

A COVID-19 járvány hatása környezetünk állapotára: esettanulmányok a levegő- és vízminőség, illetve az állatvilág területein

Friedreich Lilla, Magyar Gyöngyi, Tóth András József*

BME-VBK Kémiai és Környezeti Folyamatmérnöki Tanszék, 1111, Budapest, Műegyetem
rkp. 3.

*andrasjozsefth@edu.bme.hu, +36 1 463 1494

Beküldve: 2021. december 23.

Közlésre elfogadva: 2021. december 29.

KIVONAT

Munkánkban esettanulmányokon keresztül mutatjuk be a COVID-19 járvány környezetünkre, illetve élővilágunkra gyakorolt hatásait. Azokon a helyeken, ahol a környezetre gyakorolt antropogén hatások jelentősen redukálódtak a légszennyezés mértékében csökkenés tapasztalható. Élővizeink esetében inkább kettős hatás figyelhető meg: egyes helyeken javult a vízminőség az előbb említett helyzet miatt, másutt a rengeteg eldobott egyszer használatos védőfelszerelés, illetve a jelentős mértékű fertőtlenítőszer használat komoly szennyezési problémákat idézett elő. Az állatvilág kapcsán is találunk az antropogén kihatások miatt pozitív és negatív példákat. Fontos tehát, hogy a

járványidőszak alatt az emberiség a természetes környezetét is figyelemmel kísérje és a járvány utáni állapotra átmentse a pozitív tapasztalatokat.

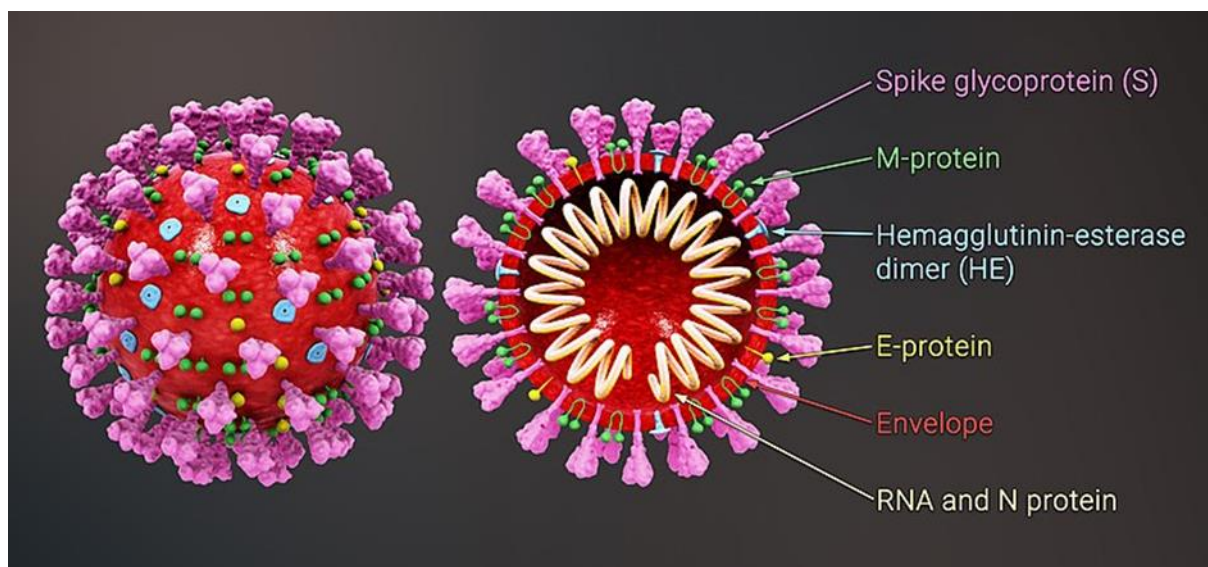
ABSTRACT

In our work, the effects of the COVID-19 pandemic on our environment and wildlife through case studies are presented. In places where anthropogenic impacts on the environment have been significantly reduced, there is a reduction in air pollution. In the case of our living waters, there is a rather double effect: in some places the water quality has improved due to the aforementioned situation, in others the large amount of discarded disposable protective

equipment and the significant use of disinfectants have caused serious pollution problems. There are also positive and negative examples of anthropogenic impacts on fauna. Therefore, it is important that humanity also monitors its natural environment during the pandemic period and passes on positive experiences to the post-pandemic state.

BEVEZETÉS

A COVID-19-világjárvány kórokozója a SARS-CoV-2 nevű vírus, amely a Coronaviridae családba tartozó, embereket megfertőző vírustörzs. A név etimológiáját tekintve az angol (latin és görög gyökerű) COrona VIRus Disease kezdőbetűiből, illetve az első rögzített eset dátumából származik (2019). Az 1. ábra mutatja be a COVID-19 háromdimenziós felépítését.



1. ábra. A COVID-19 háromdimenziós felépítése (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:3D_medical_animation_coronavirus_structure.jpg)

A problémáról először 2019. december 31-én számoltak be a kínai egészségügyi hatóságok a WHO-nak (Egészségügyi Világszervezet), mint ismeretlen etiológiájú tüdőgyulladás-járványról. Földrajzilag a közép-kínai sűrűn lakott

Hupej tartományban lévő Wuhan városából indult ki. A kutatóknak később sikerült visszavezetniük a fertőzés megjelenésének dátumát és megtalálniuk a nulladik pácienszt, akinek a megfertőződési idejét 2019. november 17-ére datálják (WHO).

Egészen 2020. január 13-ig csak Kínában volt jelen a fertőzés, ekkor jelent meg

Malajziában, rá két nappal Japánban, majd január 21-ére már a térség több országában is regisztrálták. A következő fontos mérőszám január 22-e volt, amikor először figyelték meg a betegséget másik kontinensen (USA). Január 24-én jelent meg Európában (Franciaországban), majd Ausztráliában és Afrikában, és végül február 25-én Dél-Amerikában, ezután az Antarktisz kivételével az összes kontinensen elterjedté vált.

Fontos megjegyezni, hogy a WHO szerint ekkor még nagymértékű erőfeszítésekkel elkerülhető lett volna a világjárvány kialakulása, ám 2020 márciusára a szervezet a helyzetet aggasztónak nevezte és azonnali lépéseket sürgetett. Mivel bizonyos helyeken nem, vagy nem elég hatékonyan intézkedtek, a járványt 2020. március 11-én pandémiává nyilvánították. Ennek következtében kezdődtek el számos országban az igazán drasztikus lépések, amelyek kihatottak a lakosság legtöbb tagjára.

A pandémia olyan járvány, amely sok embert fertőz meg (de nem feltétlenül halálos) és földrajzilag nagy kiterjedésű, több kontinensen (akár az egész világon) is előfordul. Fontos, hogy egy járványt pandémiává csak a WHO nyilváníthat az alábbi három feltétel együttes teljesülésével:

1. a kórokozó embereket fertőz meg,
2. könnyen fenntartható módon terjed az emberek között, és
3. új, eddig nem ismert betegség az emberi szervezet számára (WHO).

A történelem során a világ több pandémiával is szembenézett, mint a fekete himlő vagy a spanyolnátha, ezért több információ is rendelkezésére állt a szakértők számára, hogy monitorozzák a terjedést és megtegyék a szükséges lépéseket. Ennek érdekében új matematikai modellezési eljárásokat is felhasználtak, hogy térben és időben előre tudják jelezni a járványterjedés folyamatát. Innen tudjuk, hogy mikor fog jönni egy megbetegedési hullám, illetve hogyan terjed majd tovább. Ez a kórházfejlesztésben és kapacitás-tervezésben rendkívül fontos szerepet játszik.

A vírus a légutakat, köztük az orrot, száját, torkot és a tüdőt fertőzi meg. Terjedését a légzésünk során távozó cseppek teszik rendkívül gyorsá, amelyek magát a vírust hordozzák. Ezt egy másik személy könnyen belélegezheti az orrán, száján keresztül. A fertőzés során a vírus gyulladást okoz a tüdőben, aminek következtében roncsolódnak a sejtek és folyadékkal töltődik meg a tüdő. Ez a

folyamat köhögést és légzési nehézségeket okoz a betegek számára, valamint a vér oxigénszintjének csökkenéséhez vezethet. Az adatok alapján a különféle alapbetegségekben (vese- és szívelégtelenség, cukorbetegség) szenvedők veszélyeztetettek a leginkább.

Egyes kutatások szerint az emberek távolságtartásban és otthon maradásában csak 10%-ban játszottak szerepet a lezárások, ennél jóval nagyobb részt tettek ki a médiában hallottak, illetve a személyes félelem a vírussal szemben (Yan, Y. et al. (2021), Hsiang, S. et al. (2020), Lyu, W. & Wehby, G. (2020)).

A munkánkban a témával kapcsolatban megjelent tudományos szakirodalom és további publikációk feldolgozásával mutatjuk be a COVID-19 járvány környezeti hatásait. Az általunk kiválasztott tanulmányokban jelzett pozitív és negatív következményeket egyaránt ismertetünk.

A környezet szempontjából számos pozitív hatással jártak a teljes lezárások, az antropogén folyamatok korlátozásai. Mivel az emberek benntartózkodtak lakásaikban, a természet esélyt kapott a fellélegzésre. Tisztább és egészségesebb lett a Föld ezalatt az időszak alatt, a természet újra

erőre kapott az antropogén hatások mérséklődése miatt.

A COVID-19 HATÁSA A LEVEGŐMINŐSÉGRE

A levegő minőségét, és ezáltal a közösségek egészségét, természetes (vulkánkitörés, bozóttüzek) és antropogén (emberi tevékenységre visszavezethető) hatások befolyásolják. Utóbbiakat elsődleges és másodlagos légszennyező anyagok csoportjára lehet osztani. Az elsődleges szennyezők közé sorolják az illékony szerves vegyületeket (VOC), a szén-monoxidot, nitrogén-oxidokat, kén-dioxidot, ólmot, valamint a finomszemcsés anyagokat (PM). Másodlagos szennyezőként két anyagot szoktak kiemelni, az egyik a kénsav, a másik a troposzférikus ózon.

A WHO adatai szerint évente 7 millió ember hal meg légszennyezésben, továbbá a városi lakosság 80%-a van kitéve egészségtelen levegőnek. A lezárások után pár hónappal később jelentős különbséget tapasztaltak olyan erősen szennyezett térségek esetében, mint Wuhan, Észak-Olaszország és az Egyesült Államok nagyvárosai. Kínában a mérgező gázok kibocsátása 25%-kal csökkent 2020 elején és ezzel együtt 337 kínai városban a

levegő minősége 11,4%-kal javult 2019 elejéhez képest (Khan, I., Shah, D. & Shah S.S. (2021)). A WHO úgy becsüli, hogy ez nagyjából ötvenezer életet mentett meg Kína szerte. Ezen szennyezők közül az egyik legveszélyesebb anyag az emberi szervezetre a PM_{2.5} (2,5 mikrométernél kisebb) részecske, más néven a szállópor, ami mikrométeres nagyságának köszönhetően képes lejutni a tüdőbe és onnan át tud kerülni a véráramba is. 2019-es adatok szerint évente több mint négy millióan halnak meg szélütésben, szívbetegekben, tüdőrákban és légúti fertőzésekben a PM_{2.5} részecskék következtében. A szállópor koncentrációjának alapszintje a világ számos országában 100 µg/m³ felett van. A lezárásokat követően ez drasztikusan csökkent.

A PM_{2.5} és troposzférikus ózon koncentrációjának változása

Törökországban

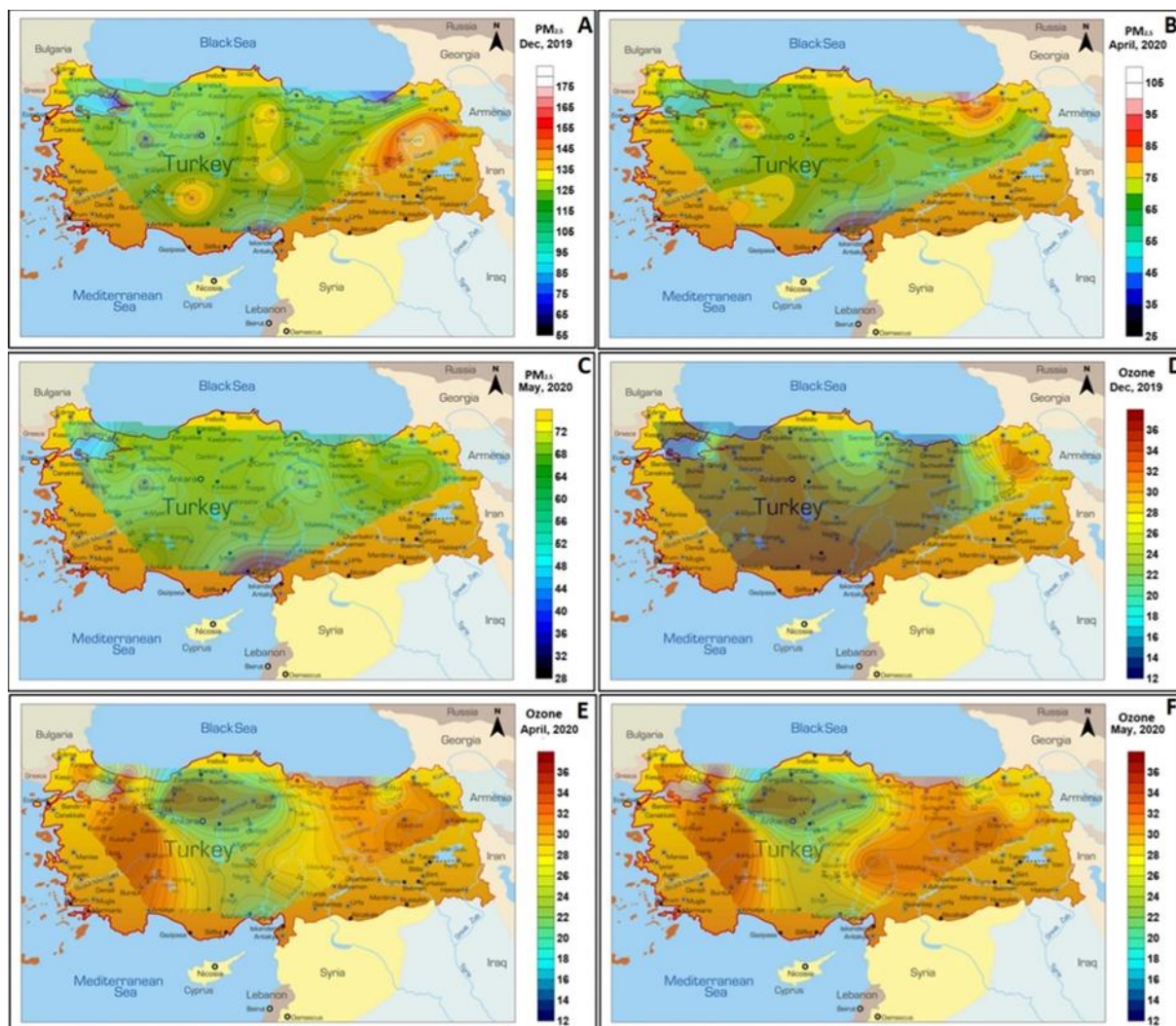
A COVID-19 járvány gyors terjedésének visszaszorítása érdekében különféle intézkedéseket hoztak. Többek között bezárták a gyárakat, leállították az infrastruktúrát, ami önmagában a levegőminőség javulását eredményezte. Törökországban egy kutatócsoport

figyelemmel kísérte a levegőminőség-index (Air Quality Index – AQI) változását a PM_{2.5} részecskék (szállópor) és az ózon koncentrációjára nézve 2019 decemberében, 2020 áprilisában és 2020 májusában. Mérési eredményeik alapján a PM_{2.5} indexe 2020 áprilisára 34,5%-kal javult. Ezzel szemben az ózon indexe április végére 16,8-ról 28,8-ra nőtt, amit a PM_{2.5} szintjének csökkenése következtében a felerősödött napsugárzás okozott. Törökországban a COVID-19 járvány előtt a levegőminőség-index egészségtelen minőségű volt, különösen a veszélyeztetett csoportok számára. Hónapokkal később, 2020 májusának végére mérsékelt szintre emelkedett a minősége. Többek között azért is monitorozták a felszínközeli ózon szintjének változását, mert ez alapján információt kaptak elővegyületeinek (NO_x, VOC) mennyiségi előfordulásáról, illetve hatása könnyen érzékelhető a fotokémiai szmog képződésén keresztül.

A tanulmányban 20 régióban vizsgálták meg a finomszemcsés anyagok és a troposzférikus ózon koncentrációját 2019 decemberében (a járvány előtt), 2020 áprilisában (korlátozások alatt), illetve 2020 májusában (egyres vállalkozások újranyitására kezdésén). A 2. ábra

mutatja be PM_{2.5} és troposzférikus ózon

különböző időpontokban mért szintjeit.



2. ábra. PM_{2.5} (A-C) és troposzférikus ózon (D-F) szintek 2019 decemberében, 2020 áprilisában és 2020 májusában

(<https://link.springer.com/article/10.1007/s10668-020-00933-5/figures/1>)

A térképeken jól látható, hogy Törökország fővárosán kívül a szállópor (PM_{2.5}) szintje az ország középső régiójában 130 alatt volt. Ennek fő oka, hogy a belső területek ritkán lakottak és kevésbé iparosodottak a tengerparti régióhoz képest, ahol magasabb értékeket regisztráltak. A legszennyezettebb tartomány 2019 decemberében az ország

keleti felében Erzurum városa volt, ahol közel 81 aktív ipari létesítmény működött, köztük bányászati, textilipari, mezőgazdasági és vegyipari. Ezzel a terület egészségtelen minősítést kapott, ami jelentősen érintette az érzékeny csoportokat. A korlátozások alatt, ahogyan az a térképen is látszik (2020. április és május) a levegőminőség-index (AQI)

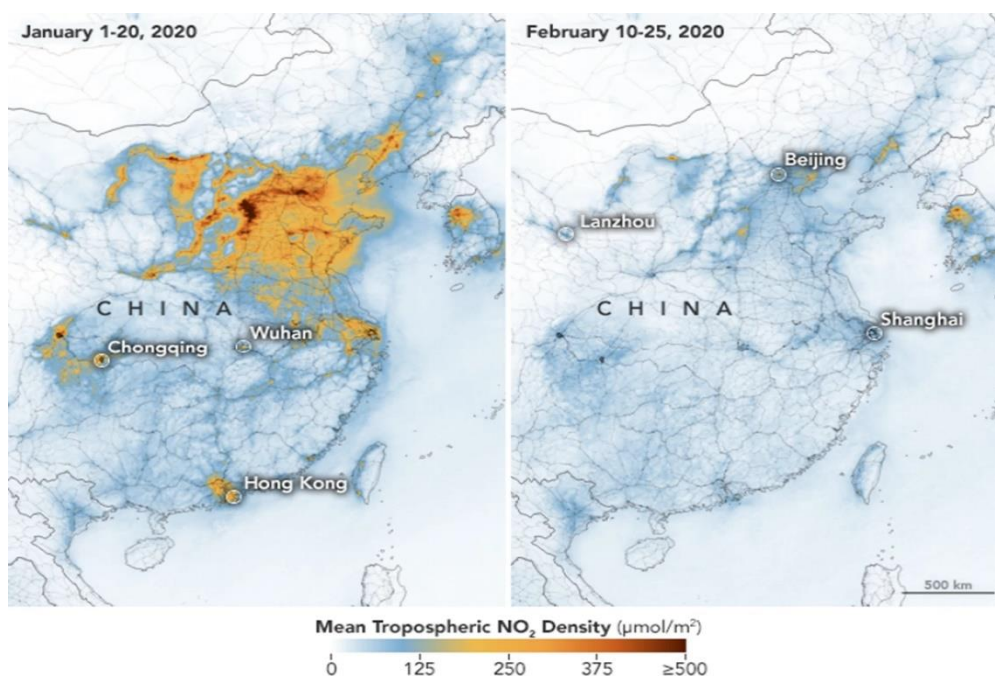
értéke a szállóporra, és a troposzférikus ózonra az egész ország területén javult. Az átlagos AQI szintje 171-ről (járvány előtt) 66,7-re (április), illetve 68,8-ra (május), mintegy 60%-kal csökkent, ami egyben azt is jelentette, hogy a terület minősítése egészségtelenről mérsékeltre változott.

A szállópor szintjének csökkenése a talajközeli ózon koncentrációjának emelkedéséhez vezetett. Ennek a jelenségnek fotokémiai magyarázata van, miszerint a PM szint csökkenése lehetővé tette a napsugarak behatolását a troposzférába, ahol az UV sugarak hatására a nitrogén-dioxid felbomlott nitrogén-monoxidra és egy rendkívül reaktív oxigéngyökre. Ez a gyök

találkozott a troposzférában egy oxigénmolekulával és hármatomú ózonmolekulát formált vele (Aydin, S. et al. (2021)).

Az NO₂ koncentrációjának változása a világ különböző területein

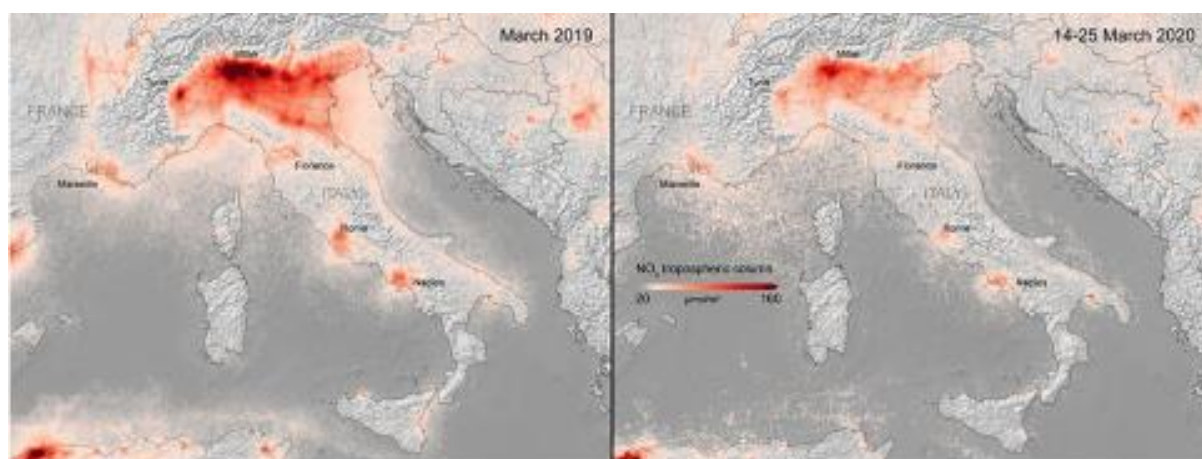
A másik súlyos légúti megbetegedést okozó vegyület főként a közlekedés és az ipari üzemek által kibocsátott nitrogén-dioxid. A WHO állítása szerint, ha ennek a mérgező gáznak a koncentrációja eléri a 200 µg/m³-t, akkor gyulladáscsökkentő légúti megbetegedésekhez, többek között asztmához vezet. A korlátozások alatt a levegő NO₂ koncentrációja világszinten 5,6 µg/m³-ről 0,2 µg/m³-re csökkent. Ez a



3. ábra. NO₂-kibocsátás Kínában a lezárások előtt (balra) és után (jobbra)
(Forrás: Európai Űrügynökség (ESA), Sentinel-5 műhold, 2020)

drasztikus visszaesés először Kínában kezdődött, ahonnan az egész vírus elindult, majd később a Föld többi erősen szennyezett régiójában is megtapasztalták. Hasonló esemény történt Pakisztánban is, ahol 20–50%-kal csökkent a NO₂ koncentrációja a levegőben a márciusi adatok alapján. Európa erősen szennyezett városaiban – Madridban, Párizsban és térségeiben –, Észak-Olaszország, Németország bizonyos területein – a NO₂ szintje az előző évi

március-áprilisi koncentrációhoz képest 45–50%-kal visszaesett. Az Egyesült Államok szennyezett levegőjű városai, többek között Los Angeles, San Francisco, San Diego és Phoenix felett a NO₂ koncentrációja rendre 31%, 22%, 25% és 16%-kal csökkent (Khan, I., Shah, D. & Shah S.S. (2021)). A 3. ábrán látható, hogy a NO₂ emisszió 20–30%-kal csökkent Kínában 2020. február 10 és 25 között az előző hónaphoz képest. A 4. ábra pedig az olaszországi esetet mutatja be.



4. ábra. NO₂-kibocsátás Olaszországban a lezárások előtt (balra) és után (jobbra). (Forrás: Európai Űrügynökség (ESA), Sentinel-5 műhold, 2020)

A koronavírus terjedésének lassítása érdekében bevezetett korlátozások és lezárások elősegítették az éghajlatváltozáshoz hozzájáruló légköri szén-dioxid koncentráció szintjének csökkenését az egész világon. A szakértők úgy vélik, hogy ez az eddigi legnagyobb visszaesés az antropogén CO₂-kibocsátás történetében az elmúlt 80 évben. A lezárások alatt a légitrafordulás 60%-kal

esett vissza világszinten. Kínában a korlátozásoknak köszönhetően 200 millió tonnára redukálódott a CO₂-kibocsátás mennyisége. A kutatók szerint ez a javulás mintegy 77 000 emberéletet menthet meg (Khan, I., Shah, D. & Shah S.S. (2021)). A világ más területein is hasonló drasztikus csökkenést figyeltek meg a CO₂-koncentrációjában, amihez nagymértékben hozzájárult az antropogén

tevékenységek (cementgyárak, légi közlekedés) részleges vagy teljes leállása.

A COVID-19 HATÁSA A VÍZMINŐSÉGRE

Az utóbbi évtizedekben a vízi ökoszisztémák legnagyobb szennyezéseinek főbb okai az urbanizáció, túlhalászás, és iparosodás voltak. Ezen tényezők legfőbb forrásai – mint az ipari szennyvíz, olaj-, nehézfém- és műanyag-szennyezés – a koronavírus miatti lezárások és leállások miatt jelentős mértékben lecsökkentek.

Vízminőségi adatok mérése India leghosszabb tavában

Ali P. Yunus és munkatársai India leghosszabb természetes vizű taván, a Kerala államban található Vembanad nevű tavon végeztek méréseket a víz minőségi változásának kimutatása céljából (Yunus, A.P., Masago, Y. & Hijioaka, Y. (2020)). A tó nagyjából 250 km² kiterjedésű, vízgyűjtő területe azonban a 14 000 km²-t is meghaladja. Az állóvíz az egyik leghíresebb látványosságnak számít az államban, továbbá az ott élők legfőbb megélhetési forrását is biztosítja a turizmus és a vízgazdálkodás révén. A Vembanad-tó vize erősen szennyezett volt

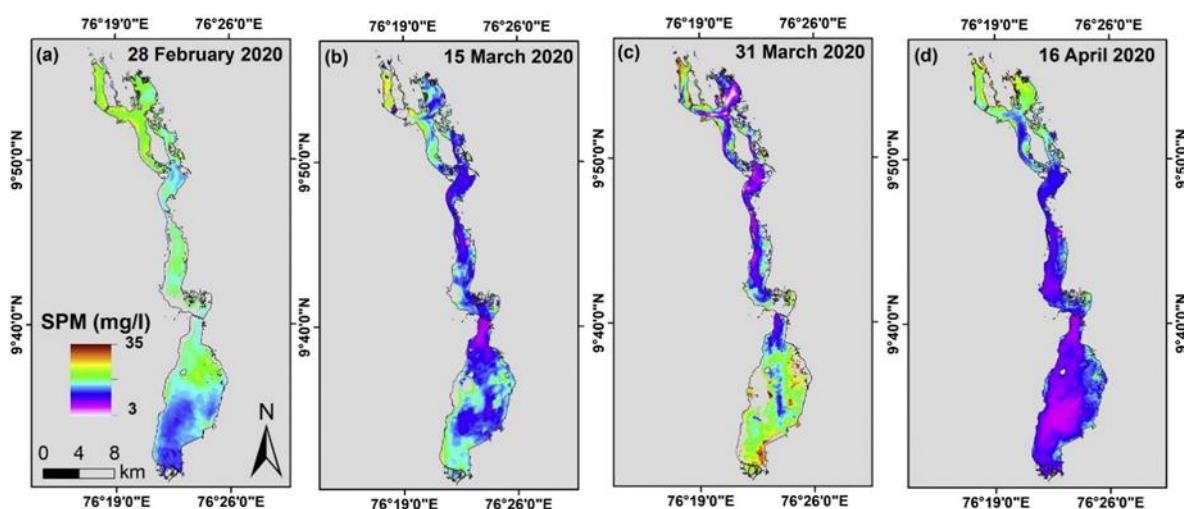
nagy koncentrációjú mérgezőanyag (például higany) tartalma miatt a felszíni, felszín alatti üledék, valamint halakból vett minták alapján. Az üledékminták mikroműanyag tartalma négyzetméterenként 496 részecske volt.

A járvány 2020 januárjában érte el Kerala államát és március 24-től lépett életbe a veszélyhelyzet. Ezt követően értelemszerűen megszűnt a turizmus, aminek következtében a főként dízelmeghajtású hajók forgalma is minimálisra csökkent. A mérések során a víz zavarosságának (turbiditásának) meghatározásával értékelték a víz minőségét. A lebegő részecskék (SPM: suspended particulate matter) jelenlétét többek között az ülepedés, a szennyvízelvezetés, a különböző szennyező anyagok, továbbá fémek és baktérium jelenléte okozhatja, amelyek következtében megnő a víz zavarosságának mértéke. A kísérleti eredményekből a víz zavarosságának egyértelmű csökkenése figyelhető meg a koronavírus okozta lezárásokat követően.

Az eredményekből a kutatócsoport arra következtetésre jutott, hogy az ipar és a turizmus által kiváltott szennyezések megszűnésével a Vembanad-tó vizének zavarossága átlagosan 15,9%-kal csökkent a járvány előtti időszakhoz képest. Ezt a

jelenséget a tó 20 zónája közül 18-ban tapasztalták, ebből 11 zónában most mérték 2013 óta a legalacsonyabb turbiditást. Habár a zavarosság csökkenéséből még nem következtethetünk minden kétséget

kizáróan a minőség javulására is, a szennyezők mennyisége határozottan csökkent, amely már önmagában is jelentős változás. Az 5. ábra mutatja be Vembanad-tó vizsgálatait.



5. ábra. Számított lebegőrészecske-koncentráció az indiai Vembanad-tó vizében (Forrás: Yunus, A.P., Masago, Y. & Hijioka, Y. (2020))

Változások India folyóvízeiben

A korlátozásoknak nemcsak állóvizeknél, hanem folyóknál is szabad szemmel látható következményei voltak. Az indiai Szent-folyóként ismert Gangesz a világ egyik legszennyezettebb folyójának számít. A Central Pollution Control Board of India (CPCB, Indiai Központi Szennyezés Ellenőrző Testület) és a

Banaras Hindu University információi alapján 40–50 %-os javulás tapasztalható a

folyó vízminőségében (CPCB (2021)). A vizsgálatban a következő paramétereket mérték meg: oldott oxigén mennyisége (több, mint 6 mg), biokémiai oxigénigény (BOI) (2 mg-nál kevesebb), összes szén mennyisége és pH érték (Khan, I., Shah, D. & Shah S.S. (2021)). Az Indian Technology Institute jelentése szerint a Gangesz vize több évtized után újra iható minőségű lett. Továbbá a szintén Indiában található Yamuna folyó oldott oxigén mennyisége 2,3–4,8 mg/l-re nőtt a 2019-ben feljegyzett közel nulla értékről. A szakmai jelentések alapján a Gangesz és a

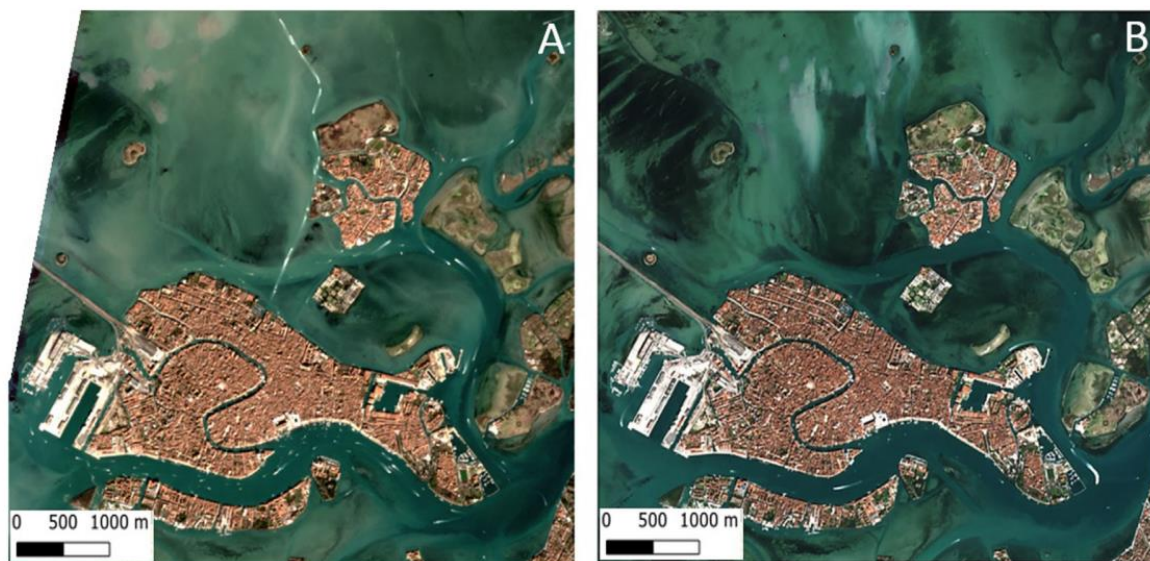
Yamuna folyók biokémiai oxigénigénye a legszennyezettebb szakaszokon csökkentek a legnagyobb mértékben (CPCB (2021); UPCCB (2021)).

A Velencei-lagúna megtisztulása

Az indiai vizeknél tapasztalt változások nem egyedülálló jelenségek. A világ több pontján is arra lettek figyelmesek az emberek, hogy tisztábbaknak tűnnek vizeik. Az olaszországi Velencében a csatornák vize annyira kitisztult, hogy szabad szemmel is láthatóvá vált a vízfenék, valamint a vízi élővilág. A csatornák és az öböl vízének minőségét is elsősorban a zavarosság monitorozásával követik nyomon a kutatók a világjárvány alatt (Braga, F. et al. (2020)). Velencében a turbiditás forrásaként a vízi közlekedés (vízi taxi, gondolák, a napi ellátást biztosító hajók, szemétszállító hajók), árapály áramlatok, szennyvízkibocsátás, fitoplanktonok növekedési ciklusa, a parti építkezések, valamint a kagylók betakarítása is szerepet játszik. Braga és munkatársai Sentinel műholdas képek

alapján vizsgálták meg a Velence körüli felszíni vizek lezárások előtti és utáni állapotai közötti különbséget. A felvételeket az árapály áramlatokkal összehangolva választották ki, csökkentve ezzel a különböző vízmélységek okozta hiba mértékét. Az eredményekből egyértelműen látható a vízi közlekedés és az általa kiváltott hullámok csökkenésének hatása (Braga, F. et al. (2020)).

A 6. ábra jól szemlélteti, hogy amíg a februári felvételen sok fehér hajó keltette hullám látható, addig a korlátozások alatt készült márciusi képen csak a kritikus infrastruktúrához tartozó szolgáltatásokat biztosító hajók mozgása vehető ki. Továbbá a B) képen a lagúna vize sokkal tisztábbnak tűnik, a lebegőanyag-mennyisége is jelentősen csökkent elsősorban a Velence és Murano közötti területen. Habár a Velencei-öbölben dokumentált víz zavarosságának és lebegőanyag-tartalmának csökkenése a koronavírus járvány pozitív hatásaként értelmezhető, hosszú távon sajnos nem fenntartható állapot.



6. ábra. Velencei-lagúna műholdképe A) 2020. február 20-án és B) március 19-én (Braga, F. et al. (2020))

Az eldobható maszkok hatása a környezetre

A járvány alatt a természetes vizekre nemcsak a turizmus és az ipari szennyezések vannak hatással, hanem az egyszer használatos maszkok és kesztyűk, valamint a fertőtlenítőszeres túlzott használata is lenyomatot hagy az óceánok, tavak, folyók vizein. Amíg korábban az egyszer használatos orvosi maszkok csak az egészségügyi dolgozók körében voltak használatosak, addig 2020-ban és 2021-ben már emberek tömegei hordják őket világszerte a vírus továbbterjedésének megakadályozása érdekében. A WHO adatai alapján ennek eredményeként havonta 89 millió orvosi maszk kerül felhasználásra világszerte (WHO 2020).

Ennek következtében a főként polimerekből (polietilén, polipropilén, poliészter, poliuretán, polikarbonát, polisztirol) készült maszkok gyártása drasztikus növekedésnek indult. Kína például napi 14,8 millió darabra emelte meg termelését 2020 februárjában (Xinhuanet (2021)). A maszkok gyártásában és használatában mutatkozó mennyiségi emelkedés egy új jellegű környezetvédelmi problémát okozott: az eldobott maszkok számos természetes helyen (erdők, folyók, óceánok) megtalálhatók az emberi tevékenységek után.

A természetbe kerülő egyszer használatos maszkok a mikroműanyagok új fajtájának megjelenését jelenthetik, tekintve, hogy ezek a használati tárgyak 5 mm-nél kisebb

méretű darabokra esnek szét az idő múlásával. Kutatók Fourier-Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) technika segítségével analizálták a maszkokat felépítő anyagokat és rámutattak, hogy a közeljövőben a maszkokból eredő

mikrorészecskék komoly méretű felhalmozódása következhet be a természeti területeken (Fadare, O.O. & Okoffo, E.D. (2020)). A 7. ábrán az óceánból kihalászott maszkok láthatóak.



7. ábra. Hong Kong partjainál talált eldobható maszkok (Forrás: Fadare, O.O. & Okoffo, E.D. (2020))

Fertőtlenítőszer: hasznosak vagy inkább veszélyesek?

A másik újonnan megjelent tevékenység az emberek mindennapi életében az alkohol- és klórtartalmú fertőtlenítőszer ismételt használata, amelyek szintén károsan hathatnak környezetünkre, valamint túlzott használatával az emberi egészségre is. Egyrészt a szennyvizek megfelelő tisztítása és fertőtlenítése is kiemelkedő fontosságú a koronavírus elleni védekezés folyamán. Másrészt a különböző felületek (utcák, épületek, járművek, strandok) túlzott fertőtlenítése nyomán a fertőtlenítőszer maradványok direkt módon is bejutnak a szennyvíz-

elvezető-rendszerbe, később pedig a természetes vizekbe, valamint megtalálhatóak lesznek a talajba szivároghva és a levegőbe párologva is. A vírus fogékonyak mondható a fertőtlenítésre, és a klórt is felhasználó hagyományos tisztítóberendezések hatékonyan pusztítják el azt. A szennyvíz monitorozásával és analizálásával továbbá a vírus terjedése is hatékonyan nyomon követhető, és fontos szerepet játszik a járványterjedési modellek kidolgozása során (García-Ávila, F. et al. (2020)). Amellett azonban, hogy a fertőtlenítőszer hatékonyan pusztítják el az emberiséget fenyegető vírust, a

természetes ökoszisztémákra fenyegetően hathat túlzott jelenlétük. A klórtartalmú fertőtlenítőszeres közvetett módon károsíthatják egyes organizmusok fehérjéjét és tönkre tehetik sejtfalukat, továbbá közvetlen módon más molekulákkal összekapcsolódva toxikus melléktermékeket alkothatnak. Létrejöhethet például trihalometán és halogén-ecetsav, amelyek akut genotoxicitást fejthetnek ki a baktériumok ellen. Nitrogénnel összekapcsolódva pedig létrejöhethet akár klóramin vagy N-nitrozo-dimetil-amin is, amelyek karcinogén hatású melléktermékek formájában veszélyeztetik az élővilágot (Zhang, H. et al. (2020)). A vízben jelenlévő klór mindezek mellett a természetes ammónia reaktivitását is csökkentheti. Kína hat ivóvíztisztító telepén végzett kísérletek eredményeképpen a víz természetes ammónium tartalmának 25–67 %-os csökkenését tapasztalták a járvány kitörését követően a korábbi évek adataihoz viszonyítva (Chu, W. et al. (2021)). Hosszútávon tehát a fertőtlenítőszeres túlzott felhasználása mind az emberi egészségre, mind a környezet állapotára kedvezőtlen hatással lehet a természetes vizek szennyezésén keresztül (Ghafoor, D. et al. (2021)).

A COVID-19 HATÁSA AZ ÁLLATVILÁGRA

A világjárvány és az egész világot érintő lezárások talán leglátványosabb hatásait az élővilág viselkedésén keresztül követhetjük végig. Az elmúlt egy évben a Föld számos pontján jegyeztek fel különös eseményeket az állatok viselkedéséről. Rutz és társai a Nature-ben megjelent közleményükben már nevet is adtak a jelenségnek. Az 'anthropause' az emberi tevékenységek, legfőképp az utazás globális csökkenésére utal (Rutz, C. et al. (2020)). Az állatok az emberek és tevékenységeik eltűnésével néhol újra zavartalanul élvezhetik a természetes élőhelyeik adta lehetőségeket, néhol azonban még kiszolgáltatottabb helyzetbe kerülnek azok a fajok, amelyek az antropogén tevékenységekre támaszkodnak.

Bálnák kommunikációja

A vízfelszínnek csökkent zavarossága következtében növekszik a víz fényáteresztő-képessége, amely pozitív hatással lehet a vízi élővilágra és a tengerfenéki ökoszisztémákra. Továbbá a gyárak és a kereskedelmi létesítmények bezárása, valamint a tengeri tevékenységek és az üdülőhajók leállításával a tengeri élővilág mozgástere jelentős növekedést

mutat. A lezárásokat követően a tengeri halászás a part melletti területekre lokalizálódott. A szaúd–arábiai Red Sea Research Center (RSRC) kutatói szerint már egy hat hónapos lezárás is nagymértékben felgyorsítja a halállomány és más vízi organizmusok regenerálódását, illetve a természetvédelmi célok hatékonyabb érvényesítését (Khan, I., Shah, D. & Shah S.S. (2021)). Mindezek mellett a turistahajók, szállítóhajók, valamint az olajfúró tevékenységek okozta zaj az óceánokban akár elérheti a 200 Hz értéket is, ami komoly stresszfactorként hat az ott élő tengeri állatokra és bizonyítottan negatív hatással van reprodukciós hatékonyságukra (Rolland, R.M. et al. (2012)). Michelle Fournet, a Cornell Egyetem ökológusa Délkelet-Alaszkánál vizsgálja több mint egy évtizede a nyíltvízi zajszennyezésnek a hosszúsárnyú bálnák (*Megaptera novaeangliae*) kommunikációjára gyakorolt hatásait. Az alaszakai népszerű bálnafigyelő helynek számító Juneau

városánál vizsgálják hidrofonok segítségével a víz alatt hirtelen beállt csend hatására történő változásokat. Fournet egyedülálló lehetőségként hivatkozik jelenlegi méréseire, hiszen az 1970 után született bálnák még sohasem tapasztalták meg ezt a mértékű csendet az óceánban. Eredményei sokkal gazdagabb és sokszínűbb kommunikációs interakciókat mutatnak be a hosszúsárnyú bálna egyedek között, valamint a szülők magukra merik hagyni borjaikat is, amíg ők csapatba verődve sokkal eredményesebben vadászhatnak, tudva, hogy messziről hallani fogják utódaikat, ha szükségük van rájuk (Welch, C. (2020)). Hasonló feljegyzéseket készítenek Vancouverben, Plymouthban, Bangor közelében, valamint további mérőpontokon az Északi-tengerben (McVeigh, K. (2020)). A 8. ábra csoportban vadászó bálnákat mutat be.

Az egyszer használatos maszkok veszélyesek a vízimadarakra

Az egyszer használatos polimerekből felépülő maszkok degradálódása során keletkezett mikroműanyag részecskék a vízminőség mellett a vízi élővilágot is veszélyeztetik. A mikroműanyagokkal felmerülő leggyakoribb probléma, hogy azokat a vízi élőlények tápláléknak

tekintik, amely ezután felhalmozódik szervezetükben. A mikroműanyagok a táplálékláncon keresztül a vízi állatokat fogyasztó emberekbe kerülhetnek, amely aggodalommal tölti el a társadalmat globális élelmiszerbiztonsági szempontból (Fadare, O.O. & Okoffo, E.D. (2020)).



8. ábra. Csoportban úszó bálnák (Forrás: <https://sdlexpeditions.com/expeditions/bubble-net-feeding-humpback-whales-sitka-alaska-2022/>)

A nem megfelelően elhelyezett maszkok nemcsak degradálódásuk után jelentenek problémát az élővilágra. Számos madárvédő egyesület próbálja meg felhívni a társadalom figyelmét az orvosi maszkok okozta veszélyekre. A madarak lába, csőre, valamint szárnya könnyen beleakad a maszkok gumis részébe, ezzel csapdába ejtve őket. Ezután mozgásuk, repülési és vadászási képességük, ezáltal túlélési lehetőségeik a minimálisra csökkennek. A madarak általában nem tudnak maguktól

megszabadulni a rájuk tekeredett maszktól, ez az esetek nagy részében elpusztulásukhoz vezet. A természetvédő szervezetek, mint például a Greenpeace, az ilyen esetek elkerülése végett arra buzdítják az embereket, hogy többször használatos maszkot hordjanak, illetve, ha ez nem megoldható, akkor megfelelően helyezték el a hulladéktárolókban a maszkot, azt követően, hogy levágták rólok gumis részüket. A 9. ábra csapdába esett madarakat mutat be.

A lecsökkent zajszennyezés hatása az énekesmadarakra

A zajszennyezés élővilágra gyakorolt hatását Liz Derryberry és munkatársai San Franciscóban vizsgálták az ott élő koronás verébsármány (fehér koronás veréb, *Zonotrichia leucophrys*) dalának nyomon követésével a globális lezárásokat követően (Carrie, A. (2020)). A városi zajok csökkenésével meglepő javulást fedeztek fel a madarak énekének hatásosságában és minőségében is. A

korábbi felvételekkel összevetve egyértelművé vált az is, hogy az énekesmadarak teljesen új dallamokat is megszólaltatnak amellet, hogy daluk több információt tartalmaz és azokat a hímek hatékonyabban tudják használni területük megvédésére és pártalálásra (Derryberry, E.P. et al. (2020)). A 10. ábrán az észak-amerikai koronás verébsármány látható.



9. ábra. Csapdába esett sirályok (Forrás: <https://www.bbc.com/news/uk-england-essex-53474772>)



9. ábra. Koronás verébsármány (*Zonotrichia leucophrys*) Észak-Amerikában (Forrás: <https://www.bbc.com/news/science-environment-54285627>)

További negatív hatások a környezetre nézve

Fontos azonban megjegyeznünk, hogy nemcsak pozitív hatásokkal kell számolnunk a járvány által előidézett korlátozásokkal kapcsolatban. A világ számos országában a turizmus által befolyt összegből finanszírozzák a rezervátumok, természetvédelmi területek fenntartását, valamint az idegenforgalom biztosítja az orvvadászat elleni intézkedések, áttelepítési programok és a helyi gazdaság pénzügyi hátterét. Az emberek megélhetésének elvesztése miatt a veszélyeztetett fajok orvvadászata, továbbá a természetvédelmi területek kiaknázása a világjárvány alatt globális problémává fejlődött (Buckley, R. (2020)). A legtöbb érintetlen természeti terület fejlődő országokban található, és korábbi tapasztalatok alapján elmondható, hogy a turisztikai bevételek hosszú távú csökkenése drasztikusan meg fogja változtatni ezen területeken a vadon élő állatok mellett élők ösztönzőit, a környezet kárára (Gardner, C. (2020)). Továbbá például a városban élő emberi tevékenységre és az általuk biztosított táplálékra támaszkodó állatok (patkány, sirály) nehezen tudják fenntartani magukat (Rutz, C. et al. (2020)).

ÖSSZEFOGLALÁS

Számos kutatás által bizonyított az a tény, hogy az antropogén tevékenységek az egyik fő okozói a különböző környezetszennyezéseknek, ezért a kijárási korlátozások és lezárások, valamint a távmunka / távoktatás következményei között a természet állapotának javulását várnánk. Egyelőre nem tudunk következtetéseket levonni a világjárvány biodiverzitásra gyakorolt hosszú távú hatásairól, azonban bizonyos tendenciákat megfigyelhetünk. A megfelelő védelemmel ellátott területek élővilága úgy tűnik, hogy profitál az emberi jelenlét hiányából és látszólag elkezdi visszavenni a természetet, egyedei egészségesebbek, szaporodási hatékonyságuk növekedést mutat. Ezzel szemben a kiszolgáltatottabb területeken, ahol a lehetőségek drasztikusan csökkentek, és a szabályozások nem változtak, a természetes ökoszisztémákat komoly veszély fenyegetheti (Corlett, R.T. et al. (2020)). Habár a változások nem tekinthetők hosszú távon fenntarthatónak, mégis betekintést nyerhettünk a 2020–21-es időszak alatt abba, hogy milyen lenne környezetünk szignifikánsan kevesebb emberi tevékenység mellett. Nem szabad elfelejtenünk, hogy a járvány több millió ember életét követelte és az emberi élet

védelme a legfontosabb feladat, azonban a tapasztalható néhány környezetileg pozitív változás talán felnyitja a társadalom és a döntéshozók szemét és a jövőben több olyan kezdeményezés indulhat, amelynek célja a biodiverzitás megőrzése és az ökoszisztémák állapotának fenntartása és javítása.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A publikáció az OTKA 128543, az OTKA 131586, a MEC 140699 és az NTP-NFTÖ-21-B-0014 pályázatok támogatásával készült. A jelen publikációban megjelenő kutatások az ITM NKFIA által nyújtott TKP2020 NKA támogatásból, az NKFIH által kibocsátott támogatói okirat alapján valósultak meg (projektazonosító: TKP2020 BME-NKA).

Kulcsszavak: COVID-19 járvány, környezeti hatások, levegőminőség, vízminőség, állatvilág

FELHASZNÁLT IRODALOM

Aydın, S., Nakiyingi, B.A., Esmen, C., Güneysu, S. & Ejjada, M. (2021). Environmental impact of coronavirus (COVID-19) from Turkish perspective, *Environment, Development and Sustainability*, 23, pp. 7573–7580. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-00933-5>.

Braga, F., Scarpa, G.M., Brando, V.E., Manfé, G. & Luca, Z. (2020). COVID-19 lockdown measures reveal human impact on water transparency in the Venice Lagoon. *Science of The Total Environment*, Volume 736, 139612. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139612>.

Buckley, R. (2020). Conservation implications of COVID19: Effects via tourism and extractive industries. *Biological Conservation*, Volume 247, 108640. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108640>.

Carrie, A. (2020). <https://www.nationalgeographic.com/animals/article/pandemic-san-francisco-birds-song-improved>

Chu, W., Fang, C., Deng, Y. & Xu, Z. (2021). Intensified Disinfection Amid COVID-19. Pandemic Poses Potential Risks to Water Quality and Safety, *Environmental Science & Technology*, 55(7), pp. 4084–4086. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c04394>.

Corlett, R.T., Primack, R.B., Devictor, V., Maas, B., Goswami, V.R., Bates, A.E. et al. (2020). Impacts of the coronavirus pandemic on biodiversity conservation. *Biological Conservation*, Volume 246, 108571.

- <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108571>.
- CPCB (2021). Central Pollution Control Board. <https://cpcb.nic.in/>.
- Derryberry, E.P., Phillips, J.N., Derryberry, G.E., Blum, M.J. & Luther, D. (2020). Singing in a silent spring: Birds respond to a half-century soundscape reversion during the COVID-19 shutdown. *Science*, 370(6516), pp. 575–579. <https://doi.org/10.1126/science.abd5777>
- Fadare, O.O. & Okoffo, E.D. (2020). Covid-19 face masks: A potential source of microplastic fibers in the environment. *The Science of the total environment*, Volume 737, 140279. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140279>.
- García-Ávila, F., Valdiviezo-Gonzales, L., Cadme-Galabay, M., Gutiérrez-Ortega, H., Altamirano-Cárdenas, L., Zhindón-Arévalo, C. & Flores del Pino, L. (2020). Considerations on water quality and the use of chlorine in times of SARS-CoV-2 (COVID-19) pandemic in the community. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, Volume 2, 100049. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2020.100049>.
- Gardner, C. (2020). <https://theconversation.com/natures-comeback-no-the-coronavirus-pandemic-threatens-the-worlds-wildlife-136209?fbclid=IwAR3pK0ex30HkAK04EbXuVIfr2lGAAPUj-rlFp23Z7MH6uMPZl3jGrorXd68>.
- Ghafoor, D., Khan, Z., Khan, A., Ualiyeva, D. & Zaman, N. (2021). Excessive use of disinfectants against COVID-19 posing a potential threat to living beings. *Current Research in Toxicology*, Volume 2, pp. 159–168. <https://doi.org/10.1016/j.crttox.2021.02.008>.
- Hsiang, S., Allen, D., Annan-Phan, S. et al. (2020). The effect of large-scale anti-contagion policies on the COVID-19 pandemic. *Nature*, 584, pp. 262–267. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2404-8>.
- Khan, I., Shah, D. & Shah S.S. (2021). COVID-19 pandemic and its positive impacts on environment: an updated review, *International Journal of Environmental Science and Technology*, 18, pp. 521–530. <https://doi.org/10.1007/s13762-020-03021-3>.
- Lyu, W. & Wehby, G.L. (2020). Comparison of Estimated Rates of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) in Border Counties in Iowa Without a
-

- Stay-at-Home Order and Border Counties in Illinois With a Stay-at-Home Order. *JAMA Network Open*, 3(5): e2011102. <https://jamanetwork.com/journals/jamanetworkopen/fullarticle/2766229>.
- McVeigh, K. (2020). <https://www.theguardian.com/environment/2020/apr/27/silence-is-golden-for-whales-as-lockdown-reduces-ocean-noise-coronavirus>.
- Rolland, R.M., Parks, S.E., Hunt, K.E., Castellote, M., Corkeron, P.J., Nowacek, D.P., Wasser, S.K. & Krauss, S.D. (2012). Evidence that ship noise increases stress in right whales. *Proceedings of the Royal Society B*, 2792363–2368. <http://doi.org/10.1098/rspb.2011.2429>.
- Rutz, C., Loretto, M.C., Bates, A.E. et al. (2020). COVID-19 lockdown allows researchers to quantify the effects of human activity on wildlife. *Nature Ecology and Evolution*, 4, pp. 1156–1159. <https://doi.org/10.1038/s41559-020-1237-z>.
- UPCCB (2021). Uttar Pradesh Pollution Control Board. <https://prayagrajdivision.nic.in/division/uttar-pradesh-pollution-control-board/>.
- Welch, C. (2020). <https://www.nationalgeographic.com/science/article/seas-silenced-by-pandemic-could-improve-health-whales>.
- Xinhuanet (2021). http://www.xinhuanet.com/english/2020-02/06/c_138760527.htm.
- Yan, Y., Malik, A.A., Bayham, J., Fenichel, E.P., Couzens, C. & Omer, S.B. (2021). Measuring voluntary and policy-induced social distancing behavior during the COVID-19 pandemic, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 118(16), <https://doi.org/10.1073/pnas.2008814118>.
- Yunus, A.P., Masago, Y. & Hijioka, Y. (2020). COVID-19 and surface water quality: Improved lake water quality during the lockdown, *Science of The Total Environment, Volume 731*, 139012. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139012>.
- Zhang, H., Tang, W., Chen, Y. & Yin, W. (2020). Disinfection threatens aquatic ecosystems. *Science*, Vol. 368, Issue 6487, pp. 146–147. <https://science.sciencemag.org/content/368/6487/146>.