ve birikeceği aşıkardır. Ayrıca, virüsün plastik yüzeylerde (Kampf ve diğ., 2020) 2-5 gün süreyle kalabildiği ve COVID-19'a artan maske gibi atıkların doğada 450 yılda bozulabildiği unutulmamalıdır.

Bu çalışmada, SARS-CoV-2 virüsünün sebep olduğu COVID-19 pandemisinin kısa dönemde meydana gelen etkileri çevresel açıdan değerlendirilmiş, olumlu ve olumsuz etkileri ortaya konulmaya çalışılmıştır.

2. COVID-19 PANDEMİSİ, ÇEVRE BİLİMİ VE MÜHENDİSLİĞİ

Koronavirüsler, hem düşük (4 °C) hem de normal (25 °C) sıcaklıklarda saf suda, doğal su kaynaklarında ve insan dışkı ile kirlenmiş sularda (lağım, kanalizasyon şebekesi) enfekte edici olarak haftalarca kalabilirler (Casanova ve diğ., 2009). Yeni çalışmalarda COVID-19 hastalarının dışkı ve idrarlarında SARS-CoV-2 saptandığı bildirilmiştir (Wu ve diğ., 2020a; Wang ve diğ., 2020a) ve bu durum kanalizasyondan virüs (Medema ve diğ., 2020; Ahmed ve diğ., 2020) fekal-oral bulaşması olasılığını düşündürmektedir. Kliniklerde ve laboratuvarlarda COVID-19'un mevcut küresel izlemesinin yanı sıra, ABE takibi, virüsün kaynağını izlemek, potansiyel virüs taşıyıcılarının yerlerini belirlemek ve etkili bir erken uyarı sağlamak için kullanılabilir kullanılabilir (Mao ve diğ., 2020).

Dünyada bir çok şehrin atıksularında SARS-CoV-2 virüsü tespit edilmiş olsa da (Medema ve diğ., 2020; Wu ve diğ., 2020a; Ahmed ve diğ., 2020; Kocamemi ve diğ., 2020; Randazzo ve diğ., 2020) henüz virüsün su kaynakları ya da atıksu yoluyla bulaştığına dair kanıt bulunmamaktadır. Atıksu arıtma tesisi (AAT) çıkışındaki arıtılmış suların dezenfekte edilmeden alıcı ortamlara verilmesi veya tarımsal sulamada (özellikle çiğ tüketilen meyve, sebze gibi ürünlerin yetiştirildiği) kullanılmasının (Lahrich ve diğ., 2020), bulaşma nedeniyle riskli olacağı düşünülmektedir. Ancak ülkemizdeki 603 AAT'den yalnızca 53'ünde dezenfeksiyon ünitesi bulunmaktadır ve tüm arıtılmış atıksuların acil dezenfeksiyonu mümkün görünmemektedir. Bu konuda düzenlemelere ihtiyaç bulunmaktadır. COVID-19 bulaşması konusunda ilgili olarak AAT'lerde personelin ek koruma yöntemlerine gereksinim duyduklarını gösteren bir kanıt da bulunmamaktadır. Yine de salgın süresince halk sağlığının korunması ve SARS-CoV-2 virüsünün yayılmasını önlemek amacıyla Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü (CYGM, 2020) tarafından, AAT'lerde alınacak tedbirler için bir genelge yayınlanmıştır. Bu bağlamda, kullanılmış sularla temas etme riski bulunanlar için fazladan koruyucu önlemlerin alınması önerilmektedir (TOB, 2020).

İçme suyu dağıtım sistemleri araştırma ihtiyacı olan bir diğer alandır. Özellikle eskimiş içme suyu dağıtım sistemlerinde ortaya çıkan koronavirüs de dahil olmak üzere viral patojen çeşitliliğinin daha iyi karakterizasyonu ve izlenmesi halkı olası su kaynaklı enfeksiyonlardan koruyacaktır (Naddeo ve Liu, 2020). Suların arıtılıp iletilmesinde gerekli ve yeterli dezenfeksiyonun sağlanması, virüsün atıksularda aerosollerle yayılması yoluyla ikincil bulaşma olasılığı, virüs bulaşmış yüzeylerin temizlenmesinde kullanılan kimyasallar, ortam dezenfeksiyonu işlemleri (belediyeler, işletmeler), alınan tıbbi tedbirler, gıda ve su güvenliği tedbirleri ve diğer tedbirler, pandemi sürecinde daha fazla katı atık oluşumuna ve dezenfektan vb. maddelerin harcanmasına neden olmaktadır (Gheraout ve Elboughdiri, 2020). Salgınla mücadelede yapılan hijyen ve dezenfeksiyon işlemleri için yüksek oranda kimyasal ve dezenfektan kullanımı söz konusudur. Kullanılan deterjanlar, kuaterner amonyum bileşikler gibi dezenfektan aktif bileşenleri (Hora ve diğ., 2020), klorlu temizlik malzemeleri ve gümüşlü vb. diğer dezenfektanlar sayesinde kanalizasyon sistemlerine fazla toksik kimyasal girişi olmaktadır. İnorganik farmasötikler (lityum, bizmut, platin) arasında bile eşsiz olan gümüşün (Ag) antimikrobiyal özellikleri çok eski çağlardan beri bilinmektedir (Whitehouse, 2015). Kolloidal gümüş iyonu, RNA'ya bağımlı RNA polimeraz enziminin kopyalanmasını inhibe eder ve bu şekilde SARS-CoV-2'nin etkisi nötralize edilebilir (Ignatov, 2020). Öyle ki, gümüşün bu önemli özelliklerine dayandırılarak virüse karşı sebze ve meyvelerin kolloidal gümüş suyuyla yıkanarak (sözcü, 2020) dezenfekte edilmesi gerektiği savunulmaya başlanmıştır. Ancak güçlü bir mikrop öldürücü olan gümüşün bu yiyeceklerle birlikte ağız yoluyla alınması doğru olmayacaktır. İlaveten, COVID-19 ile mücadelede hijyen için sık sık gümüş iyonlu (Ag⁺) jel, dezenfektan, mendil ve maskelerin kullanılması önerilmektedir. Literatürde, gümüş nanopartiküller ile özel olarak tasarlanarak geliştirilmiş olan, uzun süre dayanabilen ve geri dönüştürülebilir KKD'ler gibi ürünlerle tek kullanımlık malzemelerin çevre kirliliği açısından oluşturduğu kaygıların giderilebileceği, böylece enfeksiyon riskleri nedeniyle özel yönetim gerektirebilecek katı atıkların oluşumunun azaltılabileceği bildirilmektedir (Ogunseitan, 2020). Nanogümüş tekstillerin yaşam döngüsünün incelendiği eski bir çalışmada, bu malzemelerin yıkama ve atılmasından kaynaklanan toksik salınımların önemsiz olacağı vurgulanmaktadır (Walser ve diğ., 2011). Ancak, gümüş nanopartiküllerin biyotik veya abiyotik süreçlerle çevrede sürekli dönüşümlere uğradığına dair kanıtlar bulunmaktadır (Azimzada ve diğ., 2017; Ogunseitan, 2020). Ayrıca, Ag⁺ nanopartiküllerin emisyonları, çevre ve insan sağlığı üzerindeki etkileri üzerinde endişelere yol açmaktadır (Azimzada ve diğ., 2017). Nanogümüşün tıbbi uygulamalarının giderek yaygınlaşması, toksisiteleri ve atıksulardaki deşarjları ile ilişkili potansiyel çevresel risklerinden dolayı uluslararası yönetmelik ve düzenleme çağrılarında da neden olmuştur (Ogunseitan, 2020).

Yerel yönetimler tarafından yapılan yanlış hijyen uygulamalarının faturası da ne yazık ki çevreye zarar olarak çıkmaktadır. Örneğin, sıkça görülmeye başlanan ve belediyeler tarafından yapılan cadde, sokak yıkama çalışmaları, insanlar arasında virüs yayılmasında efektif olamayacağı gibi hem deterjan kullanımı, hem de suyun harcanması gibi sebeplerle aşırı atıksu oluşumuna ve çevresel kirliliğin artmasına sebep olacaktır. Bu tarz yaklaşımlar, çevreye ekstra kirlilik yükü getirmekten başka bir işe yaramayacak ve belli bir maliyeti olan uygulamalardır.

Virüsten korunmak için normal sabun veya deterjanla el, vücut ve ortam temizliği sağlanacak olmasına karşılık, üreticinin arzı ve tüketicinin de endişesi sebebiyle antiseptik veya antibakteriyel sabun ve benzer dezenfektan etkili ürünlere (Hora ve diğ., 2020) talepler yoğunlaşmıştır. Bu tip ürünlerin kullanılmasının sonucunda, kanalizasyon ve arıtma tesisindeki atıksu özelliklerine ve tesisin işletilmesine etkilerinin nasıl olacağı da bilinmemektedir. AAT çıkışında yapılabilecek bir dezenfeksiyon işlemi ilavesiyle su kaynaklarının ve içme sularının virüsten korunacağı düşüncesi, uzun vadede uygulanabilir olabilir. Ancak, SARS-CoV-2 virüsünün içme suyunda veya atıksuda aktif kaldığına dair bir kanıt yoktur ve sudaki klor fazlalığı insan ve diğer canlıların sağlığı üzerinde zararlı etkiler yaratabilir (Zambrano-Monserrate ve diğ., 2020). Ayrıca, pandemi sırasında tedavi amaçlı kullanılan farmasötiklerin

de artması sebebiyle ilaç etken maddeleri gibi toksik kimyasalların kanalizasyondaki yükü artacaktır. Oysa ki AAT'ler tipik olarak tıbbi atıkların öngörülebilir bir ortalama akış hızında ve bileşiminde işlendiği sabit durum koşullarını ele almak üzere tasarlanır.

Yeni koronavirüse karşı etkili ilaç arayışları dünya çapında ilerlerken, Ebola (remdesivir), influenza (favipiravir, oseltamivir), HIV (lopinavir/ritonavir) ve sıtma (klorokin) dahil olmak üzere birçok antiviral ve antiparazitik ilaç, COVID-19 hastaları üzerinde klinik deneylere tabi tutulmuştur. Farmasötikler, dezenfektanlar ve diğerleri gibi sağlıkla ilgili konularda kullanılan kimyasallar, çeşitli kullanımlar sonucunda atıksulara geçerler. Kullanılan ilaç etken maddelerinin, alıcı ortamlara deşarj edilen atıksuların arıtılma süreçlerini ve doğal mikrobiyal ekolojisini bozduğu bilinmektedir (Kümmerer, 2001). Bu kimyasallar çoğu zaman klasik veya ileri arıtma sistemlerinde giderilemeyip, toksisitesi veya riskleri bilinmeyen daha farklı ürünlere dönüşürler (Kümmerer, 2018). Örneğin yalnızca aktif çamur prosesi ile arıtım yapan AAT çıkışlarından, ilaçlarla tedavi edilen mevcut hastalara her gün 1 milyon kişi başına 100 yeni hasta eklenmesi durumunda alıcı ortamlara, influenza ilacı favipiravirin (Avigan) ana metaboliti olan $430-2120 \text{ ng.L}^{-1}$ favipiravir hidrosit ve ebola ilacı remdesivirin ana plazma metaboliti olan $54-270 \text{ ng.L}^{-1}$ GS-441524 geçeceği tahmin edilmektedir (Kumar ve diğ., 2020). Tıpkı antibiyotiklerde olduğu gibi (De Francesco ve diğ., 2014) antiviral ilaçların çevresel salınımı ve konsantrasyonlarının artması, potansiyel ekosistem değişiklikleri ve antiviral direncin gelişmesi (Nannou ve diğ., 2020) gibi durumlara yol açması nedenlerinden dolayı büyük önem taşımaktadır. Kısacası, SARS-CoV-2 virüsüyle ve sebep olduğu hastalıklarla mücadelede kullanılan ve/veya süresi dolan ilaçlar, hem belediye çöplerine hem de kanalizasyona gidebilecektir ve böylece, zaten zorlanan sistemlere ekstra toksik bir yük getirecektir.

İlaveten, COVID-19 ile birlikte sıkça tekrarlanan "20 saniye kuralı"na uyularak el yıkama (Jensen, 2012) sırasında musluğun sürekli açık tutulması durumunda, kapalı olması durumuna oranla yaklaşık 2 kat fazla su harcanmaktadır. Bu kapsamda dışarıdan alınan yiyecek, içecek paketlerinin yıkanarak kullanımının yaygınlaştığı bu günlerde, kontaminasyon endişesiyle de sık sık el, yüz ve çamaşır yıkanması, duş alınması gibi davranışlar, kişi başı günlük su tüketiminin katlanarak artmasına sebep olmaktadır.

COVID-19, antropize ortamların ve küresel ölçekteki çevresel değişikliklerin dolaylı bir sonucu olarak değerlendirilebilir. Sebebi belli olan olayların sonuçlarıyla artık, insanoğlu da yüzleşmekte ve olaylar bir kısır döngü halinde ilerlemeye devam etmektedir. COVID-19 pandemisi, eğitimden alışverişe, spordan eğlenceye, ulaşımdan uluslararası ilişkilere, toplu ritüellerden kutlamalara, üretimden tüketime, günlük rutinlere kadar her alanda çoğu insanın yaşamını değiştirmiş ve tüm dünyada toplumları etkisi altına almıştır. Her ne kadar bu sürecin geçici olacağı bilinse de etkilerinin ne kadar ve nasıl devam edeceği konusu henüz belirsizliğini korumaktadır. Virüsün patlak verdiği günden itibaren başta Çin' de olmak üzere, tüm dünyada bilim insanları, finans kurumları ve yönetimler büyük ölçüde virüsle mücadele, korunma ve tedaviye odaklanma eğiliminde olmuştur. Bununla beraber hijyen kurallarına uyma, kişisel mesafeyi koruma, sanitasyon çalışmaları, kısmi ve tam kapatmaların uygulanması ve sonunda aşının bulunması veya virüsün etkisini yitirmesiyle belki de şimdiden öngörülemeyen farklı alanlara da yoğunlaşmak gerekecektir. Pandemi sürecinde gelişen ve değişen olaylar dikkate alındığında, bu alanların başında öncelikli olarak Çevre Mühendisliği çalışmalarının, pandeminin geçmesini beklemeden başlatılmasının gerekliliği göze çarpmaktadır.

Hijyen amacıyla kullanılan malzemelerin çevrede gelişigüzel olarak bırakılmasıyla denizlerde bile birikmeye başlayan pandemi atıklarının durumu, dışkı ve idrarda SARS-CoV-2 görülmesinin ardından kanalizasyon ve AAT'lerde de virüsün tespiti (Medema ve diğ., 2020; Annalaura ve diğ., 2020), ilgilileri harekete geçirmiş ve yönetimler, salgının çevre üzerindeki olası ikincil etkilerini en aza indirmek için tedbir almaya ve düzenlemeler yapmaya başlamıştır. Virüsün atıksuda varlığını ispatlayan bilimsel araştırmaların sayısı artmış olup, arıtma çıkış suyunda virüsün bulunması ve hastalığı bulaştırma etkileri hakkında henüz net bir

gelişme kaydedilememiştir. Buna ilaveten, DSÖ tarafından COVID-19 virüsünün AAT'den veya atıksudan bulaştığına ilişkin herhangi bir delil bulunmadığı belirtilmiştir (WHO, 2020c).

Kapatmalarla birlikte sokak çöplerinde ve park cadde süprüntülerinde meydana gelen azalma, sonradan normalleşmelerle birlikte daha fazla tek kullanımlık hijyen malzemesi çöplerinin ve ambalaj atıklarının oluşması şeklinde değişim göstermiştir. Uzun bir süre KKD kullanmak ve kısıtlamalarla fiziksel mesafenin korunmasının sağlanması gerekebilir. Salgının ölümcül dalga ihtimalinin ne zaman ortadan kalkacağı, salgının ne kadar uzun, ne kadar yoğun ve ne kadar ölümcül olacağı da hala bilinmemektedir. Tüm bu süreçte yaşanacak olayların çevre açısından da belli bir maliyeti ve muhasebesi olacaktır.

SARS-CoV-2, dünya çapında halk sağlığını ve yaşamını bozarak kötü bir şekilde etkileyen ilk virüs değildir. Çevre mühendisliğinin tarihsel gelişimi ve elde edilen büyük tecrübeler önüne alındığında (Ghernaout ve Elboughdiri, 2020), çevre bilimi ve mühendislik uzmanları, doğa yoluyla yayılan virüsleri ve etkilerini anlamak için daha büyük, uzun vadeli ve daha niceliksel bir strateji benimsemek zorundadır.

3. COVID-19 PANDEMİ SÜREÇLERİNİN ÇEVRESEL ETKİLERİ

3.1. Çevredeki Atıklar

Virüs bulaşmasını önlemede maskenin etkisi konusunda başta tereddütler yaşansa da, kanıtların yaygınlığı, maske takmanın hem laboratuvar hem de klinik bağlamda virüslü damlacıkların iletimini azaltarak temas başına bulaşabilirliği azalttığını göstermektedir (Howard ve diğ., 2020; Greenhalgh ve diğ., 2020). Bununla birlikte, bu son derece bulaşıcı virüs hakkındaki kamusal kaygılar, küresel ölçekte yayılan salgının kontrol altına alınması amacıyla KKD malzemelerinin halk arasında kullanımını da artırmıştır. Bu malzemelerin atıkları çevrede ve sularda da görülmeye başlanmıştır.

3.2. Su Kaynakları, Atıksular ve COVID-19

Pandemi süreçlerinde yaşanan kilitlenme durumu, yerelden küresel ölçeklere kadar çevresel bileşenlerin niteliksel bozunmasındaki antropojenik müdahaleyi anlamak için altın gibi bir fırsat yaratmıştır (Mandal ve Pal, 2020). Kilitlenmelerin su kütleleri üzerindeki etkileri açıkça görülmeye başlanmıştır. Dünya çapında bazı akarsu göl su kütlelerinin, pandemi öncesine kadar hiç görülmemiş olan ışıltılı manzaraları sergiledikleri gözlenmiştir. Örneğin Hindistan Yeni Delhi'deki Yamuna Nehri civarında yaşayanlar, Yamuna suyunun bu kadar berrak ve üzerinde mavi gökyüzü gölgesinin bu kadar net olduğunu hiç görmediklerini ifade etmişlerdir (Patel ve diğ., 2020). Çünkü çok eski değil, 2019 yılı sonlarında pis kokulu bir köpük örtü ile kaplanan Yamuna'nın (Zargar, 2019), su kalitesi kilitlenme sırasında iyileşmeye başlamıştır. Ölçülen parametrelerin ve uydu görüntüsü türetilmiş indekslerin bir kombinasyonunu kullanarak, kilitlemenin nehrin su kalitesi durumu üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Dokuz istasyonlu C Sınıfı Su Kalitesi İndeksi (SKİ) tahminleri, kilitlenme süresi boyunca %37'lik bir iyileşme olduğunu göstermektedir. BOİ ve KOİ değerleri ön kitleme aşamasına göre sırasıyla %42.83 ve %39.25 azalırken, fekal koliform %40'ın üzerinde azalmıştır (Patel ve diğ., 2020). Bu iyileşmenin nedeni Yeni Delhi'deki endüstrilerin kapanması ve bundan dolayı atık sularının nehir içine verilmemesi olabilir (Paital ve diğ., 2020). Bununla birlikte, bu tür gelişmelere rağmen, SKİ durum, istenen kalite standartlarını karşılayamamıştır (Patel ve diğ., 2020). İtalya' da Venedik şehrinde ise, turist sayısı salgın nedeniyle azaldığından dolayı, Venedik kanallarındaki suların geçmişe göre daha temiz olduğu farkedilmiştir, kanallarda balıkların ve farklı sucul türlerin tekrar görülebilmesi mümkün olmuştur (Saadat ve diğ., 2020). Hindistan'da kutsal fakat ciddi derecede kirlenmiş bir nehir olan Ganj Nehri'nin su kalitesinin, COVID-19 nedeniyle Hindistan'da 25 Mart - 14 Nisan 2020 arasında uygulanan kilitlenme sırasında iyileşerek daha berrak hale geldiği bilinmektedir. Bir çalışmada, söz konusu

dönemde Ganj Nehri boyunca bulanıklığın mekânsal ve zamansal değişimi uzaktan algılama yoluyla analiz edilmiştir. Sonuçlar, kilitlenme döneminde bulanıklığın azaldığını doğrulamıştır. Nehirdeki bulanıklığın azalmasının ana nedeni, daha az atık üretimi, nehre deşarjın azalması ve bu kilitlenme döneminde nehir boyunca gerçekleştirilen hac faaliyetlerinin minimumun altında olması olabilir (Garg ve diğ., 2020).

Doğu Hindistan'ın Dwarka nehir havzasının orta havzası taş ocakları ve kırma tesisleri ile ünlüdür ve bu nedenle bölge de oldukça kirlidir. Bu bölgede, zorunlu kilitlemenin PM₁₀, arazi yüzey sıcaklığı, nehir suyu kalitesi, görüntü ve alan kaynaklı veriler gibi çevresel bileşenler üzerindeki kilitlenme öncesi ve sırasındaki etkilerini araştırılmıştır (Mandal ve Pal, 2020). Sonuçlar, ön kitleme döneminde maksimum 189 - 278 µg.m⁻³ olan PM₁₀ konsantrasyonunun, kilitlenmenin başlamasından 18 gün sonra seçilen dört taş kırma tesisinde 50 - 60 µg.m⁻³ arasında olduğunu açıkça göstermektedir. Arazi yüzey sıcaklığı 3-5 °C azalmıştır. Bitişindeki nehir suyu, nehre toz salınımının durması nedeniyle niteliksel olarak iyileşmiştir. Örneğin, kırma ünitesi civarındaki nehir suyunda toplam çözünmüş katıların (TÇK) seviyesi neredeyse iki kat azalmıştır (Mandal ve Pal, 2020). COVID-19 yayılımının neden olduğu kilitlenmenin su kalitesi üzerindeki etkisini değerlendirmek için Hindistan'daki en uzun ve aşırı kirlenmiş göllerinden biri olan Vembanad gölündeki bulanıklık ve askıda katı madde konsantrasyonu açısından uzaktan algılama verileri yardımıyla (Landsat-8 OLI) izlenmiştir. Nicel bulgular, kitleme süresi boyunca askıda katı madde konsantrasyonların ön-kitleme dönemindekilerden ortalama olarak %15.9 daha düşük olduğunu ortaya koymuştur (Yunus ve diğ., 2020). Sonuçlar, sanayi dışı kirlilik (örn. evsel atık su deşarjı) kitleme döneminde devam ederken, sanayi ve turizmden (örn. dizel motorlu tekneler) kaynaklanan kirliliğin göl suyu kalitesi üzerinde çok ciddi bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Ticari faaliyetlerin su kaynaklarının kalitesi üzerinde önemli bir etkisi vardır.

Koronavirüslerin su, atık su ve çamurdaki kalıcılığı üzerine yapılmış çalışmalar sıcaklık parametresinin virüsün hayatta kalması üzerindeki güçlü inhibe edici etkisinin altını çizmektedir (Gundy ve diğ., 2009; Carraturo ve diğ., 2020). $t > 20$ ° C sıcaklıklarla viral aktiflik oldukça azalır, koronavirüsler su ve atıksulardaki ortam sıcaklıklarında hızlı inaktive olur. Bunun yanı sıra Koronavirüs örneklerinin, filtre edilmiş numunelere kıyasla filtre edilmemiş birincil atık sularda daha uzun süre dayanabildiği bildirilmiştir. Birincil atıksudaki koronavirüslerin hayatta kalması, ikincil atıksulardaki kalışından uzun olmaktadır. Bu durum, birincil atıksuda inaktivasyondan koruma sağlayan daha yüksek seviyede askıda katı madde bulunması ile açıklanabilir. Virüsün inaktive edilmesinde serbest klor, klor dioksitten daha etkili olmaktadır (Kitajima ve diğ., 2020). Ourense (İspanya) AAT'de birincil, ikincil ve çamur arıtımında birkaç noktanın örneklenmesi, gerçekte SARS-CoV-2 parçacıklarının çoğunun, çamur hattı tarafından tutuldukları için su çıkışında tespit edilemediğini göstermiştir (Balboa ve diğ., 2020). Bununla birlikte, atık su örneklerinde SARS-CoV-2 saptaması/miktarının belirlenmesindeki en büyük zorluklardan biri optimize edilmiş ve standartlaştırılmış bir protokolün olmamasıdır (Barcelo, 2020).

3.2.1. Atıksularda SAR-CoV-2 virüsünün tespiti ve takibi ile erken uyarı sisteminin oluşturulması

ABE, bir topluluktaki virüslerin dolaşımının izlenmesi için önemli bir araç olarak hizmet ederek, virüslerin ve diğer patojenlerin yaygınlıklarını, genetik çeşitliliğini ve coğrafi dağılımını tahmin etmek için fırsatlar sunar (Sims ve Kasprzyk-Hordern, 2020; Mallapaty, 2020). Son zamanlarda, kamu ve çevre sağlığının objektif ve kapsamlı bir şekilde gerçek zamanlı değerlendirmesini sağlayabilen ABE hızla gelişmiştir (Mao ve diğ., 2020). SARS-CoV-2 virüsü, enfekte hastaların tükürük, burun mukozası, gastrointestinal sistem, semen, dışkı ve idrar örneklerinde (Li ve diğ., 2020a; Heller ve diğ., 2020; Xu ve diğ., 2020) pozitif olarak tespit edilmiştir bu yüzden, iletim yolları olarak bu bulgular göz önünde bulundurulmalıdır. Bilim insanları, elde edilen bulgulara dayanarak SARS-CoV-2' nin insan topluluklarındaki dolaşımını

araştırmak için tamamlayıcı bir araç olarak, virüsün atık sulara izlenmesinin elverişli olacağını bildirmiştir (Heller ve diğ., 2020; Pecson ve diğ., 2020). Hatta, ABE ile COVID-19 kaynaklarını takip ederek salgınla mücadeleye katkıları en üst düzeye çıkarmak için dünyanın dört bir yanından bilim insanları küresel işbirliği önermiştir (Bivins ve diğ., 2020). Atıksularda yaygınlaşmaya başlayan SARS-CoV-2 incelemeleri üç aşamada gerçekleştirilir. Arıtma tesisinden toplanan ve 4 °C’ de korunan numunelerde öncelikle numune konsantre edilir, daha sonra RNA izolasyonu yapılır. Bu aşamada 0.45 µm gözenek boyutlu elektronegatif membranlar veya ultrafiltrasyon kullanılabilir. Son olarak da atıksu numunelerinde SARS-CoV-2 RNA'nın saptanması için 3 tekrarlı RT-qPCR (reverz-transkriptaz-kantitatif polimeraz zincir reaksiyonu) deneyleri ile sayım yapılır (Ahmed ve diğ., 2020).

SARS-CoV-2 genetik materyali, COVID-19 vakalarının önemli bir kısmının idrar, dışkı ve dolayısıyla kentsel atık sulara tespit edilebilir. Bu gerçek, COVID-19 salgınının yayılması sırasında doğrulanmış ve atıksu ile insidansının izlenmesini öneren çalışmalarını tetiklemiştir. Çeşitli ülkelerin atıksularında SARS-CoV-2 virüsü için rapor edilmiş moleküler bulguların karşılaştırması detayları Tablo 1’ de verilmiştir.

Tablo 1. Farklı atıksularda SARS-CoV-2 virüs incelemelerinin karşılaştırması

Örnekleme tipi	Örnekleme Yeri	Örnekleme Zamanı (2020)	Konsantrasyon yöntemi	Virüs konsantrasyonları	Açıklama	Kaynak
AAT 7 şehir ve havaalanı atıksuları	Hollanda (Amsterdam, Den Haag, Utrecht, Apeldoorn, Amersfoort, Schiphol, Tilburg)	Şubat- Mart	Santrifüjli süpermatanın Centricon (Merck) ultrafiltrasyonu	Schiphol’ de tespit edilmedi diğer şehirlerde yüksek konsantrasyonlar	Hastalık yaygın değilken bile atıksu numunelerinde SARS CoV-2 RNA tespit edilmiştir.	(Medema vd., 2020)
AAT 3 tesis ham atıksu	Avustralya (Brisbane, Queensland)	Ocak sonu, Şubat, Mart, Nisan	Elektronegatif membran-direkt RNA ekstraksiyonu; ultrafiltrasyon Santrifüjli süpermatanın Centricon (Merck) ultrafiltrasyonu	Arıtılmamış atık suyun 19-120 RNA kopyası L ⁻¹	Sonuçlar klinik olarak doğrulanmış vakalarla uyumlu.	(Ahmed vd., 2020)
AAT ham atıksu	ABD (Massachusetts)	Mart	Filtrelenmiş numunede polietilen glikol (PEG) ile çöktürme	~100 × 10 ³ genom kopya L ⁻¹ atıksu, en düşük değeri ~10 ⁴	Klinik olarak doğrulanmış vakalardan beklenenden daha yüksek viral titretler elde edilmiştir.	(Wu vd., 2020a)
ATT ham atıksu ve arıtma çıkışı	İspanya (Ourense)	Nisan	Santrifüjlenmiş süpermatanın Amicon ultrafiltrasyonu	7.5 × 10 ³ – 15 × 10 ³ AAT girişten ön çökeltime kadar olan kısımlarda.	Çamur yoğunlaştırıcı, SARS-CoV-2 parçacıklarını tespit etmek için uygun bir nokta olabilir.	(Balboa vd., 2020)
AAT 3 tesis ham atıksu	Fransa (Paris)	Mart-Nisan	Ultrasantrifüj	5 × 10 ⁴ - 3 × 10 ⁶ RNA kopyası L ⁻¹	Virüs konsantrasyonundaki değişiklik, teşhis edilen COVID-19 vakalarının eğilimiyle uyumlu.	(Wurtzer vd., 2020b)
AAT 7 adet aktif çamur, 2 kanalizasyon	Türkiye (İstanbul)	Mayıs	Santrifüjlenmiş süpermatanın PEG ile çöktürülmesi	1.17x10 ⁴ - 4.02x10 ⁴ kopyası L ⁻¹	Atıksuda SARS-CoV-2 belirlenmesi, yüksek riskli bölgelerin belirlenmesine yardımcı olabilir ve erken bir uyarı sağlayabilir.	(Kocamehi vd., 2020)
AAT Ham atıksu ve arıtma çıkışı	Hindistan (Ahmedabad)	Mayıs	Santrifüjlenmiş süpermatanın PEG ile çöktürülmesi	max. Kons. 3.5 × 10 ²	Artan vakalarla uyumlu Ct (Amplifikasyon döngüleri) değerleri, tüm AAT giriş örneklerinde SARS-CoV-2 tespit edildi. COVID-19 hasta yükündeki zamansal değişkenliğin önemli bir göstergesi elde edilmiştir.	(Kumar vd., 2020b)
AAT 6 tesis	İspanya (Murcia, Valencia)	Mart-Nisan	Alüminyum flokülasyon, glisin elüat-sığır ekstresi çöktürme-santrifüj - filtrasyon - PEG ile çöktürme	Arıtılmamış atık suyun 2.5 × 10 ⁵ RNA kopyası L ⁻¹	% 11 ikincil arıtım görmüş örnekler SARS- CoV-2 RNA pozitif	(Randazzo vd., 2020)
AAT girişi, ikincil arıtma ve nehir suyu	Japonya (Yamanashi)	Mart-Mayıs	Elektronegatif membran-vorteks (EMV), QIAamp Viral RNA ini kiti (Qiagen) ile RNA ekstraksiyonu	4.0 × 10 ³ -8.2 × 10 ⁴ kopyası L ⁻¹ 5 ikincil arıtma numunesinin birinde 2.4 × 10 ³ RNA kopyası L ⁻¹	AAT girişi ve nehir örneklerinde SARS CoV-2 RNA tespit edilmemiştir.	(Haramoto vd., 2020)

İspanya’da ilk COVID-19 vakaları yerel yetkililer tarafından bildirilmeden önce atıksuda SARS-CoV-2 RNA tespit edilmiştir (Randazzo ve diğ., 2020). SARS-CoV-2 kuluçka süresi 2-11 gün, maksimum 14 gün kadardır (Carraturo ve diğ., 2020). Hollanda’daki ilk resmi COVID-19 vakaları 27 Şubat 2020 tarihinde raporlanırken, virüsten gelen genetik materyal 2020 Mart ayından itibaren AAT’den alınan atık su örneklerinde de tespit edilmiştir (Carraturo ve diğ., 2020). Yine Hollanda’ da, atıksudaki SARS-CoV-2 ile duyurulan vaka sayısı arasında çok yakın bir ilişki olduğunu bildiren bir çalışma yapılmıştır (Medema ve diğ., 2020). Atıksulardaki SARS-CoV-2 genomlarının miktarının, semptomatik veya asemptomatik taşıyıcıların sayısı ile ilişkili olması gerektiği kabulüyle yapılan bir çalışmada, önerilen hipotezi test etmek için, Paris bölgesinin birkaç büyük AAT’den 1,5 ay süreyle (5 Mart - 23 Nisan 2020) numuneler

alınmıştır. Toplanan ham atık su örneklerinde RT-qPCR testleri ile SARS-CoV-2' nin zaman içerisinde kantitatif analizi yapılmıştır. Analizlerde ham atık sulardaki genom birimlerinin artmasının, bölgede gözlenen insan COVID-19 vakalarının artışını doğru bir şekilde takip ettiğini doğrulanmış ve uygulanan karantinalar sırasında yeni COVID-19 vakalarının sayısındaki azalma ile birlikte genom birimi miktarlarında belirgin bir azalma gözlenmiştir (Wurtzer ve diğ., 2020a). Dikkat çekici bir şekilde, viral genomlar, salgının üstel büyümesinin başlamasından önce tespit edilebilir. Kilitlenmenin beklenen bir sonucu olan yeni COVID-19 vakalarının sayısındaki azalma ile birlikte genom birimi miktarlarında belirgin bir azalma gözlenmiştir. Sonuç olarak, bu tip çalışmalar atıksularda SARS-CoV-2 genomlarının kantitatif olarak izlenmesi, yerel veya bölgesel ölçekte SARS-CoV-2 dolaşımının daha iyi araştırılması ve erken uyarı sisteminin oluşturulması açısından önemlidir (Wurtzer ve diğ., 2020).

12 Mart-14 Nisan 2020 tarihleri arasında İspanya'da İber Yarımadası'nda en düşük COVID-19 prevalansına sahip bölgesinden alınan giriş ve çıkış numuneleri üzerinde SARS-CoV-2 RT-qPCR testleri yapılmıştır. Çalışmada, üçüncül arıtma çıkışı numunelerinin (n = 12) üzerinde yapılan RT-qPCR testlerinin hiçbiri pozitif çıkmamıştır. Ayrıca, AAT'den alınan giriş ve ikincil arıtma çıkış numuneleri incelendiğinde sırasıyla; 42 giriş numunesinden 35'i, 18 ikincil arıtma çıkış numunesinden ise 2'si pozitif olarak test edilmiştir (Randazzo ve diğ., 2020). AAT giriş atıksuyunda SARS-CoV-2 RNA'nın pozitif tespiti dünya çapında yapılan çalışmalarla bildirilmiştir ancak çok az çalışmada, arıtılmış atıksuda virüs pozitif test edilebilmiştir (Wurtzer ve diğ., 2020a; Randazzo ve diğ., 2020). Ham atıksuya göre arıtılmış atıksularda viral yük 100 kat azalmıştır (Wurtzer ve diğ., 2020a). Balboa ve arkadaşları (2020), AAT'deki SARS-CoV-2'nin bulgularına dayanarak, SARS-CoV-2 partiküllerini tespit etmek için ve yeni vaka sayısını-insidans izleme için "çamur yoğunlaştırma ünitesinin" uygun bir nokta olacağını ve çamur hattının SARS-CoV-2 genetik materyalinin bir konsantratörü olarak davrandığını belirtmiştir. Çamur yoğunlaştırıcının SARS-CoV-2 parçacıklarını tespit etmek için uygun bir nokta olarak seçilme sebebi; daha yüksek katı konsantrasyonu (daha fazla virüs parçacığı) ve daha uzun kalma süresidir (çökmenin neden olduğu seyreltmeye daha az duyarlı). Bu konularda daha fazla sayıda ileri çalışmalara ihtiyaç duyulsa da, elde edilen sonuçlar AAT'lerin COVID-19 azaltılmasındaki rolünün açıklığa kavuşturulmasına katkıda bulunmaktadır (Balboa ve diğ., 2020). Sosyal mesafelerin korunması, kapatmalar gibi enfeksiyon kontrol önlemleri muhtemelen salgınları baskılamaktadır, ancak bu önlemler kaldırıldıktan sonra virüs tekrar geri dönebilir. Atıksuların izlenmesi, yeni COVID-19 enfeksiyonlarına karşı uyarı için cerrahi olmayan bir erken uyarı aracı olarak kullanılabilir (Mallapaty, 2020).

3.3. Hava Kalitesi

Yüksek hava kirletici içeriğine sahip olan bir atmosfer, belirli iklim koşullarıyla birlikte, havadaki viral partiküllerin kalıcılığını artırarak daha uzun bir süre yayılmasını teşvik edebilir, böylece hava kirliliği bireyden bireye doğrudan bulaşmaya ek olarak SARS-CoV-2'nin dolaylı bir difüzyonunu destekleyecektir (Frontera ve diğ., 2020). Ortaya çıkan koronavirüslerin (SARS-CoV, MERS-CoV, ve SARS-CoV-2 gibi) genel bir ayırt edici özelliği, şimdye kadar gözlemlenmeyen davranış ve kaotik iletim dinamiklerini sergilemesidir. Hava kirliliğinin solunum yolu viral enfeksiyonlarının kötü etkilerini arttırdığı bilinmektedir ve dış hava kirliliği konsantrasyonlarının COVID-19 enfeksiyonları üzerinde olumsuz bir etkisi olacağı tahmin edilmektedir (Han ve diğ., 2020). Bir araştırma, COVID-19'dan en çok etkilenen İtalya Kuzey Bölgelerinin aynı zamanda yüksek miktarda atmosferik PM'lere (PM₁₀ ve PM_{2.5}) sahip olan bölgeler olduğunu göstermektedir (Martelletti ve Martelletti, 2020). Yüksek PM konsantrasyonu (10-29 Şubat verileri) ile yüksek yayılma ve mortalite oranı arasında bir korelasyon bulunabilir. SARS-CoV-2 virüsü, Kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOA) ve diğer solunum yolu hastalıkları gibi hava kirletici partiküllerde verimli bir "bölge" bulurlar ve doğrusal bir ilişkiyle; bu zararlı kirleticilerin kendileri tarafından daha da kötülen bir bağışıklık sisteminde daha uzun süre etkili olup, daha agresif hale gelebilirler (Martelletti ve Martelletti, 2020).

Farklı ülkelerde vaka-ölüm sayıları ile hava kirliliği parametrelerinden PM_{2.5}, PM₁₀ ve NO₂ arasındaki zamansal ve mekânsal ilişkileri gösteren bazı çalışmalar Tablo 2’de listelenmiştir.

Tablo 2. Vaka-ölüm sayıları ile hava kirliliği arasındaki zamansal ve mekânsal ilişki (Copat ve diğ., 2020)

Bölge	Tarihler (2020)	Amaç-Sonuç	Ref.
Çin 120 şehir	23 Ocak-29 Şubat	Günlük doğrulanmış vakalar ve hava kirliliği arasındaki zamansal ilişki (10 µg/m ³ PM _{2.5} , PM ₁₀ ve NO ₂ artışı sırasıyla, günlük olarak doğrulanmış yeni vakalardaki %2.24, %1.76 ve %6.94’lük artışla ilişkilendirilmiştir).	Zhu ve diğ., 2020
Çin (Wuhan, XiaoGan ve HuangGang)	25 Ocak-29 Şubat	Günlük doğrulanmış vakalar ve hava kirliliği arasındaki zamansal ilişki (PM _{2.5} , PM ₁₀ ve NO ₂)	(Jiang ve diğ., 2020)
Çin (Wuhan ve XiaoGan)	26 Ocak-29 Şubat	Günlük doğrulanmış vakalar ve hava kirliliği arasındaki zamansal ilişki (PM _{2.5} , PM ₁₀ ve NO ₂)	(Li ve diğ., 2020b)
Çin 49 şehir	22 Mart'a kadar	Ölüm oranı ve hava kirliliği arasındaki mekansal ilişki (10 µg/m ³ PM _{2.5} ve PM ₁₀ artışı sırasıyla, ölüm oranında %0.24 ve %0.26’lık artışla ilişkilendirilmiştir).	(Yao ve diğ., 2020)
İtalya'da 66 idari bölge, İspanya, Fransa ve Almanya	Şubat sonuna kadar	Ölüm sayıları ve hava kirliliği (NO ₂) arasındaki mekansal ilişki (Ölüm vakalarının % 83’ü NO ₂ >100 µmol / m ² ile ilişkilidir).	(Ogen, 2020)
İtalya Milan	1 Ocak-30 Nisan	Toplam vaka, günlük onaylanmış vaka, toplam ölüm sayıları ile hava kirliliği arasındaki zamansal ilişki (PM _{2.5} , PM ₁₀ ve NO ₂)	(Zoran ve diğ., 2020a, 2020b)
İtalya (Lombardiya’da 7, Piedmont’da 6 şehir)	10 Şubat-12 Mart	PM ₁₀ aşımalarının COVID-19 vakalarına göre mekansal belirlenmesi (Lombardiya: PM ₁₀ 0-8 , COVID-19 insidansı % 0,03-0,49, Piedmont: PM ₁₀ 3-12, COVID-19 insidansı % 0,01 -0,03).	(Bontempi, 2020)
İtalya 55 şehir	7 Nisan’a kadar	Doğrulanmış vakalar ve hava kirliliği arasındaki mekansal ilişki (PM ₁₀) (COVID-19, Kuzey İtalya’da şehirlerdeki hava kirliliği (Coccia, 2020) PM ₁₀ için belirlenen sınırları aşan günlerle yüksek bir ilişkiye sahiptir).	
İtalya 71 şehir	27 Nisan’a kadar	Toplam doğrulanmış vaka ve hava kirliliği arasında mekansal ilişki (PM _{2.5} , PM ₁₀ ve NO ₂)	(Fattorini ve Regoli, 2020)
A.B.D. 3000 bölgede	4 Nisana’a kadar	İnce partikül maddeye uzun vadeli maruziyette COVID-19 ölüm riskinin tahmini (PM _{2.5}) (Wu ve diğ., 2020b) PM _{2.5} 'teki 1 µg/m ³ 'lük uzun vadeli maruz kalma artışı, COVID-19 ölüm oranında% 15'lik bir artışla ilişkilidir.	

Conticini ve arkadaşlarının (2020), İtalya' da salgına bağlı ölümlerin ve mevcut hava kirleticilerin en fazla ölçüldüğü yerlerden olan Lombardiya bölgesinde yaptıkları bir araştırmada, olağan atmosferik kirliliğin, o bölgede kaydedilen yüksek ölümcül seviyesinin ek bir katsayısı olarak kabul edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Zhu ve arkadaşları (2020), Çin'de 23 Ocak - 29 Şubat 2020 arası 120 şehirde altı hava kirleticisinin (PM_{2.5}, PM₁₀, CO, NO₂, SO₂ ve O₃) konsantrasyonları ile günlük COVID-19 onaylı vakaların ilişkilerini araştırmak için genelleştirilmiş bir katkı modeli uygulamıştır. Son iki hafta içinde yeni COVID-19 ile teyit edilen vakalarla PM_{2.5}, PM₁₀, CO, NO₂ ve O₃ arasında anlamlı pozitif, SO₂ düzeyleri ile de negatif bir ilişki olduğunu bildirmişlerdir (Zhu ve diğ., 2020). Bu bulgular, COVID-19 enfeksiyonunda hava kirliliğinin önemli bir faktör olduğuna dair kanıt sağlayabilir. Ancak, altta yatan mekanizmaları ortaya çıkarmak için daha fazla çalışma gerekmektedir. Bu kapsamdaki çoğu çalışmanın sonucu, hava kirleticilerine maruz kalmanın COVID-19 hastalarının iyileşmesini geciktirdiğini, karmaşıklaştırdığını ve bu hastalığın daha ciddi ve ölümcül formlarına yol açtığını göstermektedir (Domingo ve Rovira, 2020).

Karantinadan sonra hava kirliliğindeki büyük düşüşler göz önüne alındığında (Çin'in CO₂ emisyonları dörtte bir oranında azalmıştır), COVID-19 salgını, normaldeki hava kirliliğinden kaynaklanan ölüm sayılarını önemli ölçüde azaltarak, bu dönemde toplam ölüm sayısını paradoksal olarak azaltabilir. Ayrıca, hava kirliliğinden kaynaklanan ölüm sayısının azalmasına ek olarak, hava kirliliğinin kendisinin de azaltılması önlenebilir bulaşıcı olmayan hastalıkların azaltılmasında olumlu faydalar sağlayabilir (Dutheil ve diğ., 2020). Han ve arkadaşları (2020) karantinalar, sosyo-ekonomik varyasyon, eşlik eden hastalıklar, koenfeksiyon vb. gibi karmaşık faktörleri hesaba katarak geliştirdikleri "Enfeksiyon oranı regresyon modeli" ile değerlendirmeler yapmışlardır. Sonuç olarak, hava kirliliğinin azaltılmasının, Wuhan'da ve Çin'deki 30 eyalet başkentinde COVID-19 enfeksiyonlarını hafifletebileceği çıkarımında bulunmuşlardır. Şehir içi ve şehirler arası hareketleri azaltan önlemler gibi etkili karantina politikaları COVID-19 enfeksiyon kontrolü için kritik öneme sahiptir.

Aşağıda sunulan örneklerde, COVID-19 salgınının başlamasıyla beraber alınan kapatılma kararlarının ve kısıtlamaların hava kalitesi üzerindeki etkileri ve yansımaları görülmektedir. Örneğin, Brezilya'da (Rio de Janeiro), Mart ortasında başlayan kısmi karantina sırasında karbon monoksit (CO) seviyeleri çok önemli oranda (%30.3–48.5) düşüş göstermiştir. NO₂, endüstriyel ve dizel motorlu araç girdileri nedeniyle daha düşük oranda azalmış olup, uçucu organik bileşik (VOC) kontrollü bir senaryoyla azot oksit seviyesindeki düşüş nedeniyle ozon seviyesinin arttığı belirtilmiştir. Hafif taşıt emisyonlarıyla ilişkili PM₁₀ seviyeleri ise kısmi karantinanın yalnızca ilk haftasında azalmıştır (Dantas ve diğ., 2020). NO₂ ve CO medyan değerleri 2019 yılının aynı dönemiyle karşılaştırıldığında %24.1-32.9 ve %37.0-43.6 daha düşüktür. Nüfusun kısmi kapatılmasıyla, karayolu trafiğinin ekonomik faaliyetlerin azalması CO ve NO₂ seviyelerinin azalmasına ve ozon konsantrasyonlarının artmasına neden olmuştur.

COVID-19 nedeniyle Brezilya'nın São Paulo eyaletinde Mart sonu başlayan kısmi karantinanın hava kalitesi üzerindeki etkilerinin anlaşılması amacıyla, dört hava kalitesi istasyonundan gelen beş yıllık aylık ortalama ve karantinadan önceki dört haftalık verilerin analiz edildiği bir çalışma yapılmıştır (Nakada ve Urban, 2020). Çalışma sonucunda, şehir merkezinde CO konsantrasyonlarında (ppm) %64,8'e kadar azalma, şehir anayollarında NO ve NO₂ konsantrasyonlarında sırasıyla %77,3'e % 54,3'e kadar azalma gözlenmiştir. Ayrıca O₃ konsantrasyonlarında (µg·m⁻³) yaklaşık %30 artış olduğu vurgulanmıştır. Kısmi karantina, hava kalitesi üzerinde olumlu bir etkiye katkıda bulunmuştur (epa.gov). Mart ayında ABD, BAE, İtalya ve İspanya'da PM_{2.5}'teki düşüşün, COVID-19 nedeniyle tam kilitlenme ile yakından ilişkili olduğu ve belirgin bir düşüşün trafik, pazar ve küçük endüstrilerin kapanmasıyla birlikte yaşandığı gözlenmiştir. PM_{2.5}'teki düşüş dolaylı olarak "sosyal mesafenin" benimsenmesini de göstermektedir. Ayrıca, PM_{2.5} konsantrasyonları, yerel meteorolojik koşullara bağlı olarak farklı ülkelerdeki farklı yerlerde değişiklik gösterir (Chauhan ve Singh, 2020).

Wang ve arkadaşları (2020), Çin'de dört şehirde (Pekin, Şanghay, Guangzhou ve Wuhan) COVID-19 başladığında azalan antropojenik faaliyetlerin hava kalitesine etkisini araştırmıştır. Pekin, Şangay, Guangzhou ve Wuhan'daki PM_{2.5} düşüş oranı sırasıyla 9.23, 6.37, 5.35 ve 30.79 µg·m⁻³ bulunmuştur. Başta ulaşım ve sanayi olmak üzere antropojenik aktivitelerin azalmasının, PM_{2.5} konsantrasyonlarının azalmasına katkıda bulunduğu anlaşılmıştır (Wang ve diğ., 2020a). Yüksek bağıl nem ve sıcaklık genellikle kimyasal reaksiyonları hızlandırarak sekonder PM oluşumunu hızlandırır, düşük rüzgar hızı zaten zor dağılan hava kirlleticilerinin dağılmasını daha da kötüleştirir. Özellikle kapalı havadaki yüzey hava sıcaklığı ve bağıl nem gibi meteorolojik parametrelere bağlı olarak PM_{2.5} değeri gibi, enfeksiyonun bulaşması da değişebilir (Wang ve Du, 2020). Bu nedenle, emisyon kontrol verimliliğine karar verirken meteorolojik koşulların katkısını ölçmek çok önemlidir. Buradan hareketle, emisyon kontrol stratejilerinin tasarlanmasında kimya ve meteorolojinin rolünün anlaşılması da önemlidir. Aniden ortaya çıkan ve başta vaka ve ölüm sayısı fazla olan Çin, İtalya, İran, İspanya gibi ülkelerde virüsle ilgili alınan acil önlemlerle ve WHO'nun pandemi ilanı ile birlikte diğer bir çok ülkenin de kısmi ve tam kapatmaya gitmesiyle, hava kirliliğinin dikkat çekici oranlarda azaldığı gözlenmiştir.

Pandemide uygulanan kısmi ve tam kapatmaların, atmosferik kirletici emisyonlarının azalması nedeniyle küresel çevrenin kalitesini etkilemiş olabileceği (Lal ve diğ., 2020) düşünülse de bunun geçici olacağı öngörülmektedir.

3.4. Gürültü Kirliliği

Çevresel gürültü, toplum ve yaşam için ana rahatsızlık kaynaklarından biridir, sağlık sorunlarına neden olabilir ve ekosistemlerin doğal koşullarını değiştirir (Zambrano-Monserrate ve diğ., 2020). Gürültü, kardiyovasküler hastalıklar için önemli bir risk faktörüdür (Gori ve diğ., 2020). Gürültü, insanlardan başka gezegenin diğer sakinleri için de büyük bir kirlilik problemi olmaya devam etmektedir; hayvanlar her yerde gözlemlenen ve en önemlisi de kuşlar gürültüden rahatsızlıklarıyla dikkat çeken canlılardır. Kronik trafik sesleri kuşlar için tehlikelidir. Embriyo ölümleri ve zebra ispinozlarındaki büyüme üzerinde büyük olumsuz etkileri bulunmaktadır. Gürültü kirliliği kurbağalardan karideslere, balıklara, memelilere, midye ve yılanlara kadar pek çok canlıyı etkiler ve canlılar gürültüye karşı farklı duyarlılık aralıklarına sahiptirler (Schuster, 2020). Salgınla beraber endüstriyel, ticari ve ulaşım gibi antropojenik faaliyetlerin azalmasıyla birlikte çevresel gürültüde de azalmalar meydana gelmiştir. Örneğin, Doğu Hindistan'ın Dwarka nehir havzasının orta havzası taş ocakları ve kırma tesislerinin hakim olduğu bölgede gürültü seviyeleri ile ilgili incelemeler yapılmıştır. Önceleri taş kırıcıların bulunduğu alanlarda 85 dBA üzerinde ölçülen gürültü seviyelerinin kilitleme döneminde 65 dBA'nın altına düştüğü bildirilmiştir (Mandal ve Pal, 2020).

Dünyada çoğu hükümet tarafından karantina önlemlerinin uygulanması, insanların evde kalmasını sağlamıştır. Trafığe (demiryolu, kara ve hava trafiği) bağlı hava kirliliğinde olduğu gibi, gürültü kirliliğinde de farklılıklar görülmeye başlanmıştır. İngiltere'de Mart'ta karayolu trafiği %70'den fazla düşmüş, buna bağlı gürültü seviyesi de azalmıştır. Özel ve toplu taşıma kullanımı önemli ölçüde azalmıştır. Ayrıca, bazı bölgelerde ticari faaliyetler neredeyse tamamen durmuştur. Tüm bu değişiklikler, dünyadaki birçok şehirde gürültü seviyesinin önemli ölçüde düşmesine neden olmuştur (Zambrano-Monserrate ve diğ., 2020). Havacılık endüstrisinde, çevresel sürdürülebilirlik hakkındaki tartışmaların çoğu, iklim değişikliği ile mücadeleye odaklanma eğilimindedir, ancak, bunun yanısıra ağırlıklı olarak çevre ve gürültü kirliliği konuları da vurgulanır. Uçak gürültüsünü en aza indirerek ve yolcuların güvenliğini ve deneyimlerini geliştirmek için teknolojik yenilikleri benimseyerek endüstrinin çevresel ayak izini yönetmeye ve azaltmaya katılması beklenir (Amankwah-Amoah, 2020). Nihayetinde COVID-19 tedbirlerinin azalacağı ve biteceği göz önüne alındığında, havayolu şirketlerinin tekrar büyümesi ile gürültü ve gaz emisyonlarının geri dönüşünün görülmesi muhtemeldir (Amankwah-Amoah, 2020).

İnsan aktiviteleri, yüksek frekanslı sismik dalgalar olarak yere yayılan titreşimlere neden olur. Bu antropojenik sismik gürültüye 1 km'den daha az gürültü kaynaklarının etki edebildiği tahmin edilmektedir (Lecocq ve diğ., 2020). Ticarete “kültürel gürültü” olarak bilinen insan kaynaklı titreşimler, gezegende depremlerden gelen sarsıntılardan daha farklı şekillerde yayılıp, kaynağından belli mesafe uzakta sönme eğilimindedir. Süreklilik arzeden bu insan kaynaklı titreşimler, normal zamanlarda kent merkezlerine yerleştirilen sismometrelerin net bir sismik veri almasını zorlaştırmaktadır. Buna karşılık sismologlar tarafından, pandemiyle birlikte daha düşük “kültürel gürültü” titreşimleri ölçüldüğü bildirilmiştir (Sample, 2020). Belçika'nın başkenti Brüksel'de pandeminin ilanıyla yani Mart ayının ortasından bu yana, ortamın sismik gürültüsünde %33'lük bir azalma kaydedilmiştir. Bu veriler, aynı ortamdaki büyük bir yola yakın olan ve çoğunlukla sesli trafik gürültüsü kaydeden bir mikrofonun verileriyle karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak bu çalışma (Lecocq ve diğ., 2020), kilitleme öncesi ölçülen antropojenik sismik gürültü (cultural noise) ile mikrofonla ölçülen sesli gürültü (audible noise) seviyeleri arasında, hem günlük hem de haftalık karakteristik değişimler gösteren yüksek bir korelasyonun bulunduğunu kanıtlaması bakımından önemlidir. Böylece, daha az insan hareketi ile şehir merkezlerinin sakinleştiği anlaşılmaktadır. Otobüs, tren seferlerinin, uçuşların

durdurulması ve diğer birçok faaliyetin kısıtlanması nedeniyle insanlar kadar yaban hayvanları da gürültüsüz bir ortamın keyfini çıkarmaya başlamıştır (Paital, 2020).

3.5. Görüntü Kirliliği

Salgın sırasında antropojenik faaliyetlerin azalması ve kısıtlanmasıyla birlikte, dünyanın bir çok farklı ülkesinden, akarsu, göl, deniz gibi su kaynaklarının pandemi öncesine kadar hiç görülmemiş ışıltılı, berrak bir görünüme kavuştuğunun haberleri gelmektedir (Patel ve diğ., 2020). Örneğin, İtalya’da Venedik kanalında sular berraklaşmaya başlamış ve kanallarda balıkların, ördek, kuğu gibi farklı türlerin tekrar görülebilmesi çevre sakinleri arasında şaşkınlık yaratmıştır (Clifford, 2020). Hindistan’ da aşırı kirli olduğu bilinen nehirlerin (Ganj, Dwarka) (Garg ve diğ., 2020; Mandal ve Pal, 2020), göllerin (Vembanad) (Yunus ve diğ., 2020) su kalite parametreleri büyük oranda düzelmiş ve sulardaki bulanıklık ciddi miktarda azalmıştır. Son zamanlarda sıkça rastlanan sulara, sahillere, denizlere dağılmış, çevreye atılmış, hatta çalıların, dalların arasına karışmış olan atıklara ait görüntüler, pandemi atıklarının çevrede yarattığı görüntü kirliliğinin en önemli kanıtları olarak değerlendirilebilir. Hava kirliliği bölümünde verilen örneklerle bakıldığında, hava kirletici konsantrasyonlarının düşmesi, doğrudan havadaki kirli görüntünün yok olmasını ve daha temiz görünmesini sağlamıştır. Buna bağlı olarak görüş mesafesinin artması söz konusudur. Şekil 2’ de özellikle çok yoğun nüfusa sahip ülkelerde havadaki kirliliğin ve buna bağlı olarak oluşmuş kirli görüntünün pandemiyle birlikte nasıl azaldığını ve görüşün netleştiğini gösteren örnek fotoğraflar verilmiştir.



Şekil 2:

COVID-19 salgını öncesi ve kilitlenme sırasında dünyanın en büyük şehirlerinden bazılarında hava kalitesinin karşılaştırılması (Saadat ve diğ., 2020) a) Yeni Delhi, Hindistan, b) Pekin, Çin, c) Paris, Fransa, d) New York, ABD.

Bu görüntüler de, pandemiye yapılan kilitlenmeler sayesinde hava kirliliğinin azalmasıyla birlikte ilgili görsel kirliliğin de dikkate değer bir şekilde azaldığının kanıtı olarak kabul edilebilir. Ayrıca, bu salgın dolaylı olarak görüntü kirliliğini de etkileyecek sonuçlar da doğurmuştur. Örneğin kirletici emisyonların konsantrasyonlarının düşmesi ile bu emisyonların bina cephelerinde, tarihi binalarda, anıtlarda yaratabileceği olumsuz etkileri de azalacaktır. Kilitlenmeler ve bazı yasaklar sebebiyle, belli bölgelerdeki düzensiz ve aşırı trafiğin azalması, reklam, pano ve ışık kirliliğinin düşmesi sağlanmıştır. Pandemi süreçlerinin, görüntü kirliliği üzerinde oluşturduğu çoğu olumlu etkilerinin geçici olduğu, yani kapatma ve kısıtlamalar kaldırıldığında tekrar eski haline dönebileceği anlaşılmaktadır. Ancak, çevreye ve sulara gelişigüzel olarak atılan atıkların görüntü kirliliği oluşturduğu ve etkilerinin uzun vadede de hissedileceği aşikardır. Ayrıca, oluşan atıkların kontrolü, toplanması ve bertarafı sağlandığında

bile, beraberinde doğaya ilave bir kirletici emisyon yükü, dolayısıyla ilave görüntü kirliliği gibi olumsuzluklar getireceği de unutulmamalıdır.

Tüm dünya çevre kirliliğini azaltmaya yönelik uygun politikalar konusunda endişe duyduğunda, bu kapatma süreçlerinde yaşanan tecrübeler mutlak bir yol gösterebilir, kirlilik kaynaklarının etkin yönetimi, bozulmaya başlamış çevreyi ve ekosistemi çok hızlı bir şekilde geri yükleyebilir (Mandal ve Pal, 2020; Paital ve diğ., 2020).

4. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

SARS-CoV-2 olarak bilinen yeni bir koronavirüsün neden olduğu Şiddetli Akut Solunum Sendromu (COVID-19) pandemisi 2020 yılının başından itibaren muazzam acılara, kayıplara ve güç dengelerinin değişiminin başlamasına neden olmuştur. “Tek Sağlık” kavramı, insan, hayvan (hem evcil hayvanlar hem de yaban hayatı dahil olmak üzere) ve ekosistem sağlığı için riskleri bir bütün olarak anlamada işbirliğine dayalı küresel bir yaklaşım olarak ortaya çıkmıştır (Bonilla-Aldana vd. 2020). 2000'li yılların başından beri duyulmaya başlanan bu kavram, aslında yüzyılı aşkın bir süredir bilinen bir fikri özetlemektedir: insan sağlığı hayvan sağlığı ve çevre ile çok yakından ilişkilidir. Yetkililer, COVID-19 pandemisinde yaşanan krizin, iklim krizinde yaşanacak değişikliklerin yalnızca bir tatbikatı olduğunu ve diğer bir çok sorunun da sürdürülebilirlik gündemine dahil edilmesi gerektiğini bildirmektedir (Harvey, 2020).

Pandemi, insanlık medeniyeti üzerinde bir yandan dünya çapında yıkım gerçekleştirerek, diğer taraftan da küresel çevre üzerinde bir takım olumlu etkiler yaratarak, zıt sonuçlar ortaya koymuştur. Süresi ve yıkıcılığı henüz belirsiz olan pandemide kısa vadede bu sonuçların sürdüğü görülse de, oluşan atıklar iyi yönetilmezse ve sıfır atık politikaları etkin şekilde uygulanmazsa, uzun dönemde çevrede birikeceği bellidir. Salgın döneminde lobi faaliyetleri ile her ne kadar tek kullanımlık ürünlerin (özellikle plastik) faydaları vurgulanıp, çevredeki kirlilikten sorumlu olarak "tüketiciler" gösterilse de çevrede yüzyıllarca bozulmadan kalacak ve toksik olabilecek atıkların oluşmasında katkısı olan üreticilerin de sorumluluk alma zamanı gelmiştir. Kullanıldığı andan itibaren atığa dönüşen tek kullanımlık ürünlerin üzerine kullanıcıyı aydınlatıcı ve çöpe atmaya teşvik edici uyarının yazılması, bu konuda gerekli cezai yaptırım ve düzenlemelerle atığın çöpe gitmesinin sağlanması üreticiler ve yöneticiler de dahil tüm paydaşların ortak sorumluluğudur.

Endüstriyel, turistik, ticari, ulaşım faaliyetlerinin durması ve kısıtlanması sonucunda, bu ekonomik faaliyetlerin çevre üzerindeki olumsuz etkileri de belli ölçüde azalmıştır. Ancak bu durum başta çevresel açıdan avantaj gibi düşünülse de yapılan endüstriyel faaliyetlerin tekrar devam etmesi sebebiyle kayda değer kalıcı bir etki değildir. İlk baştaki etkilerin yalnızca hava kirletici emisyonlardaki düşüş değil ilaveten, insanların evlere kapanmasıyla birlikte şehirlerde görmeye alışık olmadığımız bazı hayvanların şehre inmesi, deniz ve okyanusların pandemi öncesine göre nispeten kendini temizlemeye başladığı, suların berraklaştığı, özgürce hareket edebilen yunusların, ve bazı sucul canlıların sahil kenarından da daha fazla görünmeye başladığı görülse de bu durum çok uzun vadeli olmamıştır. İlk çalışmalar, çevre ve hava kalitesi üzerinde dolaylı olarak pozitif bir etki bulunduğunu öngörmektedir. Bir taraftan iklim uzmanları sera gazı emisyonlarının II. Dünya Savaşı'ndan bu yana daha önce hiç görülmemiş oranlara düşebileceğini tahmin etse de bunun sosyal mesafeli politikalardan kaynaklandığı ve geçici olacağı da düşünülmektedir (Zambrano-Monserrate ve diğ., 2020). COVID-19 bir solunum yolu hastalığı olduğundan, COVID-19 enfeksiyonlarının dış ortam hava kirliliği konsantrasyonlarıyla çok yakından ilgili olabileceği dikkate alınmalıdır (Han ve diğ., 2020). 2016 DSÖ raporuna (WHO, 2016) göre hava kirliliğinden kaynaklanan ölümler, dünyadaki tüm ölümlerin %7,6' sını oluşturmaktadır. Bu nedenle, kirlilik seviyelerindeki herhangi bir düşüşün, çevre ve sağlık açısından pozitif etki yaratacağı unutulmamalıdır. Bununla birlikte, insanların hayatını alan bu salgın, kesinlikle olumlu çevresel değişim yaratmanın bir yolu olarak değerlendirilmemelidir. COVID-19 ticari, endüstriyel, ekonomik faaliyetleri ve tüketimi geçici olarak

dengeleştirmiştir. Ayrıca, uzaktan çalışma, uzaktan eğitim, video konferans, e-ticaret ve hava-kara yolculuğunda azalma gibi COVID-19 tarafından katalize edilen sosyal değişimler meydana gelmiştir. Bilim, bu tür değişikliklerin nasıl kalıcı hale getirilebileceğini araştırmalı ve düşük karbon emisyonu oluşturacak yollara katkıda bulunmalıdır (Rosenbloom ve Markard, 2020). SARS-CoV-2 virüsünün havadaki toz ve PM'lere tutunması da virüsün taşınmasına katkıda bulunabilir. Bu nedenle, SARS-CoV-2 iletiminde havadaki PM kirliliğinin rolünü anlamaya yardımcı olmak için COVID-19 virüsünün PM yüzeyi ile adsorpsiyonu, aktif kalma süresi ve davranışları üzerine detaylı araştırmaların yapılması gerekmektedir.

SARS-CoV-2'nin birincil bulaşması hastaya yakın inhalasyonla ve öksürme-hapşırma yoluyla aerosol, damlacık iletimi şeklindedir (VishnuRadhan ve diğ., 2020). Virüs RNA'sı dışkı ve idrarla kanalizasyona, oradan da AAT'lere geçebilmektedir. Bu yüzden, atıksuların olası epidemiyolojik veri kaynakları ve insan sağlığı riskleri açısından daha iyi anlaşılması gerekli görünmektedir. Mevsimsel bir bulaşıcı virüs olma ihtimali bulunan SARS-CoV-2 virüsünün izlenebilmesi için, çevresel arıtma ünitelerinde varlığının tespiti, aktifliği ve davranışı gibi özelliklerinin belirlenmesi ve yüksek verimli otomatik tekniklerin geliştirilmesi gereklidir. Bu arada, enfeksiyon olasılığını azaltmak için, SARS-CoV-2 virüsünün farklı çevresel ünitelerde büyük ölçekli dezenfeksiyonunun sağlanması için pratik yöntemler geliştirmek önemlidir. Küresel salgınlarda hastalığın yayılış hızı ve pik noktaları dalga dalga gelişebilmektedir. İkinci dalga alınan tedbirlere bağlı olarak kolay ya da zor atlatılabilecektir. Bu sebeple bu dalgaları kolay atlatma konusunda şehirlerin kanalizasyon sistemi ve AAT'de yapılacak atıksuda virüs izleme çalışmalarıyla COVID-19 erken uyarı sağlanarak tedbir alınabilir. ABE, yetersiz teşhis testinin acil probleminin çözülmesine yardımcı olabilir, ve COVID-19 salgını için ucuz ve erken bir uyarı yöntemi sağlayabilir.

Atıksu arıtma sırasında aerosol oluşumuna özel dikkat gösterilmelidir. Anahtar soru, COVID-19'un kanalizasyonda ne kadar süre kalacağını bilmek olacaktır. Kısacası, atık sudaki enfekte dışkı, atık su arıtma sırasında aerosol oluşumu yoluyla farklı iletim yolları oluşturabilir (Barcelo, 2020). Ayrıca, atık sudaki viral partiküllerin izlenmesi, halk sağlığı görevlilerine karantina gibi önlemlerin uygulanıp uygulanmayacağına karar verme konusunda katkı sağlayabilir. Bu şekillerde yapılacak erken uyarı sistemleri sayesinde, virüsün bir bölgeye tekrar dönmesi durumunda erkenden tespitinin ve buna uygun tedbirlerin alınması ile neden olabileceği sağlık ve ekonomik hasar indirgenebilir (Mallapaty, 2020). İlave olarak, atıksuda virüs araştırmaları, özellikle COVID-19 salgınına güçlü şekilde maruz kalan yoksul ülkelerde, insanlarda araştırmaların lojistik, etik veya ekonomik nedenlerle yürütülmesi zor olduğunda, popülasyonlardaki patojenleri tespit etmek ve "sıcak nokta"ları belirlemek için alternatif ve muhtemelen erken bir araç sağlayabilir (Wurtzer ve diğ., 2020).

COVID-19 salgını tehdidinin herhangi bir ülke veya bölge ile sınırlı olmadığı açıktır. Yeni bulaşıcı hastalıkların çözümü, kontrolü ve önlenmesi, güçlü ve sürdürülebilir uluslararası işbirliği çalışmalarını ve çevresel verilerin paylaşımını gerektirir. Bütüncül olarak ele alındığında, SARS-CoV-2 virüsünün çeşitli çevresel parametreler altında su, PM, toz ve atıksular dahil olmak üzere farklı çevresel ortamlarda hayatta kalması, bu konuda acil ve sistematik araştırmaların yapılmasını gerektirdiğini göstermektedir. Üstelik çevresel numunelerdeki bulaşıcı virüs seviyeleri düşük olabilir ve bu da SARS-CoV-2 virüsünün kesin olarak belirlenmesi için yüksek hassasiyetli yöntemlerin geliştirilmesini gerektirir.

İlkbaharda artan kar eriyişi ve yağışlarla birlikte, COVID-19 sebebiyle endüstriyel üretimin azalması, turistik faaliyetlerin, tarımsal sulamanın ve ticari kullanımların düşmesi, su kaynaklarının kalitesinin değişmesine ve iyileşmesine katkıda bulunmuştur (Yunus ve diğ., 2020). Pandemi süresindeki kilitlemelerden sonra bir su kaynağı, tıpkı Yamuna nehrinde olduğu gibi 2019 sonlarında pis kokulu bir köpük örtüyle kaplı son toksik durumundan çok daha iyi olsa da (Zargar 2019), daha iyi bir fiziksel görünüm ve berraklık, mutlaka daha saf su kalitesini garanti etmez (Patel ve diğ., 2020). Bu nedenle tüm kilitleme önlemleri kaldırıldıktan sonra nehrin eski bozulmuş durumuna dönmesi muhtemeldir. Bu sebeple su kaynakları için

kalite durumlarının dikkatlice takibi ve etkilerin kısa, orta ve uzun vadede ortaya konulması gerekir. COVID-19'un neden olduğu insan acılarına rağmen, yapılan müdahalelerin, tüm dünyada hava ve su kalitesinde önemli iyileştirme gibi bazı somut çevresel faydalar sağladığı hemen kısa sürede farkedilmiştir. Ancak bu parlak hikayelerin altında saklı olabilecek bazı önemli risklere de dikkat çekmek gerekir. Örneğin COVID-19 ile beraber suların temizlenmesiyle birlikte Hindistan' da sudaki yaban hayatı üzerinde yoğun baskılar hissedilmiştir. Tüm su faunası üzerinde etkisi olan yasadışı, gelişigüzel ve yıkıcı yöntemlerle, yok olma riski yüksek olan endemik türleri ve hatta kritik tehlike altındaki ikonik türleri de (mahseer, *Tor remadevii*) kapsayan avlanmalara rastlanmıştır (Pinder ve diğ., 2020). Bu durum bile, COVID-19'un daha uzun vadeli çevresel etkilerini tam olarak anlamak için her zaman daha derinlere ve detaylara bakmaya ihtiyaç olduğunu göstermektedir.

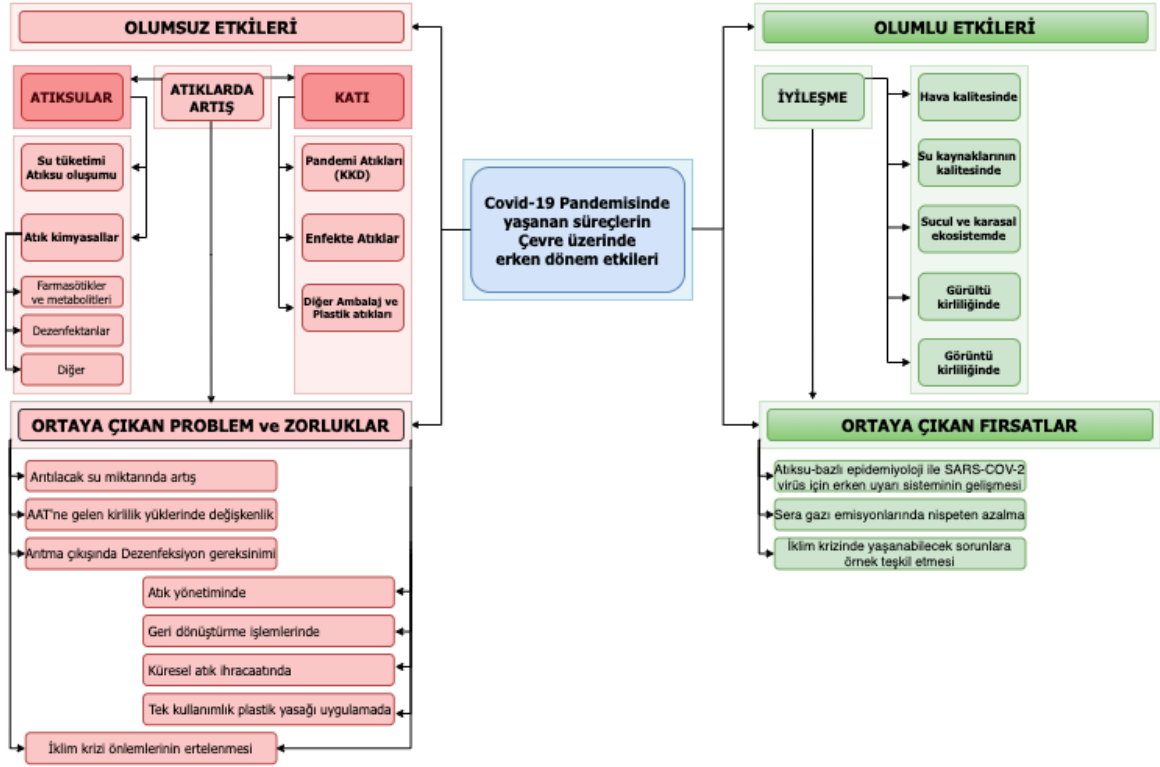
Enfeksiyonu önlemek için bakterisitlerin, virüslerin ve dezenfektanların kullanımının önemli ölçüde artması, çevresel açıdan bu maddelere dirençli mikroorganizmaların varlığını artıracaktır ve bunun ekosistemler ve insan sağlığı üzerinde dolaylı ancak kaçınılmaz etkileri olacaktır (Naddeo ve Liu, 2020). Ayrıca hijyen ve sanitasyon amacıyla kullanılan su hacmindeki artışlar, hızlı atıksu oluşumuna ve dolayısıyla da su kaynaklarının tükenmesine sebep olmaktadır. Ayrıca fazla hacimlerde suyun arıtımının gerekliliği doğmaktadır. Sularda ve çevrede bu tarz kirlenmelerin önlenmesi için, tüketimde optimum faydayı sağlayacak kadarı kullanılıp aşırıktan kaçınılması ve atık minimizasyonunun sağlanması gerekir. Atık minimizasyonu ve sıfır atık uygulamasında en önemli faktör olan “bireylerin bilinçlendirilmesi” konusuna ağırlık verilmelidir.

Bu salgın, kapatmaların haricinde de, teknoloji kullanımını, uzaktan çalışmayı, uzaktan öğrenmeyi artırıp, insan aktivitelerini nispeten azaltarak; kentlerde oluşan hava kirlenici emisyonlarının azaltılmasına, trafik yükünün azalmasına, gürültü kirliliğinin de kısmen önlenmesine ışık tutmuştur. Dünyada yapılan kısmi ve tam kapatmaların, hava kalitesi, doğal ortamların korunması, atmosferin, hidrosferin iyileşmesi üzerinde geçici olumlu etkilerinin gözlenmesine karşın, COVID-19'un neden olduğu ölümler, diğer rahatsızlıklar ve aynı zamanda dramatik ekonomik etkiler (Nakada ve Urban, 2020) göz önünde bulundurularak psikolojik ve toplumsal açıdan olumsuz etkilerini de dikkate almak önemlidir. COVID-19 pandemisinin yayıldığı ilk andan beri tüm dünyada sokaklarda maske ve eldiven atıklarına rastlanmaya başlamıştır. Maske, eldiven den başka özellikle pandemiden sonra gıda alanında da yaygın kullanılan tek kullanımlık plastik malzemeler hızla artarak birikmeye başlamıştır. Üstelik bu birikim, yalnızca çöp veya deponi alanlarında değil, sokaklarda, plajlarda, denizlerde ve okyanuslarda da kendini göstermektedir. Sürdürülebilir bir çevre yaklaşımıyla, yalnızca oluşan katı atıkların değil, atıksulara geçen dezenfektan, farmasötik gibi kimyasallara kadar tüm ürünlerin çevresel etkilerini en aza indirmek için tüm yaşam döngüleri dikkate alınarak detaylıca değerlendirilmelidir.

Pandeminin kısa, orta, uzun vadeli, sürekli, geçici ve olumlu olumsuz çevresel etkilerinin şimdiden detaylandırılmaya çalışılması; diğer alanlarda olduğu gibi çevre konularında da gerekli tedbirleri alabilmek ve özellikle post-korona döneminde karşılaşılabilecek riskleri minimize edebilmek açısından önemlidir. Kısa dönemde yaşanan etkiler, pandeminin uzun vadede çevresel etkilerinin boyutlarının da anlaşılabilmesi açısından birer gösterge olabilir. Uzun vadede ikincil etkiler görülmeye başlanacaktır. Ancak, ne kadar süreceği ve ne kadar yıkıcı olabileceği öngörülemeyen salgınla ilgili henüz öngörülmemiş çevresel etkiler ve olumsuz riskler de gelişebilir.

5. SONUÇLAR

COVID-19 salgınının ilk döneminde tespit edilen olumlu ve olumsuz bazı çevresel etkiler Şekil 3' te sınıflandırılarak verilmiş ve detaylandırılmıştır.



Şekil 3:
COVID-19 pandemisinin Çevre üzerindeki etkileri (M. Yurtsever)

Su Kalitesi, Atıksu Oluşumu, Atıksu Arıtma işlemleri

+Su kaynaklarının berraklaşması, nispeten temiz bir görünüme kavuşması ve sucul ekosistemin canlanmaya başlaması

+Atıksu takibi ile COVID-19 epidemiyolojisinin anlaşılması ve ABE ile virüs için erken uyarı sisteminin geliştirilmesi

-Atıksularda virüs RNA'sının bulunması ve AAT'de çalışanlara aerosollerle bulaşma riski

-Su kullanımının artması, atıksu oluşumunun artması, dolayısıyla arıtılacak debinin artması

-Okul, ev, iş yaşamının ve diğer koşulların değişmesine bağlı olarak, ilgili bölgelerdeki arıtma tesislerine gelen kirlilik yüklerinin değişmesi olasılığı

-Arıtılmış ve tekrar kullanımı (sulama suyu) söz konusu olan atıksularda dezenfeksiyon ihtiyacı

-Oluşan atıksu içeriğinde dezefektan ve ilaç etken maddeleri (ve metabolitleri) ve diğer sağlıkla ilgili kullanılan kimyasalların artışı ile tesise gelen kirlilik yükünün artması, klasik ve ileri arıtmada arıtılamaması, bu maddelerin toksisitesi veya riskleri bilinmeyen daha farklı ürünlere dönüşme olasılığı.

Katı Atıklar

-Oluşan katı atık karakterinin değişimi, tıbbi atıklar gibi bazı tip atıkların aşırı artması, birikmesi

-Pandemi atıklarının yalnızca karasal ortamlarda değil su kaynaklarının dibinde de artmaya başlaması, birikmesi

-Gıda ve benzer ürünlerde ambalajlı ürünlerin kullanımının artması, dolayısıyla ambalaj atıklarının da çevrede artması ve birikmesi

-Tek kullanımlık malzeme kullanımının ve atıklarının artması

-Enfekte atık endişesinden dolayı geri dönüşüm işlemlerinin azalması

- Atık ihracatının da sekteye uğraması
- Tek kullanımlık plastikleri yasaklayan ve bu yasağı yakın zamanda yürürlüğe koymayı planlayan ülkelerde, pandemiyle birlikte tek kullanımlık plastiklere talebin tekrar artması
- Plastik atıklarının artması ve mikroplastik, nanoplastik gibi kirletici oluşumunun artması
- Normalde de belli bir bilinç, algı ve takip gerektiren bazı atıkların (pil, atık yağ gibi) yönetiminin salgın döneminde daha da zorlaşması. Bu sebeple bu atıkların normal atıklarla birlikte toplanması bertaraf konusunda ilave bir sorun yaratabilecektir.

Hava Kalitesi

- +Hava kalitesinde artış,
- +Hava kirliliği yaratan kirleticilerin (PM_{2,5}, PM₁₀, NO, NO₂, SO₂, O₃, CO, CO₂ gibi) konsantrasyonunda nispeten düşüş olması,
- +Sera gazı emisyonlarının nispeten düşmesi iklim krizi açısından olumlu bir gelişme olarak değerlendirilse de geçicidir. Fazla üretim, gereksiz tüketim, fazla atık oluşturma, endüstrileşme, ormansızlaşma ve benzeri antropojenik aktivitelerin olumsuz etkileri devam edecektir.
- İklim krizi konusunda yapılacak çalışmaların ertelenmesi

Gürültü Kirliliği

- +Şehir gürültüsünün kısmen azalması (özellikle trafiğe bağlı gürültünün azalması, kapanan eğlence, spor merkezleri, parklar, kafeler ve bazı işletmeler...)

Görüntü Kirliliği

- +Bazı bölgelerde görüş mesafesinin artması (hava kirletici kons. azalmasına bağlı olarak)
- +Kısıtlamalara bağlı olarak ışık kirliliğinin de azalması
- Pandemi ile mücadelede kullanılan atıkların çevrede, yerleşimden uzak bölgelerde ve kırsal alanlarda artması, sahil ve denizlerde de görülmesi
- İlaveten, küresel vahşi hayvan ticaretini engellemeye yardımcı olması durumu da söz konusudur.

KAYNAKLAR

1. Acar, T., Demirel, E. A., Afşar, N., Akçalı, A., Demir, G. A., Alagöz, A. N., Bilgiç, B. (2020) Nörolojik Bakış Açısından COVID-19. Turk J Neurol, 26, 56-106.
2. Ahmed, W., Angel, N., Edson, J., Bibby, K., Bivins, A., O'Brien, J. W., Tscharke, B. (2020) First confirmed detection of SARS-CoV-2 in untreated wastewater in Australia: A proof of concept for the wastewater surveillance of COVID-19 in the community. Sci. Total Env., 138764.
3. Aldaco, R., Hoehn, D., Laso, J., Margallo, M., Ruiz-Salmón, J., Cristobal, J., Fullana-i-Palmer, P. (2020) Environmental and nutritional impacts of dietary changes in Spain during the COVID-19 lockdown. Sci. Total Env., 140524.
4. Amankwah-Amoah, J. (2020) Stepping Up and Stepping Out of COVID-19: New Challenges for Environmental Sustainability Policies in the Global Airline Industry. Journal of Cleaner Production, 123000.
5. Annalaura, C., Ileana, F., Dasheng, L., Marco, V. (2020) Making waves: Coronavirus detection, presence and persistence in the water environment: State of the art and knowledge needs for public health. Water Research, 115907.
6. Azimzada, A., Tufenkji, N., Wilkinson, K.J. (2017) Transformations of silver nanoparticles in wastewater effluents: links to Ag bioavailability. Env. Science: Nano, 4(6), 1339-1349.

7. Balboa, S., Mauricio-Iglesias, M., Rodríguez, S., Martínez-Lamas, L., Vasallo, F. J., Regueiro, B., Lema, J. M. (2020) The fate of SARS-CoV-2 in wastewater treatment plants points out the sludge line as a suitable spot for incidence monitoring. medRxiv.
8. Barcelo, D. (2020) An environmental and health perspective for COVID-19 outbreak: Meteorology and air quality influence, sewage epidemiology indicator, hospitals disinfection, drug therapies and recommendations. *Journal of Env. Chem. Eng.*, 104006.
9. Bivins, A., North, D., Ahmad, A., Ahmed, W., Alm, E., Been, F., Bibby, K. (2020) Wastewater-Based Epidemiology: Global Collaborative to Maximize Contributions in the 2 Fight Against COVID-19. *Environ. Sci. Technol.*
10. Bonilla-Aldana, D. K., Dhama, K., Rodriguez-Morales, A. J. (2020) Revisiting the one health approach in the context of COVID-19: a look into the ecology of this emerging disease. *Adv Anim Vet Sci*, 8(3), 234-237.
11. Bontempi, E. (2020) First data analysis about possible COVID-19 virus airborne diffusion due to air particulate matter (PM): the case of Lombardy (Italy). *Env. Research*, 109639.
12. Carraturo, F., Del Giudice, C., Morelli, M., Cerullo, V., Libralato, G., Galdiero, E., Guida, M. (2020) Persistence of SARS-CoV-2 in the environment and COVID-19 transmission risk from environmental matrices and surfaces. *Environmental Pollution*, 115010.
13. Casanova, L., Rutala, W. A., Weber, D. J., Sobsey, M. D. (2009) Survival of surrogate coronaviruses in water. *Water research*, 43(7), 1893-1898.
14. Chauhan, A., Singh, R. P. (2020) Decline in PM_{2.5} concentrations over major cities around the world associated with COVID-19. *Environmental Research*, 109634.
15. Coccia, M. (2020) Factors determining the diffusion of COVID-19 and suggested strategy to prevent future accelerated viral infectivity similar to COVID. *Sci. Total Env.*, 138474.
16. Conticini, E., Frediani, B., Caro, D. (2020) Can atmospheric pollution be considered a co-factor in extremely high level of SARS-CoV-2 lethality in Northern Italy?. *Env. Poll.*, 114465.
17. Copat, C., Cristaldi, A., Fiore, M., Grasso, A., Zuccarello, P., Santo Signorelli, S., Ferrante, M. (2020) The role of air pollution (PM and NO₂) in COVID-19 spread and lethality: a systematic review. *Environmental research*, 110129.
18. Dantas, G., Siciliano, B., França, B. B., da Silva, C. M., Arbilla, G. (2020) The impact of COVID-19 partial lockdown on the air quality of the city of Rio de Janeiro, Brazil. *Sci. Total Env.*, 729, 139085.
19. De Francesco, V., Giorgio, F., Hassan, C., Manes, G., Vannella, L., Panella, C., Zullo, A. (2010) Worldwide *H. pylori* antibiotic resistance: a systematic review. *Journal of Gastrointestinal & Liver Diseases*, 19(4).
20. Domingo, J. L., Rovira, J. (2020) Effects of air pollutants on the transmission and severity of respiratory viral infections. *Environmental Research*, 109650.
21. Duthail, F., Baker, J. S., Navel, V. (2020) COVID-19 as a factor influencing air pollution?. *Environmental Pollution (Barking, Essex: 1987)*, 263, 114466.
22. Fadare, O. O., Okoffo, E. D. (2020) Covid-19 face masks: A potential source of microplastic fibers in the environment. *Sci. Total Env.*, 737, 140279.
23. Fattorini, D., Regoli, F. (2020) Role of the chronic air pollution levels in the Covid-19 outbreak risk in Italy. *Environmental Pollution*, 114732.

24. Frontera, A., Martin, C., Vlachos, K., Sgubin, G. (2020) Regional air pollution persistence links to covid19 infection zoning. *The Journal of Infection*.
25. Garg, V., Aggarwal, S. P., Chauhan, P. (2020) Changes in turbidity along Ganga River using Sentinel-2 satellite data during lockdown associated with COVID-19. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 11(1), 1175-1195.
26. Ghernaout, D., Elboughdiri, N. (2020) Environmental Engineering for Stopping Viruses Pandemics. *Open Access Library Journal*, 7(4), 1-17.
27. Gori, T., Lelieveld, J., Münzel, T. (2020) Perspective: cardiovascular disease and the Covid-19 pandemic. *Basic Research in Cardiology*, 115(3).
28. Greenhalgh, T., Schmid, M. B., Czypionka, T., Bassler, D., Gruer, L. (2020) Face masks for the public during the covid-19 crisis. *Bmj*, 369.
29. Gundy, P. M., Gerba, C. P., Pepper, I. L. (2009) Survival of coronaviruses in water and wastewater. *Food and Environmental Virology*, 1(1), 10.
30. Han, Y., Lam, J. C., Li, V. O., Guo, P., Zhang, Q., Wang, A., Downey, J. (2020) The Effects of Outdoor Air Pollution Concentrations and Lockdowns on COVID-19 Infections in Wuhan and Other Provincial Capitals in China.
31. Haramoto, E., Malla, B., Thakali, O., Kitajima, M. (2020) First environmental surveillance for the presence of SARS-CoV-2 RNA in wastewater and river water in Japan. *medRxiv*.
32. Heller, L., Mota, C. R., Greco, D. B. (2020) COVID-19 faecal-oral transmission: Are we asking the right questions?. *Sci. Total Env.*, 138919.
33. Hindson, J. (2020) COVID-19: faecal–oral transmission?. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 17(5), 259-259.
34. Hora, P., Pati, S. G., McNamara, P. J., Arnold, W. A. (2020) Increased Use of Quaternary Ammonium Compounds during the SARS-CoV-2 Pandemic and Beyond: Consideration of Environmental Implications. *Env. Science & Technology Letters*.
35. Howard, J., Huang, A., Li, Z., Tufekci, Z., Zdimal, V., van der Westhuizen, H. M., Tang, V. (2020) Face masks against COVID-19: an evidence review.
36. <https://cygm.csb.gov.tr/covid-19-salgin-i-ve-atiksu-yonetimine-iliskin-onlemler-genelgesi-duyuru-407943>, Erişim Tarihi: 15.04 2020, Konu: CYGM, 2020, COVID-19 Salgını ve Atıksu Yönetimine İlişkin Önlemler Genelgesi.
37. <https://iafp.confex.com/iafp/2012/webprogram/Paper2281.html>, Erişim Tarihi: 25.03.2020, Konu: Jensen, D. (2012) Efficacy of handwashing duration and drying methods. *International Association for Food Protection*.
38. <https://www.biovendor.com/sars-cov-2-2019-ncov-proteins>, Erişim Tarihi: 09.09.2020, Konu: Fenna I., 23.03.2020, BioVendor offers new SARS-CoV-2 structural protein products for virology research.
39. <https://www.cbsnews.com/news/yamuna-rivers-toxic-foam-and-delhi-air-pollution-greet-hindu-devotees-for-chhath-puja-festival/>, Erişim Tarihi: 20.03.2020, Konu: Zargar, A.R., 2019. Hindu festival in India marred by a river of toxic foam and a blanket of killer smog. *CBS News*, 5th November.
40. <https://www.cnbc.com/2020/03/18/photos-water-in-venice-italys-canals-clear-amid-covid-19-lockdown.html>, Erişim Tarihi: 10.04.2020, Konu: Clifford, C., The Water in Venice, Italy's Canals Is Running Clear amid the COVID-19 Lockdown.

41. <https://www.dw.com/en/coronavirus-lockdown-gives-animals-rare-break-from-noise-pollution/a-53106214>, Erişim Tarihi: 20.04.2020, Konu: Schuster, K., 2020. Coronavirus lockdown gives animals rare break from noise pollution.
42. <https://www.epa.gov/>, Erişim Tarihi: 24.03.2020,
43. <https://www.sozcu.com.tr/2020/gundem/bilim-kurulu-uyesinden-gumus-suyu-iddiasina-yanit-geldi-5831873/>, Erişim Tarihi: 25.05.2020, Konu: Bilim Kurulu üyesinden 'gümüş suyu' iddiasına yanıt.
44. <https://www.stockholmmresilience.org/publications/artiklar/2010-03-06-pandemic-2.0-can-information-technology-help-save-the-planet.html>, Erişim Tarihi: 12.03.2020, Konu: Pandemic 2.0: Can information technology help save the planet?
45. https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/covid%2019%20arde%20duyuru/KS_Covid_19_Raporu.pdf, Erişim Tarihi: 15.04.2020, Konu: TOB, 2020, KOVID-19 Bulaşma Riskinin Kullanılmış Suların Yeniden Kullanılması Perspektifinden Değerlendirilmesi
46. <https://www.theguardian.com/environment/2020/jun/08/more-masks-than-jellyfish-coronavirus-waste-ends-up-in-ocean>, Erişim Tarihi: 10.06.2020, Konu: Kassam A., 2020. 'More masks than jellyfish': coronavirus waste ends up in ocean
47. <https://www.theguardian.com/environment/2020/jun/15/covid-19-pandemic-is-fire-drill-for-effects-of-climate-crisis-says-un-official>, Erişim Tarihi: 02.05.2020, Harvey F., 2020. Covid-19 pandemic is 'fire drill' for effects of climate crisis, says UN official.
48. <https://www.theguardian.com/environment/2020/jun/22/reusable-containers-safe-during-covid-19-pandemic-say-experts>, Erişim Tarihi: 23.06.2020, Konu: Laville S, Reusable containers safe during Covid-19 pandemic, say experts.
49. <https://www.theguardian.com/science/2020/apr/06/lockdown-has-cut-britains-vibrations-seismologists-find>, Erişim Tarihi: 17.04.2020, Konu: Sample, I. 2020, Lockdown has cut Britain's vibrations, seismologists find.
50. <https://www.who.int/dg/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19-11-march-2020>, Erişim Tarihi: 21.03.2020, Konu: WHO, (2020a). Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19 - 11 March 2020.
51. <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019>, Erişim Tarihi: 20.05.2020, Konu: WHO, (2020b). Coronavirus disease (COVID-19) pandemic.
52. https://www.who.int/gho/phe/outdoor_air_pollution/en/#:~:text=Worldwide%2C%20ambient%20air%20pollution%20is,26%25%20of%20respiratory%20infection%20deaths. Erişim Tarihi: 02.05.2020, Konu: WHO, (2016).
53. <https://www.who.int/publications-detail/water-sanitation-hygiene-and-waste-management-for-the-covid-19-virus-interim-guidance>, Erişim Tarihi: 23.03.2020, Konu: WHO, (2020c). Water, sanitation, hygiene, and waste management for the COVID-19 virus.
54. <https://www.worldometers.info/coronavirus/>, Erişim Tarihi: 23.05.2020, Konu: Worldometer. (2020). Covid-19 Coronavirus Pandemic.
55. <https://www.youtube.com/watch?v=UwlQkgLKPtQ>, Erişim tarih: 01.05.2020, Konu: Satellite data. 2020. Air pollution over china dropped in January, rebounding in March - satellite data. 2020.
56. Ignatov, I. (2020) Antiviral effects of nano colloidal silver, water catholyte, oxidal with methylene blue. possible effects of influence over coronavirus SARS-CoV and SARS-CoV-

- 2 with Disease COVID-19. In Global Congress on Infectious Diseases, Sci Tech Infectious Diseases.
57. Jiang, Y., Wu, X. J., Guan, Y. J. (2020) Effect of ambient air pollutants and meteorological variables on COVID-19 incidence. *Infection Control & Hospital Epidemiology*, 1-11.
 58. Kampf, G., Todt, D., Pfaender, S., Steinmann, E. (2020) Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents. *J. Hosp. Inf.* 104(3), 246-251.
 59. Kitajima, M., Ahmed, W., Bibby, K., Carducci, A., Gerba, C. P., Hamilton, K. A., Rose, J. B. (2020) SARS-CoV-2 in wastewater: State of the knowledge and research needs. *Sci. Total Env.*, 139076.
 60. Klemeš, J. J., Van Fan, Y., 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.
 61. Kocamemi, B. A., Kurt, H., Sait, A., Sarac, F., Saatci, A. M., Pakdemirli, B. (2020) SARS-CoV-2 Detection in Istanbul Wastewater Treatment Plant Sludges. *medRxiv*.
 62. Kumar, M., Kuroda, K., Dhangar, K., Mazumder, P., Sonne, C., Rinklebe, J., Kitajima, M. (2020a) Potential emergence of antiviral-resistant pandemic viruses via environmental drug exposure of animal reservoirs. *Env. Science & Technology*, 54(14), 8503-8505.
 63. Kumar, M., Patel, A. K., Shah, A. V., Raval, J., Rajpara, N., Joshi, M., Joshi, C. G. (2020b) First proof of the capability of wastewater surveillance for COVID-19 in India through detection of genetic material of SARS-CoV-2. *Sci. Total Env.*, 746, 141326.
 64. Kümmerer, K. (2001) Drugs in the environment: emission of drugs, diagnostic aids and disinfectants into wastewater by hospitals in relation to other sources—a review. *Chemosphere*, 45(6-7), 957-969.
 65. Kümmerer, K. (2018) Management of Environmental Contaminants From Health Care: Sustainable Pharmacy. In *Health Care and Env. Contamination* (225-237). Elsevier.
 66. Lahrich, S., Laghrib, F., Farahi, A., Bakasse, M., Saqrane, S., El Mhammedi, M. A. (2020) Review on the contamination of wastewater by COVID-19 virus: Impact and treatment. *Sci. Total Env.*, 751, 142325.
 67. Lal, P., Kumar, A., Kumar, S., Kumari, S., Saikia, P., Dayanandan, A., Khan, M. L. (2020) The dark cloud with a silver lining: Assessing the impact of the SARS COVID-19 pandemic on the global environment. *Sci. Total Env.*, 139297.
 68. Lecocq, T., Hicks, S. P., Van Noten, K., van Wijk, K., Koelemeijer, P., De Plaen, R. S., Arroyo-Solórzano, M. (2020) Global quieting of high-frequency seismic noise due to COVID-19 pandemic lockdown measures. *Science*.
 69. Leung, C. C., Lam, T. H., Cheng, K. K. (2020) Mass masking in the COVID-19 epidemic: people need guidance. *Lancet*, 395(10228), 945.
 70. Li, D., Jin, M., Bao, P., Zhao, W., Zhang, S. (2020a) Clinical characteristics and results of semen tests among men with coronavirus disease 2019. *JAMA network open*, 3(5) e208292.
 71. Li, H., Xu, X. L., Dai, D. W., Huang, Z. Y., Ma, Z., Guan, Y. J. (2020b) Air Pollution and temperature are associated with increased COVID-19 incidence: a time series study. *International Journal of Infectious Diseases*.
 72. Lodder, W., de Roda Husman, A. M. (2020) SARS-CoV-2 in wastewater: potential health risk, but also data source. *The Lancet Gastroenterology & Hepatology*, 5(6), 533-534.

73. Mahato, S., Pal, S., Ghosh, K. G. (2020) Effect of lockdown amid COVID-19 pandemic on air quality of the megacity Delhi, India. *Sci. Total Env.*, 139086.
74. Mallapaty, S. (2020) How sewage could reveal true scale of coronavirus outbreak. *Nature*, 580(7802), 176-177.
75. Mandal, I., Pal, S. (2020) COVID-19 pandemic persuaded lockdown effects on environment over stone quarrying and crushing areas. *Sci. Total Env.*, 139281.
76. Mao, K., Zhang, K., Du, W., Ali, W., Feng, X., Zhang, H. (2020) The potential of wastewater-based epidemiology as surveillance and early warning of infectious disease outbreaks. *Current Opinion in Environmental Science & Health*.
77. Martelletti, L., Martelletti, P. (2020) Air pollution and the novel Covid-19 disease: a putative disease risk factor. *SN Comprehensive Clinical Medicine*, 1-5.
78. Medema, G., Heijnen, L., Elsinga, G., Italiaander, R., Brouwer, A. (2020) Presence of SARS-Coronavirus-2 RNA in sewage and correlation with reported COVID-19 prevalence in the early stage of the epidemic in the Netherlands. *Env.Science & Technology Letters*.
79. Muhammad, S., Long, X., Salman, M. (2020) COVID-19 pandemic and environmental pollution: a blessing in disguise?. *Sci. Total Env.*, 138820.
80. Naddeo, V., Liu, H. (2020) Editorial Perspectives: 2019 novel coronavirus (SARS-CoV-2): what is its fate in urban water cycle and how can the water research community respond?. *Environmental Science: Water Research & Technology*, 6(5), 1213-1216.
81. Nakada, L. Y. K., Urban, R. C. (2020) COVID-19 pandemic: Impacts on the air quality during the partial lockdown in São Paulo state, Brazil. *Sci Total Env.*, 139087.
82. Nannou, C., Ofrydopoulou, A., Evgenidou, E., Heath, D., Heath, E., Lambropoulou, D. (2020) Antiviral drugs in aquatic environment and wastewater treatment plants: A review on occurrence, fate, removal and ecotoxicity. *Sci. Total Env.*, 699, 134322.
83. Ogen, Y. (2020) Assessing nitrogen dioxide (NO₂) levels as a contributing factor to the coronavirus (COVID-19) fatality rate. *Sci. Total Env.*, 138605.
84. Ogunseitani, O.A. (2020) The Materials Genome and COVID-19 Pandemic. *Jom* (Warrendale, Pa.: 1989), 72(6), 1-3.
85. Paital, B. (2020) Nurture to nature via COVID-19, a self-regenerating environmental strategy of environment in global context. *Sci. Total Env.*, 139088.
86. Paital, B., Das, K., Parida, S. K. (2020) Inter nation social lockdown versus medical care against COVID-19, a mild environmental insight with special reference to India. *Sci. Total Env.*, 138914.
87. Patel, P. P., Mondal, S., Ghosh, K. G. (2020) Some respite for India's dirtiest river? Examining the Yamuna's water quality at Delhi during the COVID-19 lockdown period. *Sci. Total Env.*, 140851.
88. Pecson, B., Gerrity, D., Bibby, K., Drewes, J. E., Gerba, C., Gersberg, R., Olivieri, A. (2020) Editorial Perspectives: will SARS-CoV-2 reset public health requirements in the water industry? Integrating lessons of the past and emerging research. *Environmental Science: Water Research & Technology*.
89. Pinder, A. C., Raghavan, R., Britton, J. R., Cooke, S. (2020) COVID-19 and biodiversity: The paradox of cleaner rivers and elevated extinction risk to iconic fish species. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 30(6), 1061-1062.

90. Prata, J. C., Patrício Silva, A. L., Walker, T. R., Duarte, A. C., Rocha Santos, T. (2020) COVID-19 pandemic repercussions on the use and management of plastics. *Env. Science & Technology*.
91. Qu G, Li X, Hu L, Jiang G. (2020) An imperative need for research on the role of environmental factors in transmission of novel coronavirus (COVID-19), *Environ. Sci. Technol.*, 54 (7), 3730–3732.
92. Randazzo, W., Truchado, P., Cuevas-Ferrando, E., Simón, P., Allende, A., Sánchez, G. (2020) SARS-CoV-2 RNA in wastewater anticipated COVID-19 occurrence in a low prevalence area. *Water Research*, 115942.
93. Rosenbloom, D., Markard, J. (2020) A COVID-19 recovery for climate, 368, 6490, 447.
94. Saadat, S., Rawtani, D., Hussain, C. M. (2020) Environmental perspective of COVID-19. *Sci. Total Env.*, 138870.
95. Silva, A. L. P., Prata, J. C., Walker, T. R., Campos, D., Duarte, A. C., Soares, A. M., Rocha-Santos, T. (2020) Rethinking and optimising plastic waste management under COVID-19 pandemic: Policy solutions based on redesign and reduction of single-use plastics and personal protective equipment. *Sci. Total Env.*, 140565.
96. Sims, N., Kasprzyk-Hordern, B. (2020) Future perspectives of wastewater-based epidemiology: monitoring infectious disease spread and resistance to the community level. *Env. International*, 105689.
97. Turoňová, B., Sikora, M., Schürmann C., Hagen, W.J., Welsch, S., Blanc, F.E., van Zandbergen, G. (2020) In situ structural analysis of SARS-CoV-2 spike reveals flexibility mediated by three hinges. *Science*, 370(6513), 203-208.
98. VishnuRadhan, R., Eldho, T. I., Bhagat, J. (2020) Do atmospheric plastics act as fomites for novel viruses?.
99. Walser, T., Demou, E., Lang, D. J., Hellweg, S. (2011) Prospective environmental life cycle assessment of nanosilver T-shirts. *Environmental science & technology*, 45(10), 4570-4578.
100. Wang, J., Du, G. (2020) COVID-19 may transmit through aerosol. *Irish Journal of Medical Science (1971-)*, 1-2.
101. Wang, P., Chen, K., Zhu, S., Wang, P., Zhang, H. (2020a) Severe air pollution events not avoided by reduced anthropogenic activities during COVID-19 outbreak. *Resources, Conservation and Recycling*, 158, 104814.
102. Whitehouse, M. W. (2015) Silver pharmacology: past, present and questions for the future. In *Novel Natural Products: Therapeutic Effects in Pain, Arthritis and Gastro-Intestinal Diseases* (pp. 237-273). Springer, Basel.
103. Wölfel, R., Corman, V. M., Guggemos, W., Seilmaier, M., Zange, S., Müller, M. A., Hoelscher, M. (2020) Virological assessment of hospitalized patients with COVID-2019. *Nature*, 581(7809), 465-469.
104. Wu, F., Xiao, A., Zhang, J., Gu, X., Lee, W. L., Kauffman, K., Duvallat, C. (2020a) SARS-CoV-2 titers in wastewater are higher than expected from clinically confirmed cases. *medRxiv*.
105. Wu, X., Nethery, R. C., Sabath, B. M., Braun, D., Dominici, F. (2020b) Exposure to air pollution and COVID-19 mortality in the United States. *medRxiv*.

106. Wurtzer, S., Marechal, V., Mouchel, J. M., Maday, Y., Teyssou, R., Richard, E., Moulin, L. (2020a) Evaluation of lockdown impact on SARS-CoV-2 dynamics through viral genome quantification in Paris wastewaters. medRxiv.
107. Wurtzer, S., Marechal, V., Mouchel, J. M., Moulin, L. (2020b) Time course quantitative detection of SARS-CoV-2 in Parisian wastewaters correlates with COVID-19 confirmed cases. MedRxiv.
108. Xu, Y., Li, X., Zhu, B., Liang, H., Fang, C., Gong, Y., Zhang, H. (2020) Characteristics of pediatric SARS-CoV-2 infection and potential evidence for persistent fecal viral shedding. *Nature medicine*, 26(4), 502-505.
109. Yao, X. H., He, Z. C., Li, T. Y., Zhang, H. R., Wang, Y., Mou, H., Ping, Y. F. (2020) Pathological evidence for residual SARS-CoV-2 in pulmonary tissues of a ready-for-discharge patient. *Cell Research*, 30(6), 541-543.
110. Yeo, C., Kaushal, S., Yeo, D. (2020) Enteric involvement of coronaviruses: is faecal–oral transmission of SARS-CoV-2 possible?. *The Lancet Gastroenterology & Hepatology*, 5(4), 335-337.
111. Yunus, A. P., Masago, Y., Hijioka, Y. (2020) COVID-19 and surface water quality: Improved lake water quality during the lockdown. *Sci. Total Env.*, 139012.
112. Yurtsever M. (2018) Çevre, Bilim ve Teknoloji, Bölüm adı: (Küresel Plastik Kirliliği, Nano-Mikroplastik Tehlikesi ve Sürdürülebilirlik), Güven Plus Grup A.Ş. Yayınları, Basım sayısı:1, ISBN:978-605-7594-06-8, (Yayın No: 4722811).
113. Yurtsever M., Yurtsever U. (2019) Use of a convolutional neural network for the classification of microbeads in urban wastewater. *Chemosphere*, 216, 271-280.,
114. Zambrano-Monserrate, M. A., Ruano, M. A., Sanchez-Alcalde, L. (2020) Indirect effects of COVID-19 on the environment. *Sci. Total Env.*, 138813.
115. Zang, R., Castro, M. F. G., McCune, B. T., Zeng, Q., Rothlauf, P. W., Sonnek, N. M., Diamond, M. S. (2020) TMPRSS2 and TMPRSS4 promote SARS-CoV-2 infection of human small intestinal enterocytes. *Science immunology*, 5(47).
116. Zhu, Y., Xie, J., Huang, F., Cao, L. (2020) Association between short-term exposure to air pollution and COVID-19 infection: Evidence from China. *Sci. Total Env.*, 727.
117. Zoran, M. A., Savastru, R. S., Savastru, D. M., Tautan, M. N. (2020a) Assessing the relationship between surface levels of PM2.5 and PM10 particulate matter impact on COVID-19 in Milan, Italy. *Sci. Total Env.*, 738, 139825.
118. Zoran, M. A., Savastru, R. S., Savastru, D. M., Tautan, M. N. (2020b) Assessing the relationship between ground levels of ozone (O3) and nitrogen dioxide (NO2) with coronavirus (COVID-19) in Milan, Italy. *Sci. Total Env.*, 140005.