مجله علوم پزشکی رازی دوره ۲۹، شماره ۳، خرداد ۱۴۰۱ http://rjms.iums.ac.ir

مقاله پژوهشی

بررسی نگرشی بر تأثیر آلودگی صنایع صنعتی در افزایش بیماری‌های ریوی و مرگ و میر ناشی از آن

حجت نورایی: دانشجوی دکتری، گروه حقوق جزا و جرم شناسی، واحد خمین، دانشگاه آزاد اسلامی، خمین، ایران.

سمیرا گل خندان: استادیار، گروه حقوق جزا و جرم شناسی، واحد خمین، دانشگاه آزاد اسلامی، خمین، ایران. (* نویسنده مسئول)Samira.Golkhandan@iau.ac.ir

اکبر رجبی: استادیار، گروه حقوق جزا و جرم شناسی، واحد خمین، دانشگاه آزاد اسلامی، خمین، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: آلودگی ناشی از فعالیت‌های صنایع صنعتی به عنوان یکی از عوامل اصلی تهدیدکننده سلامت انسان و محیط زیست شناخته می‌شود که بررسی جوانب متفاوت مانند جنبه حقوقی و زیست محیطی و پزشکی آن اهمیت دارد. لذا هدف این مطالعه نگرشی بر تأثیر آلودگی صنایع صنعتی در افزایش بیماری‌های ریوی و مرگ و میر ناشی از آن بود.

روش کار: روش پژوهش توصیفی تحلیلی می‌باشد که جامعه آماری مطالعه، شهرستان اراک که امروزه به عنوان کلان شهر اراک مطرح می‌باشد بوده است. جامعه نمونه منطقه‌ای به شعاع ۱۰ کیلومتری اطراف کارخانه آلومینیوم و برای ایجاد رابطه سببیت بیماران خاص بیمارستان خوانساری و ولی عصر شهر اراک از سال ۱۳۹۰ تا سال ۱۳۹۵ مورد بررسی میدانی قرار گرفته است.

یافته‌ها: آلودگی‌های ناشی از کارخانه‌های آلومینیوم‌سازی یکی از چالش‌های مهم زیست‌محیطی است که تأثیرات منفی گسترده‌ای بر سلامت انسان و محیط زیست دارد. این تحقیق به بررسی بیماری‌های ریوی ناشی از آلودگی این صنایع و پیامدهای آن از منظر علمی، اجتماعی و حقوقی پرداخته است. یافته‌ها نشان می‌دهد که ذرات معلق و گازهای سمی مانند فلوریدها و اکسیدهای نیتروژن که در فرآیند تولید آلومینیوم منتشر می‌شوند، عامل بروز بیماری‌هایی نظیر آسم، برونشیت مزمن، فیبروز ریه و سرطان ریه هستند. از منظر اجتماعی، این آلودگی‌ها منجر به افزایش هزینه‌های درمانی، کاهش کیفیت زندگی و مهاجرت اجباری ساکنین مناطق مجاور می‌شود. در بعد حقوقی، با وجود وجود قوانین مشخصی همچون قانون هوای پاک و قانون حفاظت محیط زیست، اجرای ناقص و ضعف در نظارت بر صنایع، اثرگذاری این قوانین را محدود کرده است. همچنین، از منظر اقتصادی، هزینه‌های سنگینی برای درمان بیماری‌ها و تخریب اکوسیستم‌ها به جامعه تحمیل می‌شود، در حالی که استفاده از فناوری‌های کاهش آلودگی و تولید پاک می‌تواند این هزینه‌ها را کاهش دهد.

نتیجه‌گیری: با توجه به اثرات گسترده آلودگی‌های ناشی از کارخانه‌های آلومینیوم‌سازی بر سلامت عمومی، محیط زیست، و ساختارهای اجتماعی و اقتصادی، می‌توان نتیجه گرفت که مقابله با این معضل نیازمند رویکردی جامع و چندبعدی است. پیامدهای این آلودگی‌ها، از جمله بیماری‌های ریوی، کاهش کیفیت زندگی، تخریب اکوسیستم‌ها و تحمیل هزینه‌های سنگین اقتصادی، ضرورت اتخاذ تدابیر پیشگیرانه و اصلاحی را دوچندان می‌کند. اجرای دقیق قوانین زیست‌محیطی، پایش مداوم عملکرد صنایع، و استفاده از فناوری‌های نوین برای کاهش آلودگی، از جمله گام‌های اساسی در این مسیر است.

تعارض منافع: گزارش نشده است.

منبع حمایت‌کننده: حامی مالی ندارد.

کلیدواژه‌ها

کارخانه آلومینیوم،

آلودگی محیط زیست،

بیماری‌های ریوی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۱۲

تاریخ چاپ: ۱۴۰۱/۰۳/۲۸

شیوه استناد به این مقاله:

Nouraei H, Golkhandan S, Rajabi A. Attitudinal Study on the Effect of Industrial Pollution on the Increase of Lung Diseases and Mortality Caused by It. Razi J Med Sci. 2022;29(3): 212-220.

*انتشار این مقاله به‌صورت دسترسی آزاد مطابق با CC BY-NC-SA 3.0 صورت گرفته است.

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2025-09-03]

Razi Journal of Medical Sciences. 2022;29(3):212-220. http://rjms.iums.ac.ir

Original Article

Attitudinal Study on the Effect of Industrial Pollution on the Increase of Lung Diseases and Mortality Caused by It

Hojjat Nouraei : PhD student, Department of Criminal Law and Criminology, Khomein Branch, Islamic Azad University, Khomein, Iran.
Samira Golkhandan: Assistant Professor, Department of Criminal Law and Criminology, Khomein Branch, Islamic Azad University, Khomein, Iran. (* Corresponding author) Samira.Golkhandan@iau.ac.ir
Akbar Rajabi: Assistant Professor, Department of Criminal Law and Criminology, Khomein Branch, Islamic Azad University, Khomein, Iran.

Abstract

Background & Aims: pollution caused by the activities of industrial industries is known as one of the main factors threatening human health and the environment. Industrial industries have destructive effects on the quality of life of people and the health of societies through the emission of greenhouse gases, suspended particles, volatile organic compounds, and heavy metals into the air, water, and soil. One of the most important consequences of these pollutions is the increase in lung diseases in communities that live near industrial areas. Lung diseases such as asthma, chronic bronchitis, pulmonary fibrosis, and lung cancer are among the direct and indirect consequences of exposure to industrial pollutants. Air pollutants widely produced by industries include sulfur dioxide, nitrogen oxides, carbon monoxide, particulate matter, and harmful organic compounds. These substances can enter the lungs through breathing and seriously threaten the health of the respiratory system by causing inflammation, reducing lung function, and damaging its tissues. In areas where the density of industries is higher, the increase in the prevalence of lung diseases and the decrease in the quality of life of people, especially children, the elderly, and people with underlying diseases, can be seen. This issue is particularly critical in countries where environmental standards are not properly followed or where there is no continuous monitoring of air quality. Therefore, this study aimed to look at the impact of industrial pollution on increasing lung diseases and mortality.
Methods: The research method is descriptive and analytical, and the statistical population of the study was the city of Arak, which is known as the metropolis of Arak today. The sample community of a region with a radius of 10 kilometers around the aluminum factory was investigated in the field from 2011 to 2016 to establish the causality relationship of specific patients of Khansari and Valiasr hospitals in Arak City.
Results: Pollution caused by aluminum factories is one of the important environmental challenges that have extensive negative effects on human health and the environment. This research has investigated lung diseases caused by the pollution of these industries and its consequences from a scientific, social, and legal point of view. The findings show that suspended particles and toxic gases such as fluorides and nitrogen oxides that are released in the process of aluminum production are the cause of diseases such as asthma, chronic bronchitis, lung fibrosis, and lung cancer. From a social point of view, these pollutions lead to an increase in medical expenses, a decrease in the quality of life, and the forced migration of residents of nearby areas. In the legal aspect, despite the existence of specific laws such as the Clean Air Law and the Environmental Protection Law, incomplete implementation and weakness in monitoring industries have limited the effectiveness of these laws. Also, from an economic point of view, heavy costs are imposed on society for the treatment of diseases and the destruction of ecosystems, while the use of technologies to reduce pollution and clean production can reduce these costs. From a legal point of view, existing laws in Iran, such as the Clean Air Law, the Environmental Protection Law, and the Islamic Penal Law, require industries to comply with environmental standards and take the necessary measures to reduce pollution. These laws provide legal tools to deal with the offending industries; However,

Keywords
Aluminum Factory,
Environmental Pollution,
Lung Diseases

Received: 01/04/2022
Published: 18/06/2022

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2025-09-03]

problems such as weak monitoring, lack of transparency in the operation of factories, and lack of strict enforcement of laws make the effective implementation of these regulations a challenge. In addition, the role of regulatory institutions and civil society in pursuing environmental violations and increasing public awareness of citizens' rights in this area is essential. From an economic point of view, the costs caused by industrial pollution are very significant. These costs include the costs of treating diseases, reducing labor productivity, damaging agricultural products, and destroying ecosystems. On the other hand, investing in pollution reduction technologies and using clean production methods can not only reduce these costs but also improve the sustainability of the environment and improve the productivity of industries. Therefore, discussing and examining this issue requires a multilateral approach in which the roles of industries, government institutions, non-governmental organizations, and citizens are considered simultaneously. The use of new technologies to control pollution, the stricter implementation of environmental laws, transparency in the operation of industries, and public awareness can help reduce the harmful effects of this pollution.

Conclusion: Considering the widespread effects of pollution caused by aluminum factories on public health, the environment, and social and economic structures, it can be concluded that dealing with this problem requires a comprehensive and multidimensional approach. The consequences of these pollutions, including lung diseases, reducing the quality of life, destroying ecosystems, and imposing heavy economic costs, double the necessity of adopting preventive and corrective measures. Strict implementation of environmental laws, continuous monitoring of industrial performance, and use of new technologies to reduce pollution are among the basic steps in this direction. Also, public awareness, strengthening the supervision of responsible institutions, and the participation of civil society can help to reduce the harmful effects of these pollutions. Investing in clean and sustainable production not only helps to maintain the health of people and the environment but also from an economic point of view, acts as an effective long-term solution by reducing costs related to treatment and environmental damage. Finally, the integration of preventive measures, strengthening of legal and regulatory infrastructure, and promotion of social responsibility will provide a sustainable path to deal with pollution from aluminum industries.

Conflicts of interest: None
Funding: None

Cite this article as:

Nouraei H, Golkhandan S, Rajabi A. Attitudinal Study on the Effect of Industrial Pollution on the Increase of Lung Diseases and Mortality Caused by It. Razi J Med Sci. 2022;29(3): 212-220.

*This work is published under CC BY-NC-SA 3.0 licence.

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2025-09-03]

مقدمه

آلودگی ناشی از فعالیت‌های صنایع صنعتی به عنوان یکی از عوامل اصلی تهدیدکننده سلامت انسان و محیط زیست شناخته می‌شود (۱). صنایع صنعتی از طریق انتشار گازهای گلخانه‌ای، ذرات معلق، ترکیبات آلی فرّار و فلزات سنگین به هوا، آب و خاک، تأثیرات مخربی بر کیفیت زندگی افراد و سلامت جوامع می‌گذارند (۲). یکی از مهم‌ترین پیامدهای این آلودگی‌ها، افزایش میزان بیماری‌های ریوی در جوامعی است که در نزدیکی مناطق صنعتی زندگی می‌کنند (۳). بیماری‌های ریوی نظیر آسم، برونشیت مزمن، فیبروز ریوی و سرطان ریه از جمله پیامدهای مستقیم و غیرمستقیم مواجهه با آلاینده‌های صنعتی هستند. آلاینده‌های هوا که به‌طور گسترده توسط صنایع تولید می‌شوند، شامل دی‌اکسید گوگرد، اکسیدهای نیتروژن، کربن مونوکسید، ذرات معلق و ترکیبات آلی مضر هستند (۴). این مواد می‌توانند از طریق تنفس وارد ریه‌ها شده و با ایجاد التهاب، کاهش عملکرد ریه و آسیب به بافت‌های آن، سلامت سیستم تنفسی را به‌طور جدی تهدید کنند (۵). در مناطقی که تراکم صنایع بیشتر است، افزایش شیوع بیماری‌های ریوی و کاهش کیفیت زندگی افراد، به‌ویژه کودکان، سالمندان و افراد دارای بیماری‌های زمینه‌ای، به‌وضوح قابل مشاهده است (۶). این مسئله به‌طور خاص در کشورهایی که استانداردهای زیست‌محیطی به درستی رعایت نمی‌شوند یا پایش مداوم کیفیت هوا وجود ندارد، بحرانی‌تر است (۷). علاوه بر این، در جوامع حاشیه‌نشین که به دلایل اقتصادی و اجتماعی در نزدیکی صنایع مستقر هستند، تأثیر آلودگی به مراتب شدیدتر است و این گروه‌ها به دلیل دسترسی محدود به خدمات بهداشتی و آگاهی پایین از خطرات، آسیب‌پذیری بیشتری نشان می‌دهند (۸). اهمیت بررسی این موضوع از آنجا ناشی می‌شود که آلودگی هوا یکی از عوامل قابل پیشگیری در افزایش بیماری‌های ریوی است (۹). با شناسایی منابع آلودگی، بررسی اثرات آن بر سلامت جوامع و ارائه راهکارهای مؤثر برای کاهش آلودگی صنعتی، می‌توان گامی مؤثر در راستای ارتقای سلامت عمومی و حفاظت از محیط زیست برداشت (۱۰). بنابراین، پرداختن به این مسئله نه تنها در سطح علمی و تحقیقاتی، بلکه در سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌های اجرایی برای توسعه پایدار ضروری است (۱۱).

کارخانه آلومینیوم شهر اراک که ساخت آن در دهه‌ها قبل یعنی دهه ۵۰ می‌باشد با توجه به فاصله آن از شهر اراک در اطراف این کارخانه طی مصوب‌های زیست محیط اطراف این کارخانه به شعاع ۵ کیلومتر درخت کاری مصوب شده بود که این کار در محدودی شهرک الهیه، شهرک امین و امیریه و همچنین اطراف کارخانه به شکل مناسبی صورت گرفته بود اما در دهه ۷۰ تاکنون کارخانه با واگذاری این زمین‌ها زمینه‌ی حذف این درختان را فراهم آورد.

آلودگی ناشی از فعالیت کارخانه‌های آلومینیوم یکی از نگرانی‌های جدی در حوزه سلامت عمومی و محیط زیست است (۱۲). این صنایع با تولید آلاینده‌های مختلف از جمله ذرات معلق، گازهای سمی مانند فلوراید‌ها، اکسیدهای نیتروژن و گوگرد، و همچنین ترکیبات فلزی مانند آلومینیوم و مواد شیمیایی دیگر، به‌طور مستقیم و غیرمستقیم بر سلامت انسان و کیفیت هوا تأثیر می‌گذارند (۱۳). بررسی‌ها نشان داده‌اند که انتشار این آلاینده‌ها می‌تواند با افزایش شیوع بیماری‌های ریوی و حتی مرگ‌ومیر مرتبط باشد (۱۴).

یکی از مهم‌ترین آلاینده‌های منتشرشده از کارخانه‌های آلومینیوم، ذرات معلق ریز PM10 و PM2.5 است که به راحتی وارد سیستم تنفسی می‌شوند (۱۵). این ذرات، علاوه بر ایجاد التهاب در بافت‌های ریه، می‌توانند موجب کاهش ظرفیت تنفسی، برونشیت مزمن و در موارد شدیدتر، سرطان ریه شوند. فلوراید‌های آزادشده از این صنایع نیز عامل مهم دیگری هستند که می‌توانند با رسوب در بافت‌های بدن، اثرات مخربی بر سیستم تنفسی و اسکلتی داشته باشند (۱۶). علاوه بر این، قرارگیری طولانی‌مدت در معرض آلومینیوم می‌تواند سیستم ایمنی بدن را تضعیف کرده و حساسیت به بیماری‌های عفونی را افزایش دهد. مطالعات انجام‌شده در مناطق مجاور کارخانه‌های آلومینیوم نشان داده‌اند که نرخ مرگ‌ومیر ناشی از بیماری‌های ریوی در این مناطق به‌طور معناداری بالاتر از مناطق دیگر است (۱۷). افرادی که در نزدیکی این کارخانه‌ها زندگی می‌کنند، به دلیل مواجهه مداوم با آلاینده‌ها، در معرض خطر بیشتری قرار دارند. گروه‌های آسیب‌پذیر مانند

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2025-09-03]

کودکان، سالمندان و افرادی که دارای بیماری‌های مزمن هستند، بیشترین آسیب را تجربه می‌کنند. این وضعیت در کشورهایی که استانداردهای زیست‌محیطی ضعیف‌تر هستند یا نظارت دقیقی بر عملکرد صنایع وجود ندارد، بحرانی‌تر است. کمبود فضای سبز در اطراف کارخانه‌ها، نبود تکنولوژی‌های تصفیه آلاینده‌ها و عدم آگاهی عمومی از خطرات این آلودگی‌ها، از جمله عواملی هستند که بر شدت این مشکل می‌افزایند. تأثیرات این آلودگی‌ها تنها به سلامت جسمی محدود نمی‌شود، بلکه هزینه‌های اقتصادی سنگینی نیز به جامعه تحمیل می‌کند (۱۸). افزایش هزینه‌های درمانی، کاهش بهره‌وری نیروی کار و کاهش کیفیت زندگی از جمله پیامدهای غیرمستقیم این مسئله است (۱۹). بنابراین، اقدامات پیشگیرانه نظیر بهبود فرآیندهای صنعتی، استفاده از فیلترهای پیشرفته، توسعه فضای سبز و آموزش عمومی در خصوص اثرات مخرب این آلاینده‌ها می‌تواند نقش مؤثری در کاهش مرگ‌ومیر ناشی از بیماری‌های ریوی داشته باشد (۲۰).

با توجه به اینکه در خصوص تأثیر آلودگی صنایع صنعتی مانند کارخانه‌جات آلومینیم‌سازی بر بیماری‌های ریوی و مرگ و میر ناشی از آن اطلاعات اندکی وجود دارد لذا هدف این مطالعه بررسی نگرشی بر تأثیر آلودگی صنایع صنعتی در افزایش بیماری‌های ریوی و مرگ و میر ناشی از آن به شیوه توصیفی- تحلیلی بود.

روش کار

روش پژوهش توصیفی تحلیلی بود. جامعه آماری مطالعه، شهرستان اراک که امروزه به عنوان کلان شهر اراک مطرح می‌باشد بوده است. جامعه نمونه منطقه‌ای به شعاع ۱۰ کیلومتری اطراف کارخانه آلومینیوم و برای ایجاد رابطه سببیت بیماران خاص بیمارستان خوانساری و ولی عصر شهر اراک از سال ۱۳۹۰ تا سال ۱۳۹۵ مورد بررسی میدانی قرار گرفته است. اطلاعات اولیه جمعیت شهر اراک در جدول شماره ۱ ارائه گردید. همچنین پیرو این اقدام آماری در راستای انجام تحقیق، به بررسی سبزدانه‌های درختان اطراف کارخانه آلومینیوم در منطقه شهرک‌های الهیه و فاطمیه و امیریه بررسی دقیق سالیابی (دندروکرولوژی) و همچنین بررسی روش رشد آنها پرداخته شده است که سعی شده از اطلاعات جامعه‌ی متخصصین این امر استفاده گردد. در خصوص بیمارهای خاص با بررسی دقیق به علت و دلیل گسترش این بیمارها توجه شده است.

جدول ۱- جمعیت شهر اراک

منطقه شهری	تعداد خانوار	جمعیت	زن	مرد
یک	۴۸۳۲۰	۱۵۲۶۸۴	۷۶۵۷۱	۷۶۱۱۳
دو	۴۹۲۵۷	۱۵۹۹۷۹	۷۹۹۳۵	۸۰۰۴۴
سه و بافت تاریخی	۵۰۶۷۲	۱۷۱۵۴۹	۸۳۰۹۲	۸۸۴۵۷
کوهرود	۸۷۸۲	۲۹۷۲۱	۱۴۵۸۸	۱۵۱۳۳
سنجان	۳۷۳۰	۱۲۲۴۹	۶۰۵۹	۶۱۹۰

یافته‌ها

مواد سمی تولید شده از این کارخانه در دو گروه دسته بندی شد:

مواد سمی از نوع سوخت کارخانه: در دسته اول همانطوریکه در مقدمه بیان شده نوع سوخت بسیار مهم است مسئولین کارخانه برای سود بیشتر سعی و تلاش دارند که از نفت کور و گازوئیل استفاده نمایند؛ با اینکه اداره محیط زیست چندین بار و همچنین دانشگاه علوم پزشکی اراک در این خصوص یادآوری نموده‌اند که این نوع سوخت با این حجم علاوه بر ضربات غیر قابل جبران به محیط زیست منطقه، در آلودگی هواهم بسیار موثر می‌باشد؛ به طوریکه رنگ سبز درختان منطقه که اکثریت این درختان از نوع بِس بوده در ارتفاع آنها و همچنین در نوع سبزدانه‌های این درختان تاثیر داشته و رشد آنها را بسیار بسیار کند نموده است به طوریکه معمولاً قطره این درختان از نظر سالیابی درختان (دندروکرنولوژی) بین ۳۵ تا ۶۰ سالنت می‌باشد؛ در صورتیکه درختان با عمر ۱۵ سال این منطقه قطره آنها بین ۱۵ و ۲۵ سانت است که این نشان از آلودگی محیط منطقه است. پس سوخت گازوئیل و نفت کور در این حجم این تاثیر آشکار را بر روی درختان دارد. وقتی این حقیقت آشکارتر می‌گردد که بدانیم میزان احتیاج بدن انسان به اکسیژن چه مقدار می‌باشد؛ انسان در روز، حدود ۲۲/۶۵کیلوگرم هوا برای تامین اکسیژن مورد نیاز

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2025-09-03]

خوداحتیاج دارد؛ مقدار غذایی را که انسان در روز مصرف می‌کند می‌توان ۱/۵کیلوگرم تخمین زد، بنابراین، مقدار هوای مورد مصرف ۱۵تا۲۰ برابر غذای مصرفی است. این امر بیان کننده‌ی آن است که باید غلظت آلودگی هوا در مقایسه با آلودگی غذا لااقل به همان نسبت کمتر باشد.

مواد سمی از روش تولید کارخانه: تولید این کارخانه آلومینیوم می‌باشد آلومینیوم در آلودگی محیط زیست بسیار موثر بوده و این زمانی است که در تولید آن دقتی نگردد. وقتی تولید آلومینیوم بدون محافظ کوره تولید شود سمی به نام سم بازوت و همچنین سم آلومین تولید می‌کند این دو سم در کنار ۱۰ سم دیگر که به این روش تولید می‌شود بسیار موثر می باشد. البته طبق نظر دانشگاه علوم پزشکی و همچنین محیط زیست این دو سم در مرگ و میر مردم و همچنین آلودگی محیط زیست بسیار تاثیر دارد. به طوری که این دو سم در روی درختان بِس این منطقه تا شعاع ۱۵ کیلومتری اطراف کارخانه در تغییر رنگ دانه‌های درختان بسیار موثر بوده و همچنین در کوتاه شدن قد درختان که باید قد درختان از این نوع بین ۳ تا۵ متر باشد در حالیکه قد درختان تا شعاع ۱۰ کیلومتری اطراف کارخانه بین ۱ تا یک نیم متر شده‌اند وکم برگ شدن درختان یکی از آسیب‌های قابل توجه در این درختان همچنین پوسیدگی بدنه درختان بسیار زود شروع شده است به طوریکه عمر این درختان از ۱۵۰ تا۲۰۰ سال به ۱۰ تا ۱۵ سال رسیده است. اما تاثیر این دو سم بر روی انسان که در دو قسمت داخل کارخانه و بیرون از آن تاثیر یکسانی داشته و دارد یعنی اینکه نزدیکی و و دوری از کارخانه تا شعاع ۱۵ کیلومتری کارخانه به یک صورت می‌باشد. این سم باعث بیماری‌های بسیار خطرناکی شده است به طوریکه آمار اعلام شده از سوی دانشگاه علوم پزشکی اراک و همچنین بیمارستان خوانساری اراک از سال ۱۳۸۰ تا سال ۱۳۹۲ میزان این بیمارها در شهر اراک حدود ۲۵ درصد افزایش نشان داده است و میزان مرگ و میر توسط این بیمارها در شهر اراک هر سال بین ۱۵ تا۲۵ نفر می‌باشد که متاسفانه عدم توجه به این نکته باعث افزایش این نرخ مرگ و میر شده است.

برونشیت مزمن: قرار گرفتن طولانی‌مدت در معرض ذرات معلق و گازهای مضر (مانند فلوراید و اکسیدهای نیتروژن) که از کارخانه‌های آلومینیوم‌سازی منتشر می‌شوند، می‌تواند موجب التهاب مجاری تنفسی شود. این التهاب منجر به تولید بیش‌ازحد مخاط و انسداد مسیرهای هوایی می‌شود که در نتیجه آن، فرد به سرفه مداوم و تنگی نفس مبتلا می‌شود.

آسم شغلی: کارگران و افرادی که در نزدیکی کارخانه‌های آلومینیوم زندگی می‌کنند، به دلیل استنشاق گازهای تحریک‌کننده (مانند فلورایدها و ترکیبات آلی فرّار)، در معرض خطر ابتلا به آسم شغلی هستند. این بیماری با علائمی چون تنگی نفس، خس‌خس سینه و سرفه مکرر همراه است و می‌تواند کیفیت زندگی را به شدت کاهش دهد.

فیبروز ریوی: استنشاق مداوم گردوغبار آلومینیوم و ذرات معلق می‌تواند به زخم شدن و ضخیم شدن بافت ریه‌ها منجر شود. این بیماری که به فیبروز ریوی معروف است، باعث کاهش ظرفیت تنفسی و سختی در تنفس عمیق می‌شود. این وضعیت می‌تواند پیش‌رونده باشد و در موارد شدید، به نارسایی تنفسی منجر شود.

سرطان ریه: مواجهه طولانی‌مدت با آلاینده‌های سرطان‌زا مانند ذرات فلزات سنگین (مانند آلومینیوم و فلوراید) و مواد شیمیایی منتشرشده از کارخانه‌های آلومینیوم، خطر ابتلا به سرطان ریه را افزایش می‌دهد. این ارتباط در مطالعات مختلف به‌ویژه در میان کارگران این صنایع به اثبات رسیده است.

برونشیولیت انسدادی: این بیماری، ناشی از التهاب و انسداد مجاری هوایی کوچک در ریه‌ها است که معمولاً به دلیل استنشاق مواد شیمیایی سمی مانند گازهای فلوراید رخ می‌دهد. علائم شامل سرفه مزمن و تنگی نفس است و می‌تواند به کاهش عملکرد ریوی منجر شود.

بیماری انسدادی مزمن ریوی: آلاینده‌های صنعتی، به‌ویژه ذرات معلق کوچک PM10 و PM2.5 و گازهای مضر، می‌توانند خطر بیماری انسدادی مزمن ریوی (ترکیبی از برونشیت مزمن و آمفیزم) را افزایش دهند.

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2025-09-03]

این بیماری باعث محدود شـــدن جریان هوا در ریه‌ها می‌شـــود و علائمی مـانـنـد تنگی نفس، خس‌خس و خستگی شدید را به همراه دارد.

پنوموکونیوز آلومینیوم: این یـک بیمـاری خـاص شـغلی اسـت که به دلیل اسـتنشـاق مداوم گردوغبار آلومینیوم ایجـاد می‌شـــود. ذرات آلومینیوم در ریـه‌ها رســوب کرده و به تخریب بافت ریوی و کاهش ظرفیت تنفسی منجر می‌شوند.

ســـندرم فلورلید ریه: مواجهه طولانی با گازهای فلوراید منتشـــرشـــده از کارخانه‌های آلومینیوم می‌تواند باعث تجمع فلوراید در بدن شود. این تجمع ممکن است موجب آســـیب به بافت ریه و ایجاد علائمی نظیر تنگی نفس، خستگی و سرفه شود.

عفونت‌های تنفســـی مکرر: آلودگی‌های صـــنعتی، سیستم ایمنی بدن را تضعیف کرده و ریه‌ها را نسبت به عفونت‌های باکتریایی و ویروسـی آسـیب‌پذیرتر می‌کنند. افرادی که در نزدیکی کارخانه‌های آلومینیوم‌ســـازی زندگی می‌کنند، بیشـــتر دچار عفونت‌های ریوی مانند ذات‌الریه می‌شوند.

در تولید آلومینیوم در روش جدید با توجه به دربسته بودن کوره‌ها و همچنین محافظت از خروجی گازها در زمان تبخیر و تولید و دفع مدرن این بخارت و همچنین تولید برق از این بخارات باعث شـــده که میزان آلودگی در خصـوص سـم‌های مطرح شـده در روش مدرن میزان خروجی بین ۰ تا ۱ باشـد و شـعاع این آلودگی فقط در سـالن تولید بوده که نیرو کار با زدن یک ماکس سـاده می‌توانـد از آلودگی بـا این میزان کم هم جلوگیری نمایند. اما در روش سـنتی این میزان آلودگی ۷۵ تا ۸۵ درصـد می‌باشـد که در نوع سـوخت گازی این میزان تا ۳۵ درصد بوده و در سم‌های تولید شده این میزان بین ۸۵ تا ۸۷/۵ درصـد بوده اسـت که تاثیر آن تا شـعاع ۲۰ کیلومتری اطراف کارخانه حدود ۷۰ تا ۸۳ درصـــد و از این فاصـــله تا شـــعاع ۴۰ تا ۵۹ کیلومتری حدود ۵۰ تا ۷۶/۴ درصد می‌باشد که وزش باد در روزهای مختلف در شـــعاع ۴۰ تا ۵۹ کیلومتری میزان تاثیر را تا ۷۰ تا۸۱ درصد افزایش می‌دهد.

قانون هوای پاک به عنوان یک قانون جدیدتر، وظایف صـنایع و کارخانه‌ها را در خصـوص کاهش آلودگی هوا و نصـب تجهیزات کنترلی مشـخص کرده اسـت. این قانون تأکید دارد که صـنایع آلاینده باید به صـورت مسـتمر آلاینده‌های خود را پایش کنند و در صـورت عدم رعایت ضـوابط، به مجازات‌های مختلفی از جمله جریمه نقدی یا تعلیق فعالیت محکوم می‌شوند. قانون مجازات اسلامی نیز هرگونه اقدامی که تهدید علیه بهداشـــت عمومی محسـوب شـود، مانند آلودگی هوا، آب یا خاک، را جرم می‌دانـد و برای مرتکبین آن مجـازات حبس یـا جزای نقدی در نظر گرفته اســـت. تشـــخیص این تخلفات بر عهده نهادهایی چون وزارت بهداشـت و سـازمان حفاظت محیط زیست است.

از منظر حقوق مـدنی و مســـئولیـت مـدنی، اگر آلودگی‌های کارخانه‌های آلومینیوم‌ســـازی به ســـلامت افراد آســـیب برســـاند، بر اســـاس قوانین موجود، افراد آســـیب‌دیده حق دارند برای جبران خســـارت به مراجع قضـــایی مراجعه کنند. قانون مدنی و قانون مســـئولیت مدنی نیز بر جبران خســـارت‌های وارده به افراد تأکید دارند. علاوه بر این، آیین‌نامه‌های اجرایی و ارزیابی اثرات زیســـت‌محیطی نیز وظایف و تعهدات صـــنایع در زمینه پیشـگیری از آلودگی و رعایت ضـوابط زیسـت‌محیطی را مشـــخص کرده‌اند. این ضـــوابط شـــامل انجام ارزیابی زیسـت‌محیطی پیش از راه‌اندازی کارخانه و پایش مداوم فعالیت‌های صـنعتی اسـت. ضـمانت اجراهای قانونی برای برخورد با صـنایع آلاینده شـامل تعلیق فعالیت، الزام به نصـــب تجهیزات کاهش آلودگی، جریمه نقدی و حتی پرداخت خسـارت به افراد آسـیب‌دیده اسـت. اجرای این قوانین و مقررات نیازمند نظارت دقیق و برخورد قاطع با صـنایع متخلف اسـت. آگاهی‌بخشـی عمومی و مشـارکت شـــهروندان در پیگیری حقوق زیســـت‌محیطی می‌تواند تأثیر مهمی در کاهش آلودگی‌ها و پیامدهای آن داشـته باشد.

بحث

بحث در مورد آلودگی‌های نـاشـــی از کـارخـانـه‌های آلومینیوم‌ســـازی و پیامدهای آن بر ســـلامت عمومی و محیط زیست از زوایای مختلف علمی، اجتماعی، حقوقی

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2025-09-03]

و اقتصادی قابل بررسی است. این نوع آلودگی‌ها معمولاً شامل انتشار ذرات معلق، گازهای سمی مانند فلوریدها، اکسیدهای نیتروژن، دی‌اکسید گوگرد و فلزات سنگین است که پیامدهای گسترده‌ای برای سلامت انسان و اکوسیستم‌های طبیعی دارد. این یافته با نتایج پژوهشهای لیو (Liu) (۲۰۱۹) (۵)، چای (Chai) و همکاران (۲۰۲۲) (۱۵) و رودریگز فرناندز (Rodríguez-Fernández) و همکاران (۲۰۱۹) (۱۸) همخوان می‌باشد. بیماری‌های ریوی از جمله آسم، برونشیت مزمن، فیبروز ریه و سرطان ریه از جمله پیامدهای مستقیم این آلودگی‌ها به شمار می‌روند (۱۱).

از منظر علمی، ذرات معلق و گازهای آلاینده تولیدشده در کارخانه‌های آلومینیوم‌سازی وارد دستگاه تنفسی می‌شوند و می‌توانند باعث آسیب به بافت‌های ریوی و کاهش عملکرد ریه شوند (۲). همچنین، انتشار گاز فلورید و سایر آلاینده‌ها می‌تواند موجب تحریک مخاط دستگاه تنفسی و تشدید علائم بیماری‌های مزمن ریوی شود (۱۷). این آلاینده‌ها همچنین اثرات بلندمدتی بر سیستم ایمنی بدن دارند و می‌توانند منجر به افزایش حساسیت به عفونت‌ها شوند (۲۰). از منظر اجتماعی، گسترش بیماری‌های ناشی از آلودگی‌های صنعتی منجر به کاهش کیفیت زندگی افراد و افزایش هزینه‌های درمانی در جوامع می‌شود. ساکنین مناطق نزدیک به این کارخانه‌ها، به‌ویژه گروه‌های حساس مانند کودکان، سالمندان و افراد دارای بیماری‌های مزمن، بیشتر در معرض خطر قرار دارند (۸). کاهش قابلیت سکونت در این مناطق و مهاجرت اجباری افراد از جمله پیامدهای اجتماعی این آلودگی‌هاست که بر ساختار اجتماعی و اقتصادی منطقه تأثیر می‌گذارد (۱۶).

از منظر حقوقی، قوانین موجود در ایران مانند قانون هوای پاک، قانون حفاظت محیط زیست و قانون مجازات اسلامی، صنایع را ملزم به رعایت استانداردهای زیست‌محیطی و اتخاذ تدابیر لازم برای کاهش آلودگی کرده‌اند (۱۴). این قوانین ابزارهای قانونی برای مقابله با صنایع متخلف فراهم می‌آورند؛ بااین‌حال، مشکلاتی مانند ضعف در نظارت، نبود شفافیت در عملکرد کارخانه‌ها و عدم اجرای قاطعانه قوانین، اجرای مؤثر این مقررات را با چالش مواجه می‌سازد. علاوه بر این، نقش نهادهای نظارتی و جامعه مدنی در پیگیری تخلفات زیست‌محیطی و افزایش آگاهی عمومی نسبت به حقوق شهروندان در این حوزه ضروری است (۱۹). از منظر اقتصادی، هزینه‌های ناشی از آلودگی‌های صنعتی بسیار چشمگیر است. این هزینه‌ها شامل هزینه‌های درمان بیماری‌ها، کاهش بهره‌وری نیروی کار، آسیب به محصولات کشاورزی و تخریب اکوسیستم‌ها می‌شود. در مقابل، سرمایه‌گذاری در فناوری‌های کاهش آلودگی و بهره‌گیری از روش‌های تولید پاک می‌تواند نه تنها از این هزینه‌ها بکاهد، بلکه موجب بهبود پایداری محیط زیست و ارتقای بهره‌وری صنایع نیز شود (۳). بنابراین، بحث و بررسی این موضوع نیازمند رویکردی چندجانبه است که در آن نقش صنایع، نهادهای دولتی، سازمان‌های غیر دولتی و شهروندان به‌طور همزمان در نظر گرفته شود (۱۳). استفاده از تکنولوژی‌های نوین برای کنترل آلودگی، اجرای دقیق‌تر قوانین زیست‌محیطی، شفافیت در عملکرد صنایع و آگاهی‌بخشی عمومی می‌تواند به کاهش آثار زیان‌بار این آلودگی‌ها کمک کند (۷). همچنین، انجام تحقیقات گسترده‌تر در مورد پیامدهای زیست‌محیطی و بهداشتی آلودگی‌های ناشی از کارخانه‌های آلومینیوم‌سازی می‌تواند زمینه‌ساز بهبود سیاست‌گذاری‌ها و تصمیم‌گیری‌های مبتنی بر شواهد باشد (۴).

نتیجه‌گیری

با توجه به اثرات گسترده آلودگی‌های ناشی از کارخانه‌های آلومینیوم‌سازی بر سلامت عمومی، محیط زیست، و ساختارهای اجتماعی و اقتصادی، می‌توان نتیجه گرفت که مقابله با این معضل نیازمند رویکردی جامع و چندبعدی است. پیامدهای این آلودگی‌ها، از جمله بیماری‌های ریوی، کاهش کیفیت زندگی، تخریب اکوسیستم‌ها و تحمیل هزینه‌های سنگین اقتصادی، ضرورت اتخاذ تدابیر پیشگیرانه و اصلاحی را دوچندان می‌کند. اجرای دقیق قوانین زیست‌محیطی، پایش مداوم عملکرد صنایع، و استفاده از فناوری‌های نوین برای کاهش آلودگی، از جمله گام‌های اساسی در این مسیر

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2025-09-03]

اســـت. همچنین، آگاهی‌بخشـــی عمومی، تقویت نظارت نهادهای مســـئول و مشـــارکت جامعه مدنی می‌تواند به کـاهش آثـار مخرب این آلودگی‌هـا کـمـک کـنـد. ســـرمایه‌گذاری در تولید پاک و پایدار نه‌تنها به حفظ ســـلامت افراد و محیط زیســـت کمک می‌کند، بلکه از منظر اقتصـادی نیز با کاهش هزینه‌های مرتبط با درمان و خسارات زیست‌محیطی، به‌عنوان یک راه‌حل بلندمدت مؤثر عمـل خواهـد کرد. در نهـایـت، تلفیق اقـدامـات پیشـــگیرانه، تقویت زیرســـاخت‌های حقوقی و نظارتی، و ترویج مســـئولیت‌پذیری اجتماعی، مســـیری پایدار برای مقابله با آلودگی‌های صـــنایع آلومینیوم‌ســـازی فراهم می‌کند.

References

1. Tsai HJ, Wu PY, Huang JC, Chen SC. Environmental Pollution and Chronic Kidney Disease. Int J Med Sci. 2021;18(5):1121-1129.
2. Xu X, Nie S, Ding H, Hou FF. Environmental pollution and kidney diseases. Nat Rev Nephrol. 2018;14(5):313-324.
3. Wu J, Wang H, Sun N, Wang H, Tatarinov D. International Criminal Law Protection of Environmental Rights and Sentencing Based on Artificial Intelligence. J Environ Public Health. 2022;2022:4064135.
4. Han F, Li J. Spatial Pattern and Spillover of Abatement Effect of Chinese Environmental Protection Tax Law on PM2.5 Pollution. Int J Environ Res Public Health. 2022;19(3):1440.
5. Liu Y, Li RL, Song Y, Zhang ZJ. The Role of Environmental Tax in Alleviating the Impact of Environmental Pollution on Residents' Happiness in China. Int J Environ Res Public Health. 2019;16(22):4574.
6. Yu C, Morotomi T. The effect of the revision and implementation for environmental protection law on ambient air quality in China. J Environ Manage. 2022;306:114437.
7. Lyu GZ, Xie YJ. [Reflection on rescue and treatment of mass burn patients involved in August 2nd Kunshan factory aluminum dust explosion accident]. Zhonghua Shao Shang Za Zhi. 2018;34(6):326-328. Chinese.
8. Jacobs K, Kligerman S. Immune-Mediated Lung Diseases. Semin Ultrasound CT MR. 2019;40(3):213-228.
9. Xie YJ, Zhu LH, Sun D, Lyu GZ. [Multi-disciplinary cooperative treatment and management experience of 35 patients with extremely severe burns involved in August 2nd Kunshan factory aluminum dust explosion accident]. Zhonghua Shao Shang Za Zhi. 2019;35(4):316-318. Chinese.
10. Ates N, Basak A. Selective removal of aluminum, nickel and chromium ions by polymeric resins and natural zeolite from anodic plating wastewater. Int J Environ Health Res. 2021;31(1):102-119.
11. Liu X, He W, Wang YY. [Clinical analysis and follow-up observation of nine cases of occupational chronic fluorosis in an aluminum factory]. Zhonghua Lao Dong Wei Sheng Zhi Ye Bing Za Zhi. 2021;39(6):442-444. Chinese.
12. Singh P, Mitra P, Goyal T, Kumar PVK, Sharma S, Sharma P. Effect of metallothionein 1A rs8052394 polymorphism on lead, cadmium, zinc, and aluminum levels in factory workers. Toxicol Ind Health. 2020;36(10):816-822.
13. Chen D, Nie W, Xiu Z, Yang B, Du T, Liu Q, Peng H. Research on environmental dust pollution: ventilation and dust space-time evolution law of a fully mechanized mining face with 7-m mining height. Environ Sci Pollut Res Int. 2022;29(22):33627-33644.
14. Grzywa-Celińska A, Krusiński A, Milanowski J. 'Smoging kills' - Effects of air pollution on human respiratory system. Ann Agric Environ Med. 2020;27(1):1-5.
15. Chai H. Analysis of the Coordination Relationship between the Green Principle of Civil Law and Environmental Law in Environmental Pollution and Ecological Destruction. J Environ Public Health. 2022;2022:2536704.
16. Guo B, Wang Y, Feng Y, Liang C, Tang L, Yao X, Hu F. The effects of environmental tax reform on urban air pollution: A quasi-natural experiment based on the Environmental Protection Tax Law. Front Public Health. 2022;10:967524.
17. de Aragão Umbuzeiro G, Collier TK. Environmental science and pollution research. Environ Sci Pollut Res Int. 2019;26(27):27555-27557.
18. Rodríguez-Fernández P, Prat-Aymerich C, Domínguez J. Interaction between Environmental Pollution and Respiratory Infections. Arch Bronconeumol (Engl Ed). 2019;55(7):351-352. English, Spanish.
19. Prata JC, da Costa JP, Lopes I, Duarte AC, Rocha-Santos T. Environmental exposure to microplastics: An overview on possible human health effects. Sci Total Environ. 2020;702:134455.
20. Barba T, Mainbourg S, Nasser M, Lega JC, Cottin V. Lung Diseases in Inflammatory Myopathies. Semin Respir Crit Care Med. 2019;40(2):255-270.

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2025-09-03]