

Environmental Factors Affecting the Incidence, Infection and Mortality Rates of COVID-19: A Systematic Review

Mohammad Ali Zazouli¹,
Yalda Hashempour²,
Zabihollah Yousefi¹,
Alireza Ala³

¹ Professor, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Public Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

² Assistant Professor, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Public Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

³ PhD Student in Environmental Health Engineering, Health Sciences Research Center, Addiction Institute, Student Research Committee, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

(Received May 30, 2021 ; Accepted September 28, 2021)

Abstract

Background and purpose: Environmental factors can play a role in incidence, infection, and mortality rates of Coronavirus disease (COVID-19). In this study, we performed a systematic review of environmental factors affecting the incidence, infection, and mortality rates of COVID-19.

Materials and methods: In this review, articles, case studies, and official reports were searched in electronic databases, including PubMed, Scopus, Web of Science, Google Scholar, Magiran, and Scientific Information Database (SID) using the following keywords: COVID-19, Environmental factors, Air pollution, Temperature and humidity, Water and wastewater, and Coronavirus. Studies on the relationship between environmental factors affecting infection and mortality rates of COVID-19 published until July 2021 were selected. Qualitative evaluation of articles was performed using the STROBE checklist.

Results: Out of 62 articles found 30 were reviewed. Air pollution, temperature, humidity, water, wastewater, and waste could play a role in incidence, infection, and mortality rates of COVID-19. Environmental control was found to be effective in preventing the spread of infection and reducing the mortality rate of COVID-19. Improving environmental performance could be of great benefit in preventing the spread of many diseases, particularly the COVID-19 pandemic.

Conclusion: Ensuring global environmental performance is essential to protect all countries against COVID-19 and other public health hazards. Meanwhile, more investment in research and development is needed.

Keywords: COVID-19, environmental factors, air pollution, temperature, humidity, water and wastewater

J Mazandaran Univ Med Sci 2021; 31 (202): 179-195 (Persian).

* **Corresponding Author:** Alireza Ala - Health Sciences Research Center, Addiction Institute, Student Research Committee, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran (E-mail: ala_alireza@yahoo.com)

عوامل محیطی تاثیر گذار بر میزان ابتلا، عفونت و مرگ و میر ناشی از بیماری کووید-۱۹: یک مطالعه مرور سیستماتیک

محمدعلی ززولی^۱یلدا هاشم پور^۲ذبیح الله یوسفی^۱علیرضا علا^۳

چکیده

سابقه و هدف: عوامل محیطی در میزان ابتلا، عفونت و مرگ و میر ناشی از بیماری کووید-۱۹ می توانند نقش داشته باشند. در این مطالعه یک بررسی سیستماتیک از مطالعات اثر بخشی عوامل محیطی تاثیر گذار بر میزان ابتلا، عفونت و مرگ و میر ناشی از بیماری کووید-۱۹ انجام شد.

مواد و روش ها: این مطالعه با مرور سیستماتیک مقالات منتشر شده موجود، مطالعات موردی و اطلاعات مختلف از گزارش ها و وب سایت های رسمی با جستجو در پایگاه های اطلاعاتی Web Of Science، Scopus، PubMed، Magiran، Google Scholar و Scientific Information Database (SID) با کلید واژه های Covid-19، Environmental factors، Water and wastewater، Temperature and humidity، Air pollution و Coronaviruses تا جولای ۲۰۲۱ در زمینه ارتباط بین فاکتورهای محیطی تاثیر گذار بر عفونت و مرگ و میر ناشی از کووید-۱۹ انجام شده است. ارزیابی کیفی مقالات با استفاده از چک لیست STROB انجام شد.

یافته ها: از مجموع ۶۲ مقاله جستجو شده در نهایت ۳۰ مقاله بررسی شد. هر یک از عوامل آلودگی هوا، دما، رطوبت، آب، فاضلاب و پسماند می توانند در میزان ابتلا، عفونت و مرگ و میر ناشی از بیماری کووید-۱۹ نقش داشته باشند. تجزیه و تحلیل اطلاعات موجود، بر نقش موثر کنترل عوامل محیطی در جلوگیری از شیوع و کاهش میزان ابتلا، عفونت و مرگ و میر ناشی از آن بر بیماری کووید-۱۹ تاکید دارد. بهبود عملکرد محیطی در جهان یکی از بهترین و موثرترین راه های پیشگیری از همه گیری بیماری، به ویژه در مورد کووید-۱۹ در حال حاضر است.

استنتاج: اطمینان از بهبود عملکرد محیطی در جهان برای محافظت کشورها از جمعیت خود برای مقابله با کووید-۱۹ و محافظت از جمعیت در برابر سایر خطرات بهداشت عمومی ضروری است. لازم است سرمایه گذاری بیش تری در تحقیق و توسعه انجام شود.

واژه های کلیدی: کووید-۱۹، عوامل محیطی، آلودگی هوا، دما، رطوبت، آب و فاضلاب

مقدمه

ظهور کووید-۱۹ تهدیدهای جدی برای بهداشت عمومی در جهان ایجاد کرده است (۱). با توجه به این که انتقال سندرم تنفسی حاد شدید کروناویروس ۲ (SARS-CoV-2) از انسان به انسان بیش تر زمانی اتفاق

مؤلف مسئول: علیرضا علا - ساری: کیلومتر ۱۷ جاده فرح آباد، مجتمع دانشگاهی پیامبر اعظم، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، پژوهشگاه اعتیاد E-mail: ala_alireza@yahoo.com

۱. استاد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۲. استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۳. دانشجوی دکتری مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، پژوهشگاه اعتیاد، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۳/۹ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۱۳۹۹/۳/۲۵ تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۷/۶

می‌افتد که افراد در مرحله کمون بیماری هستند یا حامل هستند و هیچ علامتی ندارند، بنابراین، نقش عوامل و شرایط محیطی مانند دما، رطوبت، سرعت باد و همچنین غذا، آب و فاضلاب، هوا، پسماند، حشرات، سطوح بی‌جان و دست‌ها در انتقال کووید-۱۹ مهم است و در مطالعات مختلف در سراسر جهان مورد بحث قرار گرفت (۲). در حال حاضر، آلودگی هوا به‌عنوان بزرگ‌ترین عامل محیطی بیماری و مرگ زودرس در جهان شناخته شده است. این بر ایمنی بدن تأثیر می‌گذارد و افراد را در برابر عوامل بیماری‌زا آسیب‌پذیرتر می‌کند. لذا این فرضیه مطرح شده که آلودگی هوا می‌تواند هم به عنوان ناقل عفونت و هم به عنوان عامل بدترکننده تأثیر بیماری کووید-۱۹ بر سلامتی عمل کند (۳). مطالعات اخیر کووید-۱۹ در چندین کشور ارتباط بین آلودگی هوا و میزان مرگ و میر را مشخص کرد (۴). با توجه به حضور RNA ویروسی SARS-CoV-2 در مدفوع و بزاق بیماران آلوده، مطالعات، حضور آن را در فاضلاب خام، لجن اولیه و آب رودخانه‌ها نیز نشان داد. بنابراین سیستم فاضلاب می‌تواند یک مسیر احتمالی شیوع ویروس باشد (۵). وجود و تشخیص ژن‌ها در سیستم فاضلاب یک مورد قوی برای نظارت بر محیط زیست و کنترل شیوع بیماری در همه‌گیری کووید-۱۹ است (۶). با توجه به افزایش تولید کلی زباله‌های بالینی در طول بیماری همه‌گیر کووید-۱۹ (۷)، عدم مدیریت صحیح مواد زائد جامد در طول بیماری همه‌گیر کووید-۱۹، می‌تواند در افزایش شیوع و موارد ابتلا به ویروس کرونا از طریق انتشار آن در جامعه نقش مهمی داشته باشد (۹).

در مطالعه‌ای که با هدف بررسی ارتباط بین مرگ و میر بیماری کرونا ویروس کووید-۱۹ (۲۰۱۹) و پارامترهای آب و هوا در ووهان چین انجام شده است، یک واحد افزایش در محدوده دمای روزانه تنها با ۲/۹۲ درصد افزایش مرگ و میر ناشی از کووید-۱۹ همراه بود. این مطالعه نشان می‌دهد که تغییر دما و رطوبت نیز می‌تواند عوامل مهمی در میزان ابتلا، عفونت و مرگ و میر ناشی

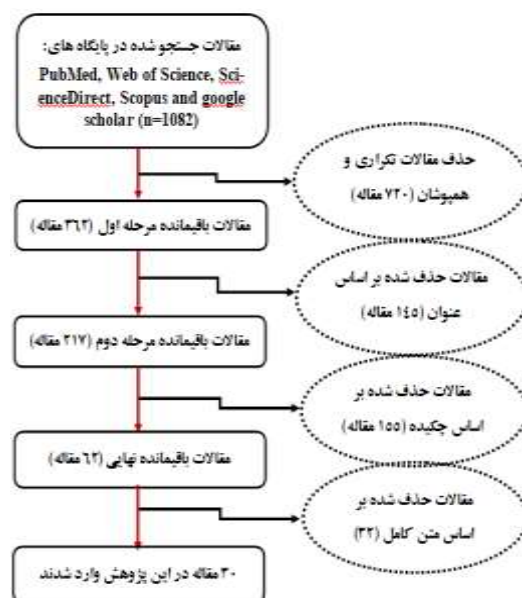
از بیماری کووید-۱۹ باشد (۱۰). اگرچه بسیاری از مطالعات ارتباط مشابهی بین دما با شیوع کووید-۱۹ پیدا کرده‌اند، اما از طرفی انتشار اطلاعات متفاوت در برخی موارد از مطالعات مختلف ایجاب می‌کند برای درک بهتر مکانیسم‌های انتقال کووید-۱۹، مطالعات بیش‌تر در مورد اثرات مطلق رطوبت و دما در انتقال کووید-۱۹ انجام شود (۱۱). تأثیرات بهداشتی و اقتصادی شیوع کووید-۱۹ در مناطق مختلف متفاوت است، زیرا عوامل اجتماعی، اقتصادی، بهداشتی و زیست محیطی نیز از نظر مکانی متغیر هستند (۱).

مطالعه شاخص‌های آسیب‌پذیری نشان می‌دهد مناطقی که از لحاظ اقتصادی و معضلات زیست محیطی برجسته‌تر هستند در برابر مشکل کووید-۱۹ با مشکلات مهم‌تری روبرو خواهند شد (۱۲). مطالعات کووید-۱۹ مبتنی بر چشم‌انداز زیست محیطی می‌تواند بینش جدیدی در مورد پیشگیری و کنترل همه‌گیری ایجاد کند و هزینه اقتصادی کووید-۱۹ را در مناطقی با شیوع گسترده یا سطح اقتصادی پایین به حداقل برساند. بنابراین با توجه به اهمیت تأثیر عوامل محیطی بر ابعاد مختلف بیماری کووید-۱۹ سعی شده است در این پژوهش نتایج مطالعات انجام شده پس از بررسی نظام‌مند و تجزیه تحلیل به‌صورت منسجم و متمرکز ارائه شود تا اطلاعات کاربردی و راهبردی مناسب را در اختیار مخاطبین قرار دهد. بدیهی است مطالعات در زمینه بیماری کووید-۱۹ نیاز به توسعه دارد.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر یک مطالعه مرور نظام‌مند در مورد عوامل محیطی تأثیر گذار بر میزان ابتلا، عفونت و مرگ و میر ناشی از بیماری کووید-۱۹ می‌باشد. این مطالعه با مرور مقالات منتشر شده موجود، مطالعات موردی و اطلاعات مختلف از گزارش‌ها و وب سایت‌های رسمی انجام شده است. مقالات علمی از طریق ابزارهای الکترونیکی با جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی Pubmed،

Scopus، Web Of Science، Google Scholar، Magiran، Scientific Information Database (SID) واژه‌های Environmental factors، Waste، Covid-19، humidity Temperature and، Air pollution، Water and wastewater و معادل فارسی آن‌ها بود که از اکتبر ۲۰۱۹ تا جولای ۲۰۲۱ به صورت سیستماتیک جمع‌آوری شد. نسخه‌های تکراری از نتایج جستجوی اولیه حذف شدند. از تعداد زیادی مطالعات، این مطالعه داده‌ها و اطلاعات مربوط به عوامل محیطی تاثیرگذار بر میزان ابتلا، عفونت و مرگ و میر ناشی از COVID-19 را جمع‌آوری، ارائه و اهداف مطالعه را برآورده می‌کند. طبق نتایج جستجو در پایگاه‌های مذکور، ۱۰۸۲ مقاله وارد فرایند مطالعه شدند که در مرحله اول تعداد ۷۲۰ مقاله به دلیل تکراری بودن حذف گردیدند. سپس ۱۴۵ مقاله به علت عنوان‌های نامرتبط از پژوهش خارج شدند. براساس چکیده، ۲۱۷ مقاله بررسی شدند که تعداد ۱۵۵ مقاله حذف گردید. سپس ۶۲ مقاله کامل تهیه و بررسی شدند که در نهایت ۳۰ مقاله وارد پژوهش گردیدند (فلوچارت شماره ۱).



فلوچارت شماره ۱: فلوچارت مراحل ورود مطالعات به فرایند

خصوصیات مطالعات وارد شده به پژوهش حاضر در چهار بخش (آلودگی هوا، شرایط محیطی، آب-فاضلاب و پسماند) ارائه شده است. گزارش این مرور سیستماتیک بر اساس بیانیه پریسما PRISMA ارائه شده است. معیار ورود مقالات به مطالعه ارائه متن کامل مطالعه در مورد حداقل یکی از عوامل محیطی تاثیرگذار بر میزان ابتلا، عفونت و مرگ و میر ناشی از بیماری کووید-۱۹ بود.

نتایج جستجوی آنلاین وارد نرم‌افزار EndNote X7.7.1 (تامسون روترز، کانادا) شد. مقالات دارای نتایج مبهم از مطالعه خارج شد. همچنین مقاله‌های تکراری مشخص شدند. سپس منابع براساس عنوان، چکیده و متن کامل براساس معیارهای ورودی و خروجی شرح داده شده در بالا غربالگری شدند. هر گونه مغایرت مورد بحث و بررسی قرار گرفت و با اجماع برطرف شد. بررسی عنوان مطالعه و متن کامل مطالعه‌ها از نظر معیارهای ورود و خروج و همچنین ارزیابی کیفیت و اعتبارسنجی مقاله‌های انتخاب شده با استفاده از چک لیست STROBE توسط ۲ نفر از نویسندگان مقاله حاضر به طور جداگانه انجام شد. چک لیست STROBE دارای ۲۲ آیتم با امتیاز کل ۳۰ می‌باشد. مقالات با حداقل ۱۵ امتیاز، با کیفیت در نظر گرفته شدند. از مجموع ۶۲ مقاله جستجو شده در نهایت ۳۰ مقاله بررسی شد. مقالات مورد بررسی از انواع مقالات مشاهده‌ای توصیفی (مقطعی، اکولوژیک) و تحلیلی (مورد-شاهدی و کوهورت) بود.

یافته‌ها

این مطالعه بر روی ۳۰ مقاله منتشر شده در این زمینه انجام شده است. یافته‌ها براساس خصوصیات مطالعات وارد شده به پژوهش حاضر در چهار بخش (آلودگی هوا، شرایط محیطی، آب-فاضلاب و پسماند) ارائه شده است. در مقالاتی که وارد مطالعه شده است، آلودگی هوا (۱۱ مقاله)، دما و رطوبت (۱۰ مقاله) و آب و فاضلاب (۹ مقاله) بررسی شده‌اند.

آلودگی هوا

مطالعات اخیر در چندین کشور نشان داده است که بین آلودگی هوا و بیماری کووید-۱۹ ارتباط وجود دارد (۴). ذرات معلق در قطر کمتر از ۲/۵ میکرومتر ($PM_{2.5}$) یکی از عوامل اصلی ابتلا به موارد کووید-۱۹ در انگلیس بود، زیرا افزایش ۱ متر مکعب در متوسط بلند مدت $PM_{2.5}$ با افزایش ۱۲ درصدی کووید-۱۹ همراه بود (۴). همچنین در مطالعه اولیه در ایالات متحده امریکا نشان داده شده است که $PM_{2.5}$ با مرگ و میر کووید-۱۹ ارتباط دارد (۱۳). به علاوه، اخیراً نشان داده شد که ذرات معلق در هوا (PM) باعث افزایش قابلیت زنده ماندن SARS-CoV-2 می شود، که نشان می دهد انتقال مستقیم عوامل بیماری زای میکروبی از طریق هوا اتفاق می افتد و فرصت آلودگی در مناطق آلوده بسیار افزایش می یابد (۱۴). نتایج نشان می دهد که زیست آئروسل های عفونی می توانند تا ۶ فوت حرکت کنند (۲) بنابراین، مطرح شده است که آلودگی هوا به طور مستقیم با به خطر انداختن پاسخ ایمنی ریه ها به عفونت، یا به طور غیرمستقیم با تشدید بیماری های تنفسی یا قلبی عروقی، به شدت به کووید-۱۹ کمک کند (۱۷-۱۵). در مطالعه Zhu et al (2020) که با هدف تعیین ارتباط بین ذرات $PM_{2.5}$ ، PM_{10} و NO_2 در ۱۲۰ شهر چین انجام شد نشان داده شده است که افزایش ۱۰ میکروگرم/متر مکعب $PM_{2.5}$ و PM_{10} و NO_2 جداگانه هر یک به ترتیب با ۲/۲۴، ۱/۷۶ و ۶/۹۴ درصد افزایش موارد جدید روزانه تایید شده بیماری کووید-۱۹ همراه بوده است (۱۸). نتایج مطالعه Xiao Wu (2020) در ایالات متحده نشان داده است که افزایش تنها یک میکروگرم بر متر مکعب در $PM_{2.5}$ با افزایش ۸ درصدی نرخ مرگ و میر ناشی از کووید-۱۹ همراه بوده است (۱۳). سطح ازن، اکسید نیتروژن و دی اکسید نیتروژن به طور قابل توجهی همراه با تراکم جمعیت با مرگ ناشی از کووید-۱۹ همراه است (۴).

مطالعه ای در انگلیس نشان داده است که افزایش فقط ۱ متر مکعب ازن در میانگین دراز مدت با افزایش ۴/۵ درصدی از موارد کووید-۱۹ و همین میزان افزایش در اکسیدهای نیتروژن تقریباً با ۲ درصد بیش تر از موارد ابتلا به کووید-۱۹ همراه است. اگرچه سطح ازن نمی تواند به طور قابل توجهی میزان عفونت در سطوح فردی را پیش بینی کند، لیکن به طور قابل توجهی با مرگ و میر در سطح منطقه همراه بود (۴). از جمله متغیرهایی که ارتباط مستقیم با مرگ و میر ناشی از بیماری کرونا دارد، PM_{10} ، $PM_{2.5}$ و NO_2 هستند (۱۹). قرار گرفتن کوتاه مدت و بلند مدت در معرض SO_2 منجر به افزایش خطر کووید-۱۹ می شود. قرار گرفتن در معرض آلودگی هوا تأثیر قابل توجهی بر همه گیری کووید-۱۹ دارد و نیاز به تحقیقات بیشتری برای بررسی بیشتر این موضوع دارد (۲۰). خلاصه شواهد نقش آلودگی هوا بر شیوع کووید-۱۹ در جدول شماره ۱ ارائه شده است.

دما و رطوبت

دما می تواند بر گسترش کووید-۱۹ تأثیر بگذارد (۲۹، ۳۰). در مطالعه ای نشان داده شده است که افزایش دما می تواند تعداد موارد کووید-۱۹ را کاهش دهد (۳۱، ۳۲). در مطالعه ای در چین نقش رطوبت مطلق بر میزان انتقال و شیوع کووید-۱۹ در سراسر چین بررسی شده و نتایج آن نشان داده است که اگرچه رطوبت مطلق و دما با رشد نمایی محلی کووید-۱۹ در استان های چین و سایر کشورهای آسیب دیده ارتباط دارد و رطوبت مطلق و دما توانستند به ترتیب یک رابطه مثبت و یک رابطه منفی جزئی ایجاد نمایند، لیکن تغییرات آب و هوا به تنهایی (یعنی افزایش دما و رطوبت با رسیدن ماه های بهار و تابستان به نیمکره شمالی) لزوماً منجر به کاهش تعداد موارد کووید-۱۹ بدون اجرای مداخلات گسترده بهداشت عمومی نمی شود (۳۳).

جدول شماره ۱: خلاصه شواهد نقش آلودگی هوا بر شیوع کووید-۱۹

نویسندگان سال	کشور	اهداف	نتیجه گیری	مرجع
Travaglio M et al., 2020	انگلستان	رابطه بین آلودگی هوا و کووید-۱۹ در انگلیس	افزایش آژن و دی اکسیدهای نیتروژن در میانگین دراز مدت با افزایش موارد کووید-۱۹ همراه است	(۴)
Wu, X et al., 2020.	ایالات متحده	بررسی قرار گرفتن در معرض آلودگی هوا و مرگ و میر کووید-۱۹ در ایالات متحده	ذرات معلق در قطر کمتر از ۲/۵ میکرومتر (PM _{2.5})، مرگ و میر کووید-۱۹ ارتباط مثبت دارد	(۱۳)
Wax RS et al., 2020,	کانادا	ملاحظات مهم مربوط به کنترل های محیطی و توصیه های عملی برای تیم های مراقبت	آژروسل ها در شرایط خاصی در انتقال کووید-۱۹ دخیل هستند	(۲۱)
Van Doremalen N et al., 2020	انگلستان	آژروسل و مقایسه پایداری کرونا ویروس ها	کرونا ویروس در ذرات معلق به مدت ۳ ساعت باقی می ماند، ثابت SARS-CoV-2 در شرایط تجزیه مورد آزمایش مشابه SARS-CoV-1 بود	(۲۲)
Brandt EB et al., 2020	امریکا	تجزیه و تحلیل مقطعی آلودگی هوا، اختلاف نژادی و مرگ و میر ناشی از کووید-۱۹	پیوندهای بالقوه بین قرار گرفتن در معرض آلودگی هوا و شدت کووید-۱۹ وجود دارد	(۲۳)
Conticini E EB et al., 2020	ایتالیا	آیا می توان آلودگی هوا را عامل بسیار مهمی از میزان مرگبار SARS-CoV-2 در شمال ایتالیا دانست؟	سطح بالای آلودگی در شمال ایتالیا باید به عنوان یک عامل اضافی از میزان بالای کشندگی ثبت شده در آن منطقه در نظر گرفته شود	(۱۶)
Dutheil F et al., 2020	فرانسه	آیا آلودگی هوا به عنوان یک فاکتور تاثیرگذار بر بیماری کووید-۱۹ است؟	آلودگی هوا به طور مستقیم، یا به طور غیرمستقیم به شدت کووید-۱۹ کمک می کند	(۲۴)
Beloconi, A et al., 2021	سراسر اروپا	مدل سازی فضایی-زمانی تغییرات در معرض آلودگی هوا مرتبط با اقدامات قرنطینه کووید-۱۹ در سراسر اروپا	اقدامات صورت گرفته برای مقابله با ویروس در اروپا به ترتیب متوسط غلظت سطح NO ₂ و PM _{2.5} را ۲۹/۵ درصد (۹۵٪ فاصله اطمینان: ۲۸/۱٪، ۳۰/۹٪) و ۲۵/۹٪ (۲۳/۶٪، ۲۸/۱٪) کاهش داد	(۲۵)
Bowe, B et al., 2021	امریکا	بررسی ارتباط آلودگی هوا با ذرات ریز محیطی و خطر بستری شدن در افراد مثبت کووید-۱۹	قرار گرفتن در معرض سطح بالاتر PM _{2.5} با افزایش خطر بستری شدن در افراد آلوده به کووید-۱۹ همراه بود	(۲۶)
Khan, Y. A., 2021	پاکستان	خطر مرگ و میر ناشی از کووید-۱۹ و آلودگی هوا در پاکستان	بین احتمال مرگ و میر ناشی از کووید-۱۹ و آلودگی هوا ارتباط وجود دارد، افزایش PM ₁₀ به طور مستقل با مرگ و میر ناشی از ویروس کرونا مرتبط است	(۲۷)
Ho, C. C et al., 2021	ایتالیا	ارزیابی اثرات کوتاه مدت و بلند مدت آلودگی هوا بر خطر و مرگ و میر کووید-۱۹ در Veneto و Lombardy در ایتالیا	قرار گرفتن در معرض آلودگی هوا تاثیر قابل توجهی بر همه گیری کووید-۱۹ دارد	(۲۸)

اگرچه بیماری کووید-۱۹ ممکن است که فصلی نباشد، لیکن مطالعات نشان داده است که محدوده ای از دما و رطوبت وجود دارد که به ویژه برای انتقال کووید-۱۹ مناسب است. در مطالعه سجادی و همکاران ذکر شده است که مناطقی از کره خاکی که همه گیری کووید-۱۹ را تجربه کرده اند، در حوالی ماه های اپیدمی ابتدا آب و هوای خنک و با رطوبت کم برخوردار بوده اند. به طور خاص، آن ها محدوده دمای ۵-۱۱ درجه سانتی گراد °F (۴۱-۵۲) و یک رطوبت خاص بین ۳ تا ۶ گرم در کیلوگرم را شناسایی کردند (۳۵،۳۴). مطالعه آزمایشگاهی نشان داد که SARS-CoV-2 در دمای ۴ درجه سانتی گراد بسیار پایدار است، اما به گرما حساس است. با افزایش دما تا ۷۰ درجه سانتی گراد، ویروس غیرفعال می شود (۳۶). دمای بالا و رطوبت بالا به ترتیب انتقال کووید-۱۹ را به میزان قابل توجهی کاهش می دهد (۳۷). تجزیه و تحلیل شهرهای دارای تغییرات دمایی گسترده همبستگی منفی و معنی دار بین پارامتر دما با انتقال کووید-۱۹ ($P=0/042$) را نشان داد اما با رطوبت نسبی همبستگی معنی داری نداشت ($P=0/198$) (۳۶). زمان غیرفعال سازی ویروس از ۱۴ روز در ۲۲ درجه سانتی گراد، به ۲ روز در ۳۷ درجه

سانتی گراد، به ۳۰ دقیقه در ۵۶ درجه سانتی گراد و ۵ دقیقه در ۷۰ درجه سانتی گراد می رسد (۳۸). در مطالعه ای نشان داده شده است که موارد اوج انتشار کووید-۱۹ در دمای متوسط ۲۶ درجه سانتی گراد و رطوبت ۵۵ درصد رخ داده است. بیشترین تعداد موارد در دامنه دمای متوسط ۲۶ درجه سانتی گراد تا ۲۸ درجه سانتیگراد و در محدوده رطوبت ۵۵ تا ۶۵ درصد جمع شد. درجه حرارت بالا و رطوبت بالا به ترتیب میزان انتقال کووید-۱۹ را به میزان قابل توجهی کاهش می دهد (۳۷). در برخی از مطالعات هیچ ارتباطی بین رطوبت و دما و انتقال کووید-۱۹ مشاهده نشد. مثال اصلی، در این مورد کشور ایران است که کووید-۱۹ حتی در محیط گرم به اوج رسید. یکی از مطالعات شواهدی را نشان می دهد که دما می تواند با تأثیر بر تحرک انسان برگسترش کووید-۱۹ موثر باشد (۳۹). رطوبت نسبی محیط نقش مهمی در محاسبه طول عمر قطرات دارد. کاهش عمر قطرات زمانی رخ می دهد که رطوبت نسبی محیط زیر ۳۷ درصد تنظیم شود. هنگامی که رطوبت نسبی محیط بیش از ۳۷ درصد باشد، دمای محیط بالاتر (۳۰ درجه سانتی گراد) منجر به طول عمر بیش تر قطرات برای همان قطر قطره اولیه در نظر گرفته

شده می‌شود (۴۰). آب و هوای تابستان را نمی‌توان جایگزینی برای وضع سیاست‌های کاهش در نظر گرفت، اما دمای پایین پاییز و زمستان ممکن است منجر به افزایش شدت انتقال در غیاب مداخلات سیاست یا تغییرات رفتاری شود (۴۱). خلاصه شواهد نقش دما و رطوبت بر شیوع کووید-۲ در جدول شماره ۲ ارائه شده است.

آب و فاضلاب

بقای CoVs در آب بیش‌تر به انواع آب (آب شیر، آب تصفیه‌شده، فاضلاب، آب دریاچه، فاضلاب خانگی، فاضلاب بیمارستان، فاضلاب تصفیه‌شده) بستگی دارد. دما، مقدار و نوع ماده ضد عفونی‌کننده، مواد آلی، وجود میکروارگانیسم‌های آنتاگونیست و همچنین قرار گرفتن در معرض نور خورشید و اشعه ماورای بنفش در باقیمانده ویروس در آب و فاضلاب تاثیر دارد (۴۷). میکروارگانیسم‌های آنتاگونیست در محیط‌های آب نیز می‌توانند بر ماندگاری CoVs و افزایش میزان غیرفعال سازی ویروس‌ها تاثیر بگذارند (۴۸، ۴۹). کرونا ویروس‌ها در آب فاقد مواد جامد زودتر غیر فعال می‌شوند این نشان می‌دهد که مواد جامد موجود در آب می‌توانند از آن‌ها محافظت کنند (۵۰، ۵۱). گمان می‌رود که پایداری

ویروس می‌تواند از طریق محبوس شدن باکتری‌هایی که در بیوفیلم‌ها در سیستم لوله‌کشی وجود دارد، ادامه یابد و بنابراین از طریق انتقال با هوادهی دوش وارد خانه‌های فردی شود (۵۲). حضور SARS-CoV-2 در آب آشامیدنی همچنان یک نگرانی عمده برای بخش آب است. در کشورهایی که سیستم آبرسانی بسیار پیشرفته‌ای دارند، غلبه بر مراحل موجود فیلتراسیون و ضد عفونی برای ویروس‌ها دشوار است. برعکس، در کشورهایی که سیستم تصفیه آب برای از بین بردن ویروس‌ها مجهز نیست، حضور آن ناشناخته است (۵۳). ساختار مولکولی CoV‌ها بر ماندگاری ویروس در محیط‌های آب تأثیر می‌گذارد. در حقیقت، کرونا ویروس‌ها، ویروس‌های پوششی هستند که با غشای چربی (دو لایه) مشخص می‌شوند (۵۴).

به طور کلی، تأمین آب سالم و بهداشتی می‌تواند از هرگونه بیماری عفونی (از جمله کووید-۱۹) محافظت کند (۵۵). با توجه به محدودیت‌های اقتصادی و عملی غربالگری پزشکی برای بیماری کووید-۱۹ که به شدت در سراسر جهان مورد توجه قرار گرفته است، دانشمندان اکنون به اپیدمیولوژی مبتنی بر فاضلاب (WBE) به عنوان ابزاری بالقوه برای ارزیابی و مدیریت بیماری همه گیر

جدول شماره ۲: خلاصه شواهد نقش دما و رطوبت بر شیوع کووید-۱۹

نویسنده/کان سال	کشور	اهداف	نتیجه گیری	مرجع
Chen, L. D I., 2020	آمریکا	اثرات دما و رطوبت محیط بر طول عمر قطرات -عطسه باژم با انتقال ویروس کووید-۱۹	دمای محیط و رطوبت نسبی محیط اثرات بالقوه بر روی قطرات حامل ویروس دارند. برای دمای محیط ۳۰ درجه سانتیگراد، رطوبت نسبی محیط بحرانی حدود ۵۵٫۷ درصد است	(۴۰)
Smith, T. P et al., 2021	آمریکا	ارزیابی ارتباط دما، رطوبت، اشعه ماوراء بنفش و تراکم جمعیت با تخمین میزان انتقال SARS-CoV-2	دمای پایین و تراکم جمعیت بیشتر با افزایش SARS-CoV-2 ارتباط دارد. دمای پایین پاییز و زمستان ممکن است منجر به افزایش شدت انتقال در غیاب مداخلات سیاست یا تغییرات رفتاری شود	(۴۱)
Haque, S. E et al., 2020	بنگلادش	بررسی ارتباط بین دما، رطوبت و شیوع کووید-۱۹ در بنگلادش	دمای بالا و رطوبت بالا به ترتیب انتقال کووید-۱۹ را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد	(۳۷)
Mozumder SI et al., 2021	آمریکا	اثر دما، رطوبت نسبی بر شیوع و کنترل کووید-۱۹	بین انتقال کووید-۱۹ با دما همبستگی منفی وجود داشت ($P=0.0079$) اما با رطوبت نسبی همبستگی نسبتاً ناچیزی داشت ($P=0.198$). تعداد کل مرگ و میرها در کشورهای با دمای پایین در مقایسه با کشورهای با دمای بالا بیشتر بود	(۳۶)
Kumar Ve et al., 2020	هند	بررسی نگرانی‌های محیطی بیماری کووید-۱۹	زمان غیرفعال سازی ویروس با افزایش دما کاهش پیدا می‌کند. هیچ ارتباطی بین رطوبت و دما و انتقال کووید-۱۹ مشاهده نشد	(۴۲)
Shao W et al., 2020	چین	ارتباط بین تحرک انسان و دما با انتقال کووید-۱۹	دما می‌تواند با تأثیر بر تحرک انسان بر گسترش کووید-۱۹ موثر باشد	(۴۳)
Kumar G et al., 2020	هند	تجزیه و تحلیل همبستگی بین پارامترهای هواشناسی و همه گیری کووید-۱۹ در پایتخت مالی هند، بمبئی	پارامترهای رطوبت نسبی و فشار از بین همه پارامترهای مهم دیگر (به دست آمده از روش اسپرمن) بیشترین تاثیر را بر تعداد فعال موارد کووید-۱۹ داشته است. کووید-۱۹ ارتباط منفی با سرعت باد و رطوبت مطلق نشان داد	(۴۴)
Lin, Shaowei et al., 2020	چین	آیا پارامترهای هواشناسی و کیفیت هوا بر انتقال کووید-۱۹ تأثیر می‌گذارد یا خیر؟	دما و فشار هوا و تهیه کارآمد قابلیت انتقال کووید-۱۹ را کاهش می‌دهد. حداکثر دمای روزانه، سرعت باد و فشار هوا با قابلیت انتقال کووید-۱۹ رابطه معکوس دارند	(۴۵)
Adekunle, I A et al., 2020	آفریقا	بررسی تأثیر شاخص‌های هواشناسی در رشد یا کاهش انتشار بیماری زایی کووید-۱۹ در آفریقا	میانگین دما و رطوبت نسبی با منحنی رشد کووید-۱۹ در آفریقا رابطه معکوس دارد	(۴۶)

روی آورده‌اند. تحلیل و مدل‌سازی محاسباتی برای بررسی امکان سنجی، اقتصاد، فرصت‌ها و چالش‌های مرتبط با عفونت‌های فعال و ویروس کرونا به صورت محلی و جهانی با استفاده از WBE امکان‌پذیر است. نظارت بر فاضلاب از لحاظ SARS-CoV-2 یک معیار سنجش اپیدمیولوژیکی مفید است که می‌تواند به ردیابی شیوع و اطلاع‌رسانی به سیاست‌گزاران سلامت کمک کند (۵۶). اپیدمیولوژی مبتنی بر فاضلاب (WBE) قابلیت استفاده در پایش SARS-CoV-2 را به عنوان ابزاری حساس برای مطالعه روند مکانی و زمانی گردش ویروس در جمعیت دارد (۵۷). حتی قبل از شروع و تاخت و تاز بیماری کووید-۱۹، محققان اسپانیایی در مارس ۲۰۱۹ این ویروس را در نمونه‌های فاضلاب بارسلونا پیدا کردند (۷). نتایج تحقیق Wu و همکاران نشان داد که افراد تازه آلوده بارهای ویروسی قابل توجهی به فاضلاب وارد می‌کنند و بیش‌تر این ریزش‌ها در اوایل عفونت قبل از شروع علائم تنفسی که معمولاً به عنوان معیارهای آزمایش است و

قبل از این که فرد به دنبال مراقبت‌های بهداشتی و آزمایش باشد رخ می‌دهد (۵۸). خلاصه شواهد نقش آب و فاضلاب بر شیوع کووید-۱۹ در جدول شماره ۳ ارائه شده است.

پسماند

نتایج جستجو در قسمت پسماند، مقالات مرتبط با موضوع تحقیق را تامین نکرد. به نظر می‌رسد در این بخش به توسعه در تحقیقات نیاز است، لیکن با توجه به اهمیت پسماندهای پزشکی مرتبط با بیماری کووید-۱۹ به بیان نتایج برخی از مطالعات انجام شده پرداخته شده است. تولید انواع مختلف پسماند به‌طور غیر مستقیم نگرانی‌های زیست محیطی را ایجاد می‌کند (۶۵).

هنگام شیوع بیماری‌های واگیردار، زباله‌های ایجاد شده از مراکز درمانی به‌طور تصاعدی افزایش می‌یابد. در نتیجه در مدیریت پسماند پزشکی باید مراقبت‌های ویژه‌ای لحاظ گردد تا از تأثیرات نگران‌کننده آن جلوگیری شود (۶۶). یک بیمار COVID-19 می‌تواند

جدول شماره ۳: خلاصه شواهد نقش آب و فاضلاب بر شیوع کووید-۱۹

نویسندگان سال	کشور	اهداف	نتیجه‌گیری	مرجع
Ahmed et al., 2020	استرالیا	کمی سازی SARS-CoV-2 در فاضلاب	دو تشخیص مثبت در یک دوره شش روزه	(۵۹)
Lodder W, de Roda Husman AM., 2020	هلند	هفته ای یک بار ۱۰ لیتر از فاضلاب انسانی جمع آوری شده در فرودگاه آمستردام	فاضلاب می تواند یک سیستم نظارت حساس و هشدار سریع باشد	(۵۵)
Medema et al., 2020	هلند	نمونه فاضلاب هفت شهر در هلند از لحاظ حضور SARS-CoV-2 مورد بررسی قرار گرفتند	ژن N1 در فاضلاب شش سایت و ژن N3 و E به ترتیب در ۵ و ۴ سایت شناسایی شدند	(۶۰)
Wu et al., 2020	امریکا	نمونه برداری از تصفیه خانه فاضلاب ماساچوست	تیرهای ویروسی در فاضلاب با موارد جدید کووید-۱۹ که از نظر بالینی تشخیص داده شده ارتباط دارند	(۵۸)
Wu et al., 2020	امریکا	نمونه برداری از فاضلاب شهری در ماساچوست و بررسی RNA ویروس SARS-CoV-2 از لحاظ ژن N در دوره مارس ۲۵ تا ۲۰۲۰ با روش RT-qPCR	تشخیص SARS-CoV-2 با سانگرتوای محصول PCR از ژن S تایید شد. تیرهای ویروسی مشاهده شده بر اساس موارد تایید شده بالینی در ماساچوست از ۲۵ مارس به طور قابل توجهی بالاتر از حد انتظار بود	(۶۱)
Nemudryi et al., 2020	امریکا	استفاده از روش RT-qPCR برای نظارت بر فاضلاب از لحاظ RNA ویروس SARS-CoV-2 طی یک دوره زمانی ۷۴ روزه در شهر Bozeman ایالت مانتانا	مان نشان می‌دهیم که تغییر در غلظت RNA SARS-CoV-2 به دنبال شروع علائم جمع آوری شده توسط مصاحبه گذشته‌نگر از بیماران است اما مقدم بر نتایج آزمایش بالینی است. از فاضلاب می‌توان به عنوان یک پروکسی برای نظارت بر شیوع ویروس در جامعه استفاده کرد	(۵۶)
Wurtzer et al., 2020	فرانسه	تجزیه و تحلیل کمی دوره SARS-CoV-2 با روش RT-qPCR در نمونه های فاضلاب خام جمع آوری شده از چندین تصفیه خانه فاضلاب در پاریس دوره مطالعه ۵ مارس تا ۲۳ آوریل ۲۰۲۰ بود (دوره قرنطینه در فرانسه از ۱۷ مارس)	افزایش واحدهای ژنومی در فاضلاب خام همراه با افزایش موارد کووید-۱۹ در سطح منطقه ژنوم ویروسی قبل از رشد گسترده اپیدمی (حدود ۸ مارس) شناسایی شد	(۶۲)
Randazzo et al., 2020	اسپانیا	نظارت بر وقوع SARS-CoV-2 از ۱۲ مارس تا ۱۴ آوریل سال ۲۰۲۰ در نمونه های آب پساب ورودی، پساب ثانویه و تالاه از شش تصفیه خانه فاضلاب بزرگ در منطقه Murcia	مشاهده RNA ویروس SARS-CoV-2 در نمونه‌های فاضلاب تصفیه نشده، دو نمونه پساب ثانویه مثبت (۲ از ۱۸ نمونه) و همه نمونه های پساب تالاه منفی (۰ از ۱۲). تشخیص SARS-CoV-2 در فاضلاب در مراحل اولیه انتشار کووید-۱۹ به عنوان شاخص اولیه عفونت در یک جمعیت خاص اهمیت دارد	(۶۳)
La Rosa et al., 2020	ایتالیا	دوازده نمونه فاضلاب بین فوریه و آوریل سال ۲۰۲۰ از تصفیه خانه فاضلاب میلان و رم جمع آوری شد	از ۱۲ نمونه ۶ نمونه مثبت بود. یکی از نتایج مثبت در یک نمونه فاضلاب میلان جمع آوری شده چند روز پس از اولین مورد گزارش شده از SARS-CoV-2 ایتالیایی بود	(۵۷)
Rimoldi et al., 2020	ایتالیا	نمونه های خام و تصفیه شده از سه تصفیه خانه فاضلاب در میلان ایتالیا برداشت شدند	تست PCR نمونه های فاضلاب خام مثبت شدند، در حالی که نمونه های پساب تصفیه شده همیشه منفی بودند	(۶۴)

روزانه ۳/۴ کیلوگرم پسماند ناشی از مراقبت‌های بهداشتی تولید کند (۶۷). حذف پسماندهای پزشکی تولید شده از مراکز بهداشتی-درمانی، بیمارستان‌ها و حتی منازل که به درمان بیماران کووید-۱۹ می‌پردازند نیز نیازمند توجه ویژه‌ای است. زیرا این پسماندها می‌توانند ناقلان احتمالی عفونت SARS-CoV-2 باشند. نتایج یک مطالعه نشان داد که تاخیر ۷۲ ساعته (طول عمر احتمالی کووید-۱۹ در محیط) در جمع‌آوری و دفع پسماند از خانه‌های آلوده و تأسیسات قرنطینه برای کنترل شیوع ویروس بسیار مهم است (۶۸).

زمان زنده ماندن SARS-CoV-2 بر روی سطوح سخت و پلاستیکی حدوداً تا سه روز است که نشان می‌دهد مواد زائد بیماران کووید-۱۹ ممکن است حاوی ویروس کرونا و منبعی برای گسترش عفونت باشند (۶۹). پروژه‌های بازیافت در شهرهای مختلف به دلیل بیماری همه گیر متوقف شده‌اند و مقامات نگران احتمال سرایت کووید-۱۹ به مراکز بازیافت هستند. مدیریت پسماند در کشورهای آسیب دیده اروپایی محدود شده است. به عنوان مثال، ایتالیا جداسازی و مرتب‌سازی پسماند توسط افراد آلوده را ممنوع کرد. مدیریت گسترده پسماند در طی همه‌گیری به دلیل ماهیت پراکنده موارد و افراد آسیب دیده، فوق‌العاده دشوار است (۷۰). شیوع سریع بیماری کووید-۱۹ باعث افزایش استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مثل ماسک شده است. عدم مدیریت تجهیزات حفاظت فردی (PPE) استفاده شده در مراکز درمانی برای جلوگیری از شیوع کووید-۱۹ می‌تواند منجر به عفونت غیرمستقیم شود (۷۱). مدیریت نادرست پسماندهای بهداشتی به انتقال ویروس کووید-۱۹ کمک می‌کند. شیوه‌های مدیریت صحیح، مسائل مربوط به محل دفن زباله و گسترش بیشتر ویروس را کاهش می‌دهد (۷۲).

بحث

تجزیه و تحلیل‌های اکولوژیکی نشان می‌دهد که زندگی در مناطقی با سطوح بالاتری از آلودگی هوای

ذرات معلق ($PM_{2.5}$) با خطر بالاتری از پیامدهای نامطلوب کووید-۱۹ همراه است. در مطالعه‌ای که با تنظیم مدل‌هایی برای ویژگی‌های همه‌گیری انجام شده بود افزایش ذرات ($PM_{2.5}$) ($1.9\mu g/m^3$) با افزایش ۱۰ درصدی خطر بستری شدن در بیمارستان همراه بود (۲۱). مواجهه مزمن با سطوح بالاتر $PM_{2.5}$ همچنین با اختلالات سیستم ایمنی بدن (پاسخ ناسازگار سیستم ایمنی) همراه است (۲۴-۲۲). از آنجا که کووید-۱۹ می‌تواند توسط آئروسول‌ها منتقل شود و مسافت معینی را در امتداد جریان‌های هوا طی کند، بنابراین منجر به انتقال طولانی مدت بیماری می‌شود (۳۲، ۳۳). اثرات آلودگی شدید هوا توسط ذرات ریز ($PM_{2.5}$ و PM_{10})، ازن سطح زمین (O_3) و نیتروژن دی اکسید (NO_2) می‌تواند به میزان بالای انتشار ویروس SARS-CoV-2 و شدت بیماری همه‌گیر بیماری کروناویروس (COVID-19) کمک کند (۷۳). نتایج تحقیقات نشان می‌دهد انتشار NO_2 در هوا با میزان ابتلا و مرگ و میر کووید-۱۹ ارتباط مثبت دارد (۷۴). علاوه بر این که ذرات معلق موجود در هوا در اندازه‌های $PM_{0.1}$ ، $PM_{2.5}$ و PM_{10} می‌توانند به عنوان حامل ذرات کروناویروس نقش داشته باشند، در اثر قرار گرفتن در معرض آلودگی این ذرات توأم با سایر گازهای آلوده‌کننده هوا مانند ازن (O_3)، دی اکسید نیتروژن (NO_2)، مونوکسید کربن (CO)، ترکیبات آلی فرار (VOCs)، هیدروکربن‌های معطر چند حلقه‌ای (PAHs) و غیره که اغلب در کلان‌شهرهای پرجمعیت و آلوده مشاهده می‌شود (۸۰-۷۵)، به علت خصوصیات سطوح ذرات و اثرات هم‌افزایی یا سینرژیسم (Synergism) با ایجاد استرس اکسیداتیو و آشفته‌گی و اختلال در وضعیت طبیعی ناشی از تولید رادیکال‌های آزاد منجر به تولید اثرات سمی و آسیب به تمامی اجزاء و ساختارهای درون‌سلولی، آسیب رساندن به سیستم قلبی تنفسی و ایمنی بدن و تغییر مقاومت میزبان در برابر عفونت‌های ویروسی و باکتریایی، می‌توانند حساسیت به مرگ و میر و عفونت‌های تنفسی را افزایش دهند (۸۳-۸۱). پیشرفت‌های اخیر در مطالعات

مکانیسم‌های مرتبط با ناراحتی راه هوایی که به آلاینده‌های هوا نسبت داده می‌شود نشان می‌دهد که آلاینده‌های ناشی از احتراق می‌توانند با ایجاد تغییرات ژنتیکی سبب شوند تا ژن‌های پلی‌مورفیسم (Polymorphism) در مسیرهای آنتی‌اکسیدانی و التهاب راه‌های هوایی بتوانند واکنش‌ها را در برابر آلودگی هوا تغییر دهند و جهش‌های ویروسی جدیدی را از طریق درگیر ساختن پروتئین‌های غیرساختاری یا پروتئین‌های ساختاری مانند پروتئین S ایجاد کنند که می‌تواند به تغییر شکل و تکامل همه‌گیری کووید-۱۹ کمک کند (۸۴،۷۳). مطالعات بیش‌تری برای شفاف‌سازی بیش‌تر نقش آلودگی هوا در طول بیماری همه‌گیر کووید-۱۹ مورد نیاز است.

مطالعات اپیدمیولوژیک و آزمایشگاهی نشان داد که نمی‌توان تأثیر دمای محیط بر زنده ماندن و انتقال ویروس کرونا را نادیده گرفت (۴۳،۴۲). برخی مطالعات ارتباط بین دما و ویروس کرونا را کشف کرده‌اند. اما نتیجه‌گیری بحث‌برانگیز است. بنابراین، اگرچه دما با سرعت انتقال کووید-۱۹ ارتباط منفی دارد، لیکن مردم باید توجه بیش‌تری به اقدامات کنترلی داشته باشند زیرا در هنگام بالا رفتن بیش از حد مجاز دما، مردم بیش‌تر بیرون می‌روند. این نتایج می‌تواند تا حدی دلیل عدم جلوگیری از کووید-۱۹ در برخی از کشورها با افزایش گرمای هوا را توضیح دهد (۴۸).

در مطالعه‌ای نشان داده شده است که اگر حداقل دمای هوای محیط ۱ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد، تعداد تجمعی ویروس کووید-۱۹، ۰/۸۶ درصد کاهش می‌یابد (۲). مانند دیگر مطالعات قبلی (۸۵،۷۳) نتایج این مطالعه نیز نشان می‌دهد که علائق ارتباط کووید-۱۹ با تغییرات آب و هوایی در فصول مختلف سال این ارتباط صرفاً جهت توقف ویروس کرونا در فصل گرم کافی نیست. میانگین دما و سرعت متوسط باد با منحنی رشد کووید-۱۹ در آفریقا رابطه معکوس دارد. مطالعه‌ای در آفریقا نشان داد که رطوبت نسبی هیچ ارتباط آماری معنی‌داری با منحنی مواجهه و پاسخ کووید-۱۹ در آفریقا

ندارد (۵۶). در مطالعه‌ای که در مورد نقش پارامترهای هواشناسی و عوامل کیفیت هوا در کووید-۱۹ در چین انجام شد. نشان داده شده است که غلظت بالای مونوکسید کربن یک عامل خطر است، در حالی که دمای بالاتر، افزایش فشار هوا و تهویه بهتر ممکن است قابلیت انتقال ویروس کرونا را کاهش دهد (۵۷). در بررسی مطالعات مختلف (۸۶،۷۴،۷۳) ما دریافتیم که انتقال سریع بیماری کووید-۱۹ و موارد مثبت جدید روزانه تأیید شده و مرگ و میر با سطوح بالای آلودگی هوا با PM_{10} و NO_2 ، دمای متوسط روزانه هوا و شدت سرعت باد مرتبط است.

بر اساس آخرین شواهد، وجود ویروس کرونا در فاضلاب تأیید شده است، اما شواهدی مبنی بر انتقال آن از طریق فاضلاب یا آب آشامیدنی آلوده وجود ندارد (۲). نظارت بر فاضلاب برای شناسایی SARS-CoV-2 می‌تواند به عنوان یک سیستم هشداردهنده اولیه باشد که به مردم هشدار می‌دهد که چه زمان و کجا عفونت شیوع پیدا می‌کند و آیا ویروس دوباره در جوامع ظاهر می‌شود یا خیر. آب پاک مهم‌ترین منبع برای مبارزه با عفونت در مراکز پرجمعیت در سراسر جهان است. تضمین دسترسی به آب با کیفیت خوب ضرورت دارد، به همین دلیل لازم است اقدامات فوری برای اطمینان از تأمین آب با کیفیت در مکان‌هایی که مدیریت نمی‌شوند، انجام شود (۶۷). از طریق فاضلاب خطر انتشار احتمالی ویروس SARS-CoV-2 به آب‌های سطحی وجود دارد (۷۲). ویروس به دلیل ماهیت بسیار عفونی و مقاومت در برابر فناوری‌های متداول تصفیه آب و فاضلاب، خطرات زیادی را به همراه دارد (۷۳). اطمینان از عملکرد کامل تصفیه آب آشامیدنی و فاضلاب برای مقابله با کووید-۱۹ و محافظت از جمعیت در برابر سایر خطرات بهداشت عمومی ضروری است. بقای SARS-CoV-2 در رسانه‌های محیطی، از جمله فاضلاب و آب آشامیدنی ناشناخته مانده است (۶۷). وجود RNA ویروسی در فاضلاب یک هشدار اولیه است که نیاز به تصفیه موثر فاضلاب را برای جلوگیری از شیوع

SARS-CoV-2 در آینده نشان می‌دهد (۵). مرگ و میر و بیماری‌های مرتبط با همه‌گیری فعلی کووید-۱۹ مستلزم انجام تحقیقات بسیار متمرکز بر نقش محیط‌هایی مانند فاضلاب و آب‌های سطحی در انتقال بیماری است. پسماندهای پزشکی و پسماندهای خانگی مربوط به افراد آلوده به کووید-۱۹، کلینیک‌های تب، بخش‌های ایزوله، اتاق‌های معاینه ویژه و آزمایشگاه‌های پزشکی، به ویژه آزمایشگاه‌های آزمایش اسید نوکلئیک باید به عنوان پسماندهای پزشکی مرتبط با کووید-۱۹ و همراه با برچسب چاپ شده با "عفونت کووید-۱۹" تلقی شوند. زیرا این پسماندها احتمال حمل عوامل بیماری‌زا را بسیار افزایش می‌دهند. همچنین، باید برخی سطوح‌های زباله‌های پزشکی با علامت مشخص در مناطق عمومی بیمارستان برای جمع‌آوری ماسک‌های زائد قرار داده شود. این پسماندهای عفونی باید در کیسه‌های زباله پزشکی دو لایه بسته‌بندی شده و سطح کیسه‌ها قبل از قرار دادن آن‌ها در سطل زباله‌های پزشکی که دارای پوشش هستند با اسپری مواد ضد عفونی‌کننده حاوی کلر استریل شوند و در نهایت توسط کارکنان آموزش دیده به عنوان زباله‌های پزشکی عمومی دفع شوند. نمونه‌ها یا محلول‌های نگهدارنده حاوی عوامل بیماری‌زا در آزمایشگاه باید ابتدا مهر و موم شده و بسته‌بندی شوند. سپس، آن‌ها را قبل از قرار دادن آن‌ها در سطل زباله‌های پزشکی، در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد، به مدت ۱۱۰ دقیقه استریلیزه کنند (۸۴). با توجه به سازگاری جهانی با تغییرات رفتاری و اجتماعی در مواجهه با چالش‌های کووید-۱۹، خدمات شهری مانند جمع‌آوری و مدیریت پسماند نیاز به تغییر در عملیات دارند تا نقش مهمی در کاهش شیوع بیماری‌های عفونی داشته باشند (۱۱). هیچ سند واحدی شامل تمام استراتژی‌های مدیریت پسماندهای مراقبت‌های بهداشتی که توسط کشورهای مختلف در طول شیوع کووید-۱۹ اتخاذ شده باشد وجود ندارد (۷۲) و علی‌رغم این که WHO دستورالعمل‌های خاصی را برای مدیریت زباله‌های جامد مراقبت‌های

بهداشتی تدوین کرده است اما در طول این همه‌گیری، کشورهای مختلف اقدامات متفاوتی را برای رسیدگی به زباله‌های جامد مراقبت‌های بهداشتی انجام داده‌اند (۷۲). لذا در صورت عدم مقابله با موج عظیم پسماند پزشکی در بحبوحه کووید-۱۹ به احتمال زیاد جهان در معرض خطر بیش‌تر محیط زیست و سلامت عمومی قرار می‌گیرد. در پایان می‌توان نتیجه گرفت که عوامل محیطی بر میزان شیوع، عفونت و مرگ و میر ناشی از بیماری همه‌گیر کووید-۱۹ تاثیر گذار است. اگرچه تا کنون اطلاعات کافی و معتبر در مورد میزان تاثیر هر یک آن عوامل به تنهایی وجود ندارد. اما در مطالعات متعددی ارتباط کووید-۱۹ با عوامل محیطی به اثبات رسیده است و حتی در بسیاری موارد کنترل عوامل محیطی یکی از موثرترین راه‌های پیشگیری و کنترل کووید-۱۹ پیشنهاد شده است. با توجه به این که ویروس با افزایش دما تا ۷۰ درجه سانتی‌گراد غیرفعال می‌شود، با افزایش دما ماندگاری ویروس کرونا کم‌تر می‌شود. آلودگی هوا به صورت مستقیم و یا غیرمستقیم به شدت بیماری کووید-۱۹ کمک کرده و باعث افزایش مرگ و میر ناشی از آن می‌گردد. فاضلاب و پسماند حاوی ویروس کرونا در صورت عدم مدیریت صحیح می‌توانند باعث آلودگی محیط و منابع آب شده و بدین ترتیب به گسترش بیماری کووید-۱۹ کمک کند. لذا اطمینان از بهبود عملکرد تصفیه آب آشامیدنی و فاضلاب و مدیریت پسماند برای مقابله با کووید-۱۹ و محافظت از جمعیت در برابر سایر خطرات بهداشت عمومی ضروری است.

سپاسگزاری

این مطالعه در دانشگاه علوم پزشکی مازندران با کد اخلاق IR.MAZUMS.REC.1400.9238 مورد تصویب قرار گرفته است. از مرکز تحقیقات علوم بهداشتی و اعتیاد و همچنین از کمیته تحقیقات دانشجویی، معاونت محترم تحقیقات و فن آوری دانشگاه علوم پزشکی مازندران نهایت تشکر و سپاسگزاری را دارد.

References

1. Das A, Ghosh S, Das K, Basu T, Dutta I, Das M. Living environment matters: Unravelling the spatial clustering of COVID-19 hotspots in Kolkata megacity, India. *Sustain Cities Soc* 2021; 65: 102577.
2. Eslami H, Jalili M. The role of environmental factors to transmission of SARS-CoV-2 (COVID-19). *AMB Express* 2020; 10(1): 92.
3. Copat C, Cristaldi A, Fiore M, Grasso A, Zuccarello P, Santo Signorelli S, et al. The role of air pollution (PM and NO₂) in COVID-19 spread and lethality: a systematic review. *Environ Res* 2020; 110129.
4. Travaglio M, Yu Y, Popovic R, Selley L, Leal NS, Martins LM. Links between air pollution and COVID-19 in England. *Environ Pollut* 2021; 268: 115859.
5. Mohapatra S, Menon NG, Mohapatra G, Pisharody L, Pattnaik A, Menon NG, et al. The novel SARS-CoV-2 pandemic: Possible environmental transmission, detection, persistence and fate during wastewater and water treatment. *Sci Total Environ* 2021; 765: 142746.
6. Kumar M, Patel AK, Shah AV, Raval J, Rajpara N, Joshi M, et al. First proof of the capability of wastewater surveillance for COVID-19 in India through detection of genetic material of SARS-CoV-2. *Sci Total Environ* 2020; 746: 141326.
7. Nikolaenko D. SARS-CoV-2 and the water environment: discovery of the pathogen in the sample dated March 12, 2019 in Barcelona and its interpretation. *Environ Epidemiol* 2020.
8. Yu H, Sun X, Solvang WD, Zhao X. Reverse logistics network design for effective management of medical waste in epidemic outbreaks: Insights from the coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak in Wuhan (China). *Int J Environ Res Public Health* 2020; 17(5): 1770.
9. Li AY, Hannah TC, Durbin JR, Dreher N, McAuley FM, Marayati NF, et al. Multivariate analysis of black race and environmental temperature on COVID-19 in the US. *Am J Med Sci* 2020; 360(4): 348-356.
10. Ma Y, Zhao Y, Liu J, He X, Wang B, Fu S, et al. Effects of temperature variation and humidity on the death of COVID-19 in Wuhan, China. *Sci Total Environ* 2020; 724: 138226.
11. de León-Martínez LD, de la Vega LDL, Palacios-Ramírez A, Rodríguez-Aguilar M, Flores-Ramírez R. Critical review of social, environmental and health risk factors in the Mexican indigenous population and their capacity to respond to the COVID-19. *Sci Total Environ* 2020; 733: 139357.
12. Sarkar A, Chouhan P. COVID-19: District level vulnerability assessment in India. *Clin Epidemiol Glob Health* 2021; 9: 204-215.
13. Wu X, Nethery RC, Sabath BM, Braun D, Dominici F. Exposure to air pollution and COVID-19 mortality in the United States. *medRxiv* 2020; 7.
14. Setti L, Passarini F, De Gennaro G, Barbieri P, Perrone MG, Borelli M, et al. SARS-Cov-2RNA found on particulate matter of Bergamo in Northern Italy: first evidence. *Environ Res* 2020; 188: 109754.
15. Brandt EB, Beck AF, Mersha TB. Air pollution, racial disparities, and COVID-19 mortality. *J Allergy Clin Immunol* 2020; 146(1): 61-63.
16. Cnticini E, Frediani B, Caro D. Can atmospheric pollution be considered a co-

- factor in extremely high level of SARS-CoV-2 lethality in Northern Italy? *Environ Pollut* 2020; 261: 114465.
17. Dutheil F, Baker JS, Navel V. COVID-19 as a factor influencing air pollution? *Environ Pollut* 2020; 263: 114466.
 18. Xie J, Zhu Y. Association between ambient temperature and COVID-19 infection in 122 cities from China. *Sci Total Environ* 2020; 724: 138201.
 19. Dettori M, Pittaluga P, Busonera G, Gugliotta C, Azara A, Piana A, et al. Environmental risks perception among citizens living near industrial plants: a cross-sectional study. *Int J Environ Res Public Health* 2020; 17(13): 4870.
 20. Ho C-C, Hung S-C, Ho W-C. Effects of short- and long-term exposure to atmospheric pollution on COVID-19 risk and fatality: analysis of the first epidemic wave in northern Italy. *Environ Res* 2021; 199: 111293.
 21. Wax RS, Christian MD. Practical recommendations for critical care and anesthesiology teams caring for novel coronavirus (2019-nCoV) patients. *Can J Anaesth* 2020; 67(5): 568-576.
 22. Van Doremalen N, Bushmaker T, Morris DH, Holbrook MG, Gamble A, Williamson BN, et al. Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1. *N Engl J Med* 2020; 382(16): 1564-1567.
 23. Brandt EB, Beck AF, Mersha TB. Air pollution, racial disparities, and COVID-19 mortality. *J Allergy Clin Immunol* 2020; 141(6): 61-63.
 24. Dutheil F, Baker JS, Navel V. COVID-19 as a factor influencing air pollution? *Environ Pollut* 2020; 263: 114466.
 25. Beloconi A, Probst-Hensch NM, Vounatsou P. Spatio-temporal modelling of changes in air pollution exposure associated to the COVID-19 lockdown measures across Europe. *Sci Total Environ* 2021; 787: 147607.
 26. Bowe B, Xie Y, Gibson AK, Cai M, van Donkelaar A, Martin RV, et al. Ambient fine particulate matter air pollution and the risk of hospitalization among COVID-19 positive individuals: Cohort study. *Environ Int* 2021; 154: 9.
 27. Khan YA. Risk of mortality due to COVID-19 and air pollution in Pakistan. *Environ Sci Pollut Res Int* 2021; 1-10.
 28. Ho CC, Hung SCE, Ho WC. Effects of short- and long-term exposure to atmospheric pollution on COVID-19 risk and fatality: analysis of the first epidemic wave in northern Italy. *Environ Res* 2021; 199: 11293.
 29. Vickers NJ. Animal communication: when i'm calling you, will you answer too? *Curr Biol* 2017; 27(14): R713-R715.
 30. Tobías A, Molina T. Is temperature reducing the transmission of COVID-19? *Environ Res* 2020; 186: 109553.
 31. Mandal CC, Panwar MS. Can the summer temperatures reduce COVID-19 cases? *Public health* 2020; 185: 72-79.
 32. Rabaan AA, Al-Ahmed SH, Haque S, Sah R, Tiwari R, Malik YS, et al. SARS-CoV-2, SARS-CoV, and MERS-COV: a comparative overview. *Infez Med* 2020; 28(2): 174-184.
 33. Luo W, Majumder M, Liu D, Poirier C, Mandl K, Lipsitch M, et al. The role of absolute humidity on transmission rates of the COVID-19 outbreak. *Medrxiv* 2020.
 34. Shokouhi M, Miralles-Wilhelm F, Anthony Amoroso M. Temperature humidity, and latitude analysis to predict potential spread and seasonality for COVID-19. 2020; 679364.
 35. Bashir MF, Ma B, Komal B, Bashir MA, Tan D, Bashir M. Correlation between climate

- indicators and COVID-19 pandemic in New York, USA. *Sci Total Environ* 2020; 728: 138835.
36. Mozumder M, Amin MSA, Uddin MR, Talukder MJ. Coronavirus COVID-19 outbreak and control: effect of temperature, relative humidity, and lockdown implementation. *Arch Pédiatr* 2021; 28(2): 111-116.
 37. Haque SE, Rahman M. Association between temperature, humidity, and COVID-19 outbreaks in Bangladesh. *Environ Sci Policy* 2020; 114: 253-255.
 38. Kumar V, Singh SB, Singh S. COVID-19: Environment concern and impact of Indian medicinal system. *J Environ Chem Eng* 2020; 8(5): 104144.
 39. Askari SG, Khatbasreh M, Ehrampoush MH, Sheikhha MH, Eslami H, Taghavi M, et al. The relationship between environmental exposures and hormonal abnormalities in pregnant women: An epidemiological study in Yazd, Iran. *Women Birth* 2018; 31(3): e204-e209.
 40. Chen LD. Effects of ambient temperature and humidity on droplet lifetime - A perspective of exhalation sneeze droplets with COVID-19 virus transmission. *Int J Hyg Environ Health* 2020; 229: 113568.
 41. Smith TP, Flaxman S, Gallinat AS, Kinoshian SP, Stemkovski M, Unwin HJT, et al. Temperature and population density influence SARS-CoV-2 transmission in the absence of nonpharmaceutical interventions. *Proc Natl Acad Sci USA* 2021; 118(25): e2019284118.
 42. Kumar V, Singh SB, Singh S. COVID-19: Environment concern and impact of Indian medicinal system. *J Environ Chem Eng* 2020; 8(5): 104144.
 43. Shao W, Xie J, Zhu Y. Mediation by human mobility of the association between temperature and COVID-19 transmission rate. *Environ Res* 2021; 194: 110608.
 44. Kumar G, Kumar RR. A correlation study between meteorological parameters and COVID-19 pandemic in Mumbai, India. *Diabetes Metab Syndr* 2020; 14(6): 1735-1742.
 45. Lin S, Wei D, Sun Y, Chen K, Yang L, Liu B, et al. Region-specific air pollutants and meteorological parameters influence COVID-19: A study from mainland China. *Ecotoxicol Environ Saf* 2020; 204: 111035.
 46. Adekunle IA, Tella SA, Oyesiku KO, Oseni IO. Spatio-temporal analysis of meteorological factors in abating the spread of COVID-19 in Africa. *Heliyon* 2020; 6(8): e04749.
 47. Zazooli M-A, Hashempour Y. A Review of the Stability of Coronaviruses in Different Environments. *J Mazandaran Univ Med Sci* 2021; 31(195): 141-155 (Persian).
 48. Rzeżutka A, Cook N. Survival of human enteric viruses in the environment and food. *FEMS Microbiol Rev* 2004; 28(4): 441-453.
 49. Howie R, Alfa M, Coombs K. Survival of enveloped and non-enveloped viruses on surfaces compared with other micro-organisms and impact of suboptimal disinfectant exposure. *J Hosp Infect* 2008; 69(4): 368-376.
 50. Gundy PM, Gerba CP, Pepper IL. Survival of coronaviruses in water and wastewater. *Food Environ Virol* 2009; 1(1): 10-14.
 51. Casanova L, Rutala WA, Weber DJ, Sobsey MD. Survival of surrogate coronaviruses in water. *Water Res* 2009; 43(7): 1893-1898.
 52. García-Ávila F, Valdiviezo-Gonzales L, Cadme-Galabay M, Gutiérrez-Ortega H, Altamirano-Cárdenas L, Zhindón-Arévalo C, et al. 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 2020; 2: 100049.
53. Langone M, Petta L, Cellamare C, Ferraris M, Guzzinati R, Mattioli D, et al. SARS-CoV-2 in water services: presence and impacts. *Environ Pollut* 2021; 268: 115806.
 54. Weiss SR, Navas-Martin S. Coronavirus pathogenesis and the emerging pathogen severe acute respiratory syndrome coronavirus. *Microbiol Mol Biol Rev* 2005; 69(4): 635-664.
 55. Lodder W, de Roda Husman AM. SARS-CoV-2 in wastewater: potential health risk, but also data source. *Lancet Gastroenterol Hepatol* 2020; 5(6): 533-534.
 56. Nemudryi A, Nemudraia A, Wiegand T, Surya K, Buyukyoruk M, Cicha C, et al. Temporal detection and phylogenetic assessment of SARS-CoV-2 in municipal wastewater. *Cell Rep Med* 2020; 1(6): 100098.
 57. La Rosa G, Iaconelli M, Mancini P, Ferraro GB, Veneri C, Bonadonna L, et al. First detection of SARS-CoV-2 in untreated wastewaters in Italy. *Sci Total Environ* 2020; 736: 139652.
 58. Wu F, Xiao A, Zhang J, Moniz K, Endo N, Armas F, et al. SARS-CoV-2 titers in wastewater foreshadow dynamics and clinical presentation of new COVID-19 cases. *Medrxiv* 2020: 06.
 59. Ahmed W, Angel N, Edson J, Bibby K, Bivins A, O'Brien JW, et al. 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 Environ* 2020; 728: 138764.
 60. Medema G, Heijnen L, Elsinga G, Italiaander R, Brouwer A. 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. *Sci Total Environ* 2020; 7(7): 511-516.
 61. Wu F, Zhang J, Xiao A, Gu X, Lee WL, Armas F, et al. SARS-CoV-2 titers in wastewater are higher than expected from clinically confirmed cases. *Msystems* 2020; 5(4): e00614-620.
 62. Wurtzer S, Waldman P, Ferrier-Rembert A, Frenois-Veyrat G, Mouchel J-M, Boni M, et al. Several forms of SARS-CoV-2 RNA can be detected in wastewaters: implication for wastewater-based epidemiology and risk assessment. *Water Res* 2021; 198: 117183.
 63. Randazzo W, Truchado P, Cuevas-Ferrando E, Simón P, Allende A, Sánchez G. SARS-CoV-2 RNA in wastewater anticipated COVID-19 occurrence in a low prevalence area. *Water Res* 2020; 181: 115942.
 64. Rimoldi SG, Stefani F, Gigantiello A, Polesello S, Comandatore F, Mileto D, et al. Presence and infectivity of SARS-CoV-2 virus in wastewaters and rivers. *Sci Total Environ* 2020; 744: 140911.
 65. Schanes K, Dobernig K, Gözet B. Food waste matters-A systematic review of household food waste practices and their policy implications. *Journal of Cleaner Production* 2018; 182: 978-991.
 66. Ramteke S, Sahu BL. Novel coronavirus disease 2019 (COVID-19) pandemic: considerations for the biomedical waste sector in India. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering* 2020; 2: 100029.
 67. Bank AD. Managing infectious medical waste during the COVID-19 pandemic. 2020.
 68. Nghiem LD, Morgan B, Donner E, Short MD. The COVID-19 pandemic: considerations for the waste and wastewater services sector. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering* 2020; 1: 100006.

69. Chin A, Chu J, Perera M, Hui K, Yen H-L, Chan M, et al. Stability of SARS-CoV-2 in different environmental conditions. *Lancet Microbe* 2020; 1(1): e10
70. Qu G, Li X, Hu L, Jiang G. An imperative need for research on the role of environmental factors in transmission of novel coronavirus (COVID-19). *Environ Sci Technol* 2020; 54(7): 3730-3732.
71. Rhee S-W. Management of used personal protective equipment and wastes related to COVID-19 in South Korea. *Waste Manag Res* 2020; 38(8): 820-824.
72. Das AK, Islam MN, Billah MM, Sarker A. COVID-19 pandemic and healthcare solid waste management strategy-A mini-review. *Sci Total Environ* 2021; 778: 146220.
73. Zoran MA, Savastru RS, Savastru DM, Tautan MN, Baschir LA, Tenciu DV. Exploring the linkage between seasonality of environmental factors and COVID-19 waves in Madrid, Spain. *Process Saf Environ Prot Process Saf Environ* 2021; 152: 583-600.
74. Linares C, Culqui D, Belda F, López-Bueno JA, Luna Y, Sánchez-Martínez G, et al. Impact of environmental factors and Sahara dust intrusions on incidence and severity of COVID-19 disease in Spain. Effect in the first and second pandemic waves. *Environ Sci Pollut Res Int* 2021; 28(37): 51948-51960.
75. Penache MC, Zoran M, editors. Temporal patterns of surface ozone levels in relation with radon (^{222}Rn) and air quality. Proceedings of the 10th Jubilee International Conference of the Balkan Physical Union. 2018 Aug 6–30 Sofia, Bulgaria: AIP Conf Proc; 2018.
76. Penache MC, Zoran M, (eds). Seasonal trends of surface carbon monoxide concentrations in relation with air quality. Proceedings of the 10th Jubilee International Conference of the Balkan Physical Union. AIP Conference Proceedings 2075 (1): 130007; 2018 Aug 6–30 Sofia, Bulgaria: AIP Conf Proc; 2018.
77. Li Y, Huang X, Yu I, Wong T, Qian H. Role of air distribution in SARS transmission during the largest nosocomial outbreak in Hong Kong. *Indoor Air* 2005; 15(2): 83-95.
78. Li X, Ma Y, Wang Y, Liu N, Hong Y. Temporal and spatial analyses of particulate matter (PM₁₀ and PM_{2.5}) and its relationship with meteorological parameters over an urban city in northeast China. *Atmos Res* 2017; 198: 185-193.
79. Wu C, Chen X, Cai Y, Zhou X, Xu S, Huang H, et al. Risk factors associated with acute respiratory distress syndrome and death in patients with coronavirus disease 2019 pneumonia in Wuhan, China. *JAMA Intern Med* 2020; 180(7): 934-943.
80. Zoran M, Savastru D, Tautan M, Baschir L. Use of satellite data for land surface radiative parameters retrieval of Bucharest metropolitan zone. *J Optoelectron Adv Mater* 2019; 21(7-8): 470-483.
81. Martelletti L, Martelletti P. Air pollution and the novel Covid-19 disease: a putative disease risk factor. *SN comprehensive Clinical Medicine* 2020; 2(4): 383-387.
82. Cohen J, Kupferschmidt K. Countries test tactics in 'war' against COVID-19. *Science* 2020; 367(6484): 1287-1288.
83. Romano S, Perrone M, Becagli S, Pietrogrande M, Russo M, Caricato R, et al. Ecotoxicity, genotoxicity, and oxidative potential tests of atmospheric PM₁₀ particles. *Atmos Environ* 2020; 221: 117085.
84. Bakadia BM, Boni BOO, Ahmed AAQ, Yang G. The impact of oxidative stress damage induced by the environmental stressors on COVID-19. *Life Sci* 2021; 264: 118653.

85. Liu X, Huang J, Li C, Zhao Y, Wang D, Huang Z, et al. The role of seasonality in the spread of COVID-19 pandemic. *Environ Res* 2021; 195: 110874.
86. Coccia M. Effects of the spread of COVID-19 on public health of polluted cities: results of the first wave for explaining the déjà vu in the second wave of COVID-19 pandemic and epidemics of future vital agents. *Environ Sci Pollut Res Int* 2021; 28(15): 19147-19154.