

XIII KONFERENCJA NAUKOWA  
OCHRONA POWIETRZA W TEORII I PRAKTYCE  
Zakopane, 15-18 października 2024 r.

**KSIĄŻKA POSZERZONYCH  
ABSTRAKTÓW**



INSTYTUT PODSTAW INŻYNIERII ŚRODOWISKA  
POLSKIEJ AKADEMII NAUK  
ul. Marii Skłodowskiej-Curie 34, 41-819 Zabrze



PAN  
POLSKA AKADEMIA NAUK

Komitet  
Inżynierii Środowiska



XIII KONFERENCJA NAUKOWA  
OCHRONA POWIETRZA W TEORII I PRAKTYCE  
Zakopane, 15-18 października 2024 r.

# KSIĄŻKA POSZERZONYCH ABSTRAKTÓW

pod redakcją  
Patrycji Rogula-Kopiec, Wioletty Rogula-Kozłowskiej,  
Kamili Widziewicz-Rzońcy, Piotra Oskara Czechowskiego,  
Jana Stefana Bihałowicza

Zabrze 2024

## **KOMITET ORGANIZACYJNY**

dr inż. Patrycja Rogula – Kopiec - przewodniczący - IPIŚ PAN

dr inż. Kamila Widziewicz – Rzońca – sekretarz - IPIŚ PAN

dr inż. Katarzyna Janoszka - IPIŚ PAN

mgr Krzysztof Słaby - IPIŚ PAN

mgr inż. Dmytro Chyzhykov - IPIŚ PAN/PŚI

lic. Monika Błaszczak - IPIŚ PAN

## **KOMITET NAUKOWY**

prof. dr hab. inż. Artur Badyda, PW

dr inż. Jan Stefan Bijałowicz, APoż

dr hab. inż. Piotr Oskar Czechowski, IPIS PAN – Przewodniczący

dr hab. inż. Jacek Gębicki, PGd

dr hab. inż. Anita Lewandowska, UG

prof. dr hab. Rajmund Michalski, IPIS PAN

dr inż. Urszula Miller, PW

dr hab. inż. Grzegorz Majewski, SGGW

dr hab. inż. Aneta Oniszczyk-Jastrzębek, UG

dr hab. Aleksander Pietruczuk, IG PAN

dr hab. inż. Wioletta Rogula-Kozłowska, APoż – z-ca Przewodniczącego

dr hab. inż. Izabela Sówka, PWr

prof. dr hab. inż. Grzegorz Wielgosiński, PŁ

prof. dr hab. Lidia Wolska, GUMed

© *Copyright by Institute of Environmental Engineering of the Polish Academy of Sciences  
Zabrze, Poland 2024*

**ISBN 978-83-60877-29-6**

## **REDAKCJA**

Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska  
Polskiej Akademii Nauk  
ul. Marii Skłodowskiej-Curie 34, 41-819 Zabrze  
tel.: +48 32 271 64 81 tel.: +48 32 271 70 40  
ipis@ipispan.edu.pl

## **SKŁAD**

Jan Stefan Bijałowicz

## **DRUK I OPRAWA**

KRM DRUK MILLER Sp. k.  
03-876 Warszawa, Matuszewska 14 bud C1  
tel. +48 22 100 26 27, biuro@krmdruk.com, <https://www.krmdruk.com>

# SPIS TREŚCI

## SESJA 1. Infrastruktura badawcza ACTRIS-Polska

<i>Iwona S. Stachlewska, Anetta Drzeniecka-Osiadacz, Mariola Jabłońska, Aleksander Pietruczuk, Patryk Pocztą; Zintegrowane pomiary zdalne aerozoli atmosferycznych i chmur w ramach ACTRIS-Polska ....</i>	11
<i>Dominika M. Szczepanik; Wojciech Kumala; Ronny Engelmann; Iwona S. Stachlewska; Statystyka i właściwości optyczne napływów aerozolu pyłu pustynnego na podstawie danych lidarowych w Warszawie .....</i>	13
<i>Maciej Karasewicz; Afwan Hafiz; Zuzanna Rykowska; Prakash Mishra; Patryk Pocztą; Łucja Janicka; Artur Tomczak; Emeka Ugboma; Dongxiang Wang; Rafał Fortuna; Anetta Drzeniecka-Osiadacz; Krzysztof Klejnowski; Mirosław Zimnoch; Iwona S. Stachlewska; Własności optyczne smogu w polskich miastach – pomiary technikami zdalnymi .....</i>	14
<i>Łucja Janicka; Agnė Minderytė; Dominika M. Szczepanik; Emeka Ugboma; Patryk Pocztą; Rafał Fortuna; Anca Nemuc; Birgit Heese; Dirk Schüttemeier; Steigvilė Byčenkienė; Iwona S. Stachlewska; Wpływ imprez okolicznościowych na własności optyczne aerozoli atmosferycznych w miastach .....</i>	16
<i>Patryk Pocztą; Dongxiang Wang; Bogdan H. Chojnicki; Iwona S. Stachlewska; Przestrzenno-czasowa dyskryminacja rozpraszania i polaryzacji cząstek aerozoli i chmur przy użyciu synergii lidar, radaru i radiometru .....</i>	17
<i>Zuzanna Rykowska; Artur Tomczak; Alexandru Dandocsi; Jeni Vasilescu; Holger Baars; Iwona S. Stachlewska; Bioaerozole a zanieczyszczenie powietrza w środowisku miejskim .....</i>	19
<i>Aleksander Pietruczuk; Artur Szkop; Ilya Bruchkousky; Wykorzystanie nisko kosztowych czujników do profilowania atmosfery przy użyciu bezzałogowych statków powietrznych (BSP) .....</i>	20

## SESJA 2. Pyły i smog w miastach

<i>Rajmund Michalski; Działalność ESP EASAC w zakresie ochrony powietrza .....</i>	23
<i>Radim Seibert, Vladimira Volná, Dan Hladký, Blanka Krejčí; The PM10 source apportionment in the preferential corridor of CZ-PL pollution transport .....</i>	25
<i>Magdalena Reizer, Katarzyna Maciejewska, Barbara Błaszczak, Krzysztof Klejnowski; Analiza wpływu wdrożenia uchwały antysmogowej na jakość powietrza i zdrowie mieszkańców Warszawy .....</i>	26
<i>Peter Bächler, Achim Dittler, Frederik Weis, Sebastian Kohler, Tomas Prokop; Fine and Ultra-Fine Particles Monitoring in Urban Areas .....</i>	28
<i>Mateusz Rzeszutek, Jakub Bartyzel, Ewa Adamiec, Elżbieta Jarosz-Krzemińska, Janusz Zyśk, Tomasz Pelech-Pilichowski, Ada Brzoza-Zajęcka Calibration algorithms for optical methods measurements of particulate matter concentration (PM<sub>10</sub>) .....</i>	29
<i>Kamil Kaszowski, Wiesław Kaszowski, Jolanta Godłowska Wpływ parametryzacji modeli meteorologicznych i inwentaryzacji emisji na prognozy dyspersji zanieczyszczeń w Małopolsce .....</i>	30
<i>Joanna A. Kamińska, Joanna Kajewska-Szkuclarek; Splitting data w modelowaniu jakości powietrza ...</i>	32

## SESJA 3. Emisja spalin i problemy pożarowe

<i>Wiktor Wąsik, Agata Walczak, Piotr Piątek Ocena stężeń podstawowych składników spalin wytwarzanych przy spalaniu benzyny i benzyny alkilatowej .....</i>	35
<i>Karolina Paszcza, Mariola Jabłońska; Emisja pyłów z zapożarowanych składowisk odpadów pogórnicych na przykładzie hałdy w Bytomiu .....</i>	37
<i>Robert Oleniacz, Mateusz Rzeszutek Oszacowanie wielkości emisji i ocena wpływu na jakość powietrza pożaru magazynu odpadów niebezpiecznych w Zielonej Górze .....</i>	39
<i>Piotr Piątek, Wioletta Rogula-Kozłowska, Barbara Kozielska, Agata Walczak; Analiza porównawcza zanieczyszczenia związkami z grupy BTEX stref czystych i brudnych w wybranych jednostkach ratowniczo-gaśniczych na terenie m.st. Warszawy .....</i>	41
<i>Barbara Kozielska, Wioletta Rogula-Kozłowska, Piotr Piątek; Ubrania specjalne strażaków jako potencjalne źródło emisji benzenu i jego pochodnych wewnątrz pomieszczeń .....</i>	43
<i>Robert Piec; Zachowania się obłoku LNG w zmiennych warunkach atmosferycznych .....</i>	45

## **SESJA 4. Pochodzenie zanieczyszczeń i działania proekologiczne**

<i>Lucia Bustin, Miroslav Badida, Lýdia Sobotová, Miroslava Badidová, Emilia Hroncová, Juraj Ladomerský, Torsten Tritscher; Assessing potential health risks of nanoparticle emissions released during industrial metal laser cutting process .....</i>	49
<i>Tomasz Mach; Skład pierwiastkowy PM badany z wysoką rozdzielczością czasową (0,5-1h) jako narzędzie w ocenie pochodzenia zanieczyszczeń pyłowych powietrza wybranych regionów Polski .....</i>	52
<i>Justyna Czerwińska, Grzegorz Wielgoskiński Wpływ wybranych parametrów na proces suchego odsiarczania spalin .....</i>	53
<i>Janusz Jarosławski, Wioletta Jackiewicz-Rek, Hubert Witkowski, Maciej Kalinowski, Karol Chilmon; Redukcja stężeń zanieczyszczeń powietrza otaczającego za pomocą innowacyjnych materiałów fotokatalitycznych .....</i>	55
<i>Anita Lewandowska, Michalina Bielawska; Ładunek azotu nieorganicznego wprowadzany w rejonie Gdyni z mokrą depozycją do Morza Bałtyckiego w latach 2005-2006 oraz 2019-2020 .....</i>	56

## **SESJA 5. Monitoring jakości powietrza, emisja odorów**

<i>Joanna Strużewska, Karol Przędziecki, Paweł Durka, Grzegorz Jeleniewicz, Aneta Gienibor; Krajowy Program Współpracy Serwisu Monitoringu Atmosfery Copernicus: źródło danych dla administracji, platforma współpracy naukowej oraz narzędzie otwartej edukacji .....</i>	60
<i>Jan Stefan Białowicz, Wioletta Rogula-Kozłowska, Artur Badyda, Grzegorz Majewski, Barbara Klik; Jakość powietrza w trakcie SYLWESTRA 2022/2023 – analiza składu frakcyjnego pyłu w różnych punktach aglomeracji warszawskiej .....</i>	61
<i>Michalina Bielawska, Anita Lewandowska, Martyna Malinowska; Refleksja nad jakością powietrza w Trójmieście przed, w trakcie i po pandemii COVID-19 .....</i>	63
<i>Izabela Sówka, Justyna Jońca, Urszula Miller, Magdalena Wróbel, Yaroslav Bezyk, Elżbieta Romanik, Beata Merenda, Julia Kaszubowska; Analiza przydatności wybranych metod pomiarowych i obliczeniowych w ocenie zapachowego oddziaływania obiektów gospodarki komunalnej .....</i>	64
<i>Marta Wiśniewska; Zastosowanie detektora Dräger X-pid® 9500 w odorymetrycznych badaniach terenowych .....</i>	66

## SESJA POSTEROWA 1

<i>Barbara Błaszczak, Krzysztof Klejnowski; Zmienność stężeń sadzy w powietrzu atmosferycznym – wyniki długoterminowych pomiarów automatycznych na wybranych stanowiskach południowej Polski</i> .....	70
<i>Barbara Błaszczak, Barbara Mathews; Zróżnicowanie składu chemicznego pyłu zawieszonego i pyłu wymywanego przez opady atmosferyczne – wyniki rocznej kampanii pomiarowej w środowisku miejskim</i> .....	72
<i>Dominik Dobrzyniewski, Edyta Słupek, Patrycja Makoś-Chelstowska, Bartosz Szulczyński, Jacek Gębicki; Monitorowanie procesu absorpcyjnego oczyszczania strumienia powietrza z wykorzystaniem matryc czujników gazowych i chromatografii gazowej</i> .....	74
<i>Anetta Drzeniecka-Osiadacz, Tymoteusz Sawiński; Czasowa zmienność stężenia sadzy (BC) we Wrocławiu</i> .....	74
<i>Katarzyna Jaworek, Barbara Błaszczak, Justyna Klyta, Barbara Mathews, Katarzyna Stahl, Joanna Kernert Przestrzenna heterogeniczność drobnego aerozolu atmosferycznego na pograniczu polsko-czeskim</i> .....	77
<i>Piotr Kępa, Jan Bihalowicz, Artur Badyda, Anna Piórkowska; Analiza i ocena kompleksowego ryzyka nowotworowego związanego z narażeniem na zanieczyszczenia powstające w procesie wędzenia</i> .....	79
<i>Justyna Klyta, Katarzyna Jaworek, Katarzyna Janoszka; Identyfikacja związków charakterystycznych dla wtórnego aerozolu organicznego</i> .....	81
<i>Katarzyna Maciejewska, Magdalena Reizer, Michał Kapusta; Analiza rozkładu stężeń ultradrobnych cząstek pyłu zawieszonego w środowisku miejskim</i> .....	83
<i>Katarzyna Maciejewska, Magdalena Reizer, Olga Karwowska, Jerzy Sowa Analiza porównawcza stężeń różnych frakcji pyłu zawieszonego w powietrzu atmosferycznym i wewnętrznym</i> .....	84
<i>Grzegorz Majewski, Karolina B. Dąbrowska, Barbara Klik; Wpływ aerozoli atmosferycznych na wielkość dopływu energii słonecznej w południowej części Warszawy</i> .....	85
<i>Grzegorz Majewski, Barbara Klik, Andrzej Brandyk, Ernesta Liniauskienė, Maja Radziemska, W. Rogula-Kozłowska; Benzo(a)piren w powietrzu Polski: analiza zależności i ocena ryzyka zdrowotnego</i> .....	86
<i>Beata Merenda, Izabela Sówka, Anita Lewandowska, Lucyna Samek, Katarzyna Słyszko; Węgiel organiczny i elementarny w wybranych frakcjach pyłu zawieszonego na terenie miejscowości uzdrowskiej Dolnego Śląska</i> .....	87
<i>Ewa Mischczak, Sebastian Stefaniak, Irena Twardowska; Określenie udziału depozycji atmosferycznej chromu, miedzi i niklu w glebach z wykorzystaniem torfowisk ombrotroficznych jako naturalnych archiwów</i> .....	88
<i>Patrycja Rogula-Kopiec, Katarzyna Janoszka, Barbara Błaszczak, Piotr Oskar Czechowski, Wioletta Rogula-Kozłowska; Ftalany w powietrzu salonów kosmetycznych: wstępne badania</i> .....	89
<i>Patrycja Rogula-Kopiec, Kamila Widziewicz-Rzońca, Artur Badyda, Wioletta Rogula-Kozłowska, Jan Stefan Bihalowicz, Barbara Mathews, Grzegorz Majewski, Piotr Oskar Czechowski; Węgiel organiczny i elementarny w powietrzu salonów kosmetycznych</i> .....	90
<i>Wioletta Rogula-Kozłowska, Jan Stefan Bihalowicz, Grzegorz Majewski, Patrycja Rogula-Kopiec, Katarzyna Grygoyć; Niepewności oznaczenia stężeń pierwiastków w pyłe jako czynnik determinujący ocenę pochodzenia pyłu</i> .....	92
<i>Justyna Rybak, Magdalena Wróbel Toksyczność miejskich pyłów drogowych</i> .....	94
<i>Tymoteusz Sawiński, Anetta Drzeniecka-Osiadacz, Magdalena Korzystka-Muskała, Marek Kowalczyk, Joanna Kubicka, Piotr Modzel, Sandra Nguyen Van, Michał Dudek; Potencjał sieci pomiarowej Projektu LIFE-MAPPINGAIR/PL w analizach klimatu miasta na przykładzie Wrocławia</i> .....	96
<i>Bartosz Szulczyński, Piotr Rybarczyk, Karolina Kucharska, Krzysztof Cichon, Dominik Dobrzyniewski, Jacek Gębicki; Metody poprawy efektywności usuwania związków z grupy BTEX ze strumienia powietrza w biofiltrach ze złożem zraszanym</i> .....	97
<i>Malwina Tytła, Katarzyna Grygoyć; Metale w pokrywie śnieżnej na obszarze miejskim</i> .....	98
<i>Marzena Wanagos; Znaczenie marketingowe proekologicznych rozwiązań w zarządzaniu przedsiębiorstwem hotelarskim</i> .....	99

## SESJA POSTEROWA 2

<i>Jan Stefan Białowicz, Wioletta Rogula-Kozłowska</i> ; Wzrost ryzyka wystąpienia nowotworu a przekroczenia poziomów substancji w powietrzu w sytuacji pożaru składowiska odpadów.....	102
<i>Jan Stefan Białowicz, Artur Badyda, Wioletta Rogula-Kozłowska, Kamila Widziewicz-Rzońca, Patrycja Rogula-Kopiec, Dmytro Chyzykov, Grzegorz Majewski, Mariusz Pecio</i> ; Pył zawieszony podczas przygotowywania potraw na grillu elektrycznym .....	104
<i>Dmytro Chyzykov, Kamila Widziewicz-Rzońca, Piotr Oskar Czechowski</i> ; Evaluating the Mass Stability of PM Filters Under Controlled Conditions: Insights for Enhanced Air Quality Measurement .....	106
<i>Piotr O. Czechowski, Anna Romanowska, Tomasz Owczarek</i> ; Model wpływu zanieczyszczeń powietrza i innych czynników środowiskowych na ceny nieruchomości w Warszawie w latach 2010-2020.....	108
<i>Agnieszka Dzieniszewska, Magdalena Pająk, Joanna Kyzioł-Komosińska</i> ; Usuwanie barwnika anionowego Acid Black 1 z roztworów wodnych za pomocą rudy darniowej.....	110
<i>Katarzyna Grygoyć</i> ; Antymon jako wskaźnik wpływu antropogenicznego na jakość powietrza atmosferycznego .....	112
<i>Goran Gržinić, Artur Łopatka, Ewa Olkowska, Agnieszka Klimkowicz-Pawlas, Lidia Wolska</i> ; Impact of intensive poultry farming on atmospheric (PM) pollution in rural environments.....	113
<i>Magdalena Jabłońska-Czapla</i> ; Pierwiastki krytyczne dla technologii jako nowe zanieczyszczenia powietrza .....	114
<i>Krzysztof Klejnowski, Barbara Błaszczak, Krzysztof Słaby</i> ; Badanie emisji amoniaku i siarkowodoru w rejonie obiektów intensywnej hodowli drobiu.....	116
<i>Barbara Kozielska, Anna Poloczek</i> ; Stężenie wybranych lotnych związków organicznych w kabinach używanych samochodów .....	118
<i>Urszula Miller, Jacek Dziubek</i> ; Zastosowanie procesu fluidyzacji w oczyszczaniu gazów .....	120
<i>Ewa Olkowska, Lidia Wolska</i> ; Lotne związki organiczne wchodzące w skład powietrza wewnątrz budynków gospodarczych przeznaczonych do hodowli drobiu.....	121
<i>Magdalena Pająk, Agnieszka Dzieniszewska</i> ; Pył metalurgiczny jako skuteczny adsorbent do usuwania barwnika Acid Black 1 z roztworów wodnych.....	122
<i>Alina Pohl, Katarzyna Janoszka, Zuzanna Bernas</i> ; Zawartość ftalanów w próbkach śniegu pobranych z terenów miejskich.....	124
<i>Marzena Rachwał, Magdalena Penkała, Wioletta Rogula-Kozłowska, Małgorzata Wawer-Liszka, Aneta Łukaszek-Chmielewska, Joanna Rakowska</i> ; Podatność magnetyczna pyłów drogowych z dróg o różnych nawierzchniach.....	125
<i>Wioletta Rogula-Kozłowska, Jan Stefan Białowicz, Joanna Białowicz, Justyna Rybak, Magdalena Wróbel, Maja Radziemska, Martin Brtnický, Jiri Holatko, Agata Walczak</i> ; Właściwości mutagenne pyłu w garażach podziemnych.....	126
<i>Wioletta Rogula-Kozłowska, Magdalena Penkała, Jan Stefan Białowicz, Patrycja Rogula-Kopiec, Joanna Białowicz</i> ; Ocena różnic stężeń pierwiastków w pyłe pobranym z nawierzchni dróg w Polsce w punktach przy i poza ekranami akustycznymi.....	128
<i>Zdzisław Salamonowicz, Bartosz Kierepka, Anna Dmochowska, Rafał Matuszkiewicz</i> ; Numeryczne symulacje rozprzestrzeniania metanu po awaryjnym uwolnieniu z rurociągu.....	129
<i>Tomasz Wasilewski</i> ; VOCs detection using molecularly imprinted polymers .....	130
<i>Dominika M. Szczepanik, Karol Deptuła, Joanna Rakowska, Iwona S. Stachlewska</i> ; Poprawa jakości powietrza w sezonie zimowym – miasto vs. tereny podmiejskie aglomeracji warszawskiej.....	131
<i>Vladimíra Volná, Daniel Hladký, Radim Seibert, Blanka Krejčí</i> Identification of causes of sulphur dioxide air pollution in Český Těšín (in the CZ-PL border area) .....	132
<i>Tomasz Wasilewski</i> ; VOCs detection using molecularly imprinted polymers .....	133
<i>George Yandem</i> ; Fly Ash as a Source of Germanium: Advances and Challenges.....	134



**SESJA 1. INFRASTRUKTURA BADAWCZA  
ACTRIS-POLSKA**



---

## Zintegrowane pomiary zdalne aerozoli atmosferycznych i chmur w ramach ACTRIS-Polska

---

Iwona S. Stachlewska<sup>1\*</sup>, Anetta Drzeniecka-Osiadacz<sup>2</sup>, Mariola Jabłońska<sup>3</sup>,  
Aleksander Pietruczuk<sup>4</sup>, Patryk Poczta<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski, ul. Ludwika Pasteura 5, 02-093 Warszawa, Polska; iwona.stachlewska@fuw.edu.pl

<sup>2</sup> Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego, Wydział Nauk o Ziemi i Kształtowaniu Środowiska, Uniwersytet Wrocławski, pl. Uniwersytecki 1, 50-137 Wrocław, Polska

<sup>3</sup> Uniwersyteckie Laboratoria Kontroli Atmosfery, Wydział Przyrodniczy, Uniwersytet Śląski w Katowicach, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec, Polska

<sup>4</sup> Zakład Fizyki Atmosfery, Instytut Geofizyki Polskiej Akademii Nauk, ul. Księcia Janusza 64, 01-452 Warszawa, Polska

<sup>5</sup> Pracownia Bioklimatologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Piątkowska 94B, 60-649 Poznań

### ABSTRAKT

Europejska infrastruktura badawcza Aerozoli, Chmur i Gazów Śladowych ACTRIS-ERIC [1] to sieć najnowocześniejszych stacji badawczych, która dzięki standaryzacji i unifikacji technik pomiarowych i instrumentów badawczych, zapewnia najwyższej jakości dane pomiarowe i wyniki badań. Co więcej, stosowanie regularnych testów jakości dostarczanych danych (QC/QA) [2], czyni ACTRIS przedsięwzięciem unikatowym, zapewniającym możliwość poprawnego porównywania wyników otrzymywanych z różnych stacji badawczych.

Postępująca automatyzacja procesów dostarczania i analizy danych pomiarowych umożliwia sondowanie stanu atmosfery w quazi-rzeczywistym czasie. Dzięki temu dane dostarczane przez ACTRIS cieszą się coraz większym zainteresowaniem takich organizacji jak ECMWF Copernicus, ESA, EUMETSAT.

Stosowanie synergii wielu instrumentów pomiarowych w ramach jednej stacji badawczej to niezliczone zalety. W przypadku badań nad własnościami aerozoli atmosferycznych i chmur, najważniejszymi instrumentami są lidary ramanowskie i dopplerowskie, radary chmurowe i fotometry słoneczne. Dzięki zastosowaniu tak różnorodnych technik zdalnych można odzyskiwać informacje nie tylko o wysokości aerozolu/chmury nad poziomem gruntu, ale także o ich typie, czy też własnościach optycznych i mikrofizycznych. Co więcej, umożliwiają one badanie interakcji pomiędzy aerozolami i chmurami, dzięki czemu przyczyniają się do lepszego zrozumienia ich wpływu na klimat [3-5].

Stosowanie długookresowych pomiarów umożliwia obserwację coraz dynamiczniej zachodzących zmian klimatu. Mogą one również znacząco wpływać na poprawę jakości modeli prognoz pogody, nie tylko poprzez asymilację danych, ale również przez lepsze zrozumienie procesów zachodzących w atmosferze [6].

Wykład plenarny będzie poświęcony przedstawieniu najważniejszych osiągnięć badawczych ACTRIS-Polska.

**SŁOWA KLUCZOWE:** infrastruktura, ACTRIS, synergia, pomiary

## LITERATURA

- [1] A. A. Floutsi *et al.*, ‘DeLiAn – a growing collection of depolarization ratio, lidar ratio and Ångström exponent for different aerosol types and mixtures from ground-based lidar observations’, *Atmos. Meas. Tech.*, vol. 16, no. 9, pp. 2353–2379, May 2023, doi: 10.5194/amt-16-2353-2023.
- [2] V. Freudenthaler, H. Linné, A. Chaikovski, D. Rabus, and S. Groß, ‘EARLINET lidar quality assurance tools’, Jan. 03, 2018. doi: 10.5194/amt-2017-395.
- [3] L. Janicka, L. Davulienė, S. Bycenkiene, and I. S. Stachlewska, ‘Long term observations of biomass burning aerosol over Warsaw by means of multiwavelength lidar’, *Opt. Express*, vol. 31, no. 20, p. 33150, Sep. 2023, doi: 10.1364/OE.496794.
- [4] P. Laj *et al.*, ‘Aerosol, Clouds and Trace Gases Research Infrastructure (ACTRIS): The European Research Infrastructure Supporting Atmospheric Science’, *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 105, no. 7, pp. E1098–E1136, Jul. 2024, doi: 10.1175/BAMS-D-23-0064.1.
- [5] D. M. Szczepanik *et al.*, ‘Spatio-temporal evolution of long-range transported mineral desert dust properties over rural and urban sites in Central Europe’, *Science of The Total Environment*, vol. 903, p. 166173, Dec. 2023, doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.166173.
- [6] A. Tsekeri *et al.*, ‘Combined sun-photometer–lidar inversion: lessons learned during the EARLINET/ACTRIS COVID-19 campaign’, *Atmos. Meas. Tech.*, vol. 16, no. 24, pp. 6025–6050, Dec. 2023, doi: 10.5194/amt-16-6025-2023.

---

# Statystyka i właściwości optyczne napływów aerozolu pyłu pustynnego na podstawie danych lidarowych w Warszawie

---

Dominika M. Szczepanik<sup>1\*</sup>, Wojciech Kumala<sup>1</sup>, Ronny Engelmann<sup>2</sup>, Iwona S. Stachlewska<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski, Ludwika Pasteura 5, 02-093 Warszawa, Polska; dominika.szczepanik@fuw.edu.pl

<sup>2</sup> Instytut Leibniza dla Badań Troposferycznych (TROPOS), Permoserstraße 15, 04318 Lipsk, Niemcy

## ABSTRAKT

Dalekozasięgowe napływy aerozolu występują głównie na znacznych wysokościach nad poziomem ziemi. W przypadku napływów pyłów mineralnych znad Sahary są to wysokości rzędu 2-3 km (podstawa warstwy). Czy w związku z tym obecność takiego aerozolu może wpływać na jakość życia ‘szarego człowieka’? Okazuje się, że istotnie tak. Współczesne wyniki badań naukowych dowodzą istnienia sprzężeń pomiędzy występowaniem pyłu pustynnego, a formacją opadów [1]. Ponadto pył mineralny opadając może znacznie pogarszać jakość powietrza, wpływać na widoczność i procesy fotosyntezy, czy obniżać sprawność paneli fotowoltaicznych [2]. Co więcej, pył mineralny transportowany jest znad obszarów pustynnych. Napływające powietrze, niosące aerozol charakteryzuje się wysoką temperaturą, co wpływa również na lokalne warunki pogodowe [3].

Niniejsza praca ma na celu przedstawienie charakterystyki pyłu mineralnego obserwowanego nad Warszawą, w oparciu o analizę danych pomiarowych lidarów PollyXT i NARLa na Warszawskiej Stacji Obserwacyjnej (WOS) Uniwersytetu Warszawskiego i ACTRIS-ERIC. Interpretację otrzymanych rezultatów wsparto analizą wyników symulacji modeli ruchu mas powietrza (HYSPPLIT) oraz prognoz aerozolu (NAAPS, DREAM8b).

Otrzymane rezultaty wskazują na znaczny wzrost intensywności transportu pyłu pustynnego, zarówno pod względem ilości napływów (od 1-2 epizodów w latach 2013-2018, do 11 napływów w 2022 roku), jak również czasu ich trwania (od 10 h do 48 h) i grubości obserwowanej warstwy (od 1 km do nawet 4,5-5 km). Wskazuje to na dynamicznie zachodzące zamiany cyrkulacji powietrza. Obserwowane wartości współczynników depolaryzacji (< 30%) sugerują, że nad Warszawą nie obserwujemy pyłu typowo gruboziarnistego, co można tłumaczyć zarówno procesami opadania grawitacyjnego dużych drobin piasku podczas transportu i/lub ich uwodnieniem [4].

**SŁOWA KLUCZOWE:** pył pustynny, aerozol, lidar, transport, depolaryzacja

## LITERATURA

- [1] Q. Kong, S. B. Guerreiro, S. Blenkinsop, X.-F. Li, and H. J. Fowler, ‘Increases in summertime concurrent drought and heatwave in Eastern China’, *Weather and Climate Extremes*, vol. 28, p. 100242, Jun. 2020, doi: 10.1016/j.wace.2019.100242.
- [2] K. Schepanski, ‘Transport of Mineral Dust and Its Impact on Climate’, *Geosciences*, vol. 8, no. 5, p. 151, Apr. 2018, doi: 10.3390/geosciences8050151.
- [3] D. M. Szczepanik, P. Ortiz-Amezcu, B. Heese, G. D’Amico, and I. S. Stachlewska, ‘First Ever Observations of Mineral Dust in Wintertime over Warsaw, Poland’, *Remote Sensing*, vol. 14, no. 15, p. 3788, Aug. 2022, doi: 10.3390/rs14153788.
- [4] D. M. Szczepanik, I. S. Stachlewska, E. Tetoni, and D. Althausen, ‘Properties of Saharan Dust Versus Local Urban Dust—A Case Study’, *Earth and Space Science*, vol. 8, no. 12, p. e2021EA001816, Dec. 2021, doi: 10.1029/2021EA001816.

---

## Własności optyczne smogu w polskich miastach – pomiary technikami zdalnymi

---

Maciej Karasewicz<sup>1</sup>, Afwan Hafiz<sup>1</sup>, Zuzanna Rykowska<sup>1</sup>, Prakash Mishra<sup>1</sup>, Patryk Poczta<sup>1,2</sup>, Łucja Janicka<sup>1,3</sup>, Artur Tomczak<sup>1</sup>, Emeka Ugboma<sup>1</sup>, Dongxiang Wang<sup>4</sup>, Rafał Fortuna<sup>1</sup>, Anetta Drzeniecka-Osiadacz<sup>5</sup>, Krzysztof Klejnowski<sup>6</sup>, Mirosław Zimnoch<sup>7</sup>, Iwona S. Stachlewska<sup>1\*</sup>

- <sup>1</sup> Instytut Geofizyki, Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski, ul. Ludwika Pasteura 5, 02-093 Warszawa, Polska, iwona.stachlewska@fuw.edu.pl
- <sup>2</sup> Katedra Meteorologii, Wydział Inżynierii Środowiska i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Piątkowska 94E, 60-632 Poznań, Polska
- <sup>3</sup> SRI Center For Physical Sciences and Technology, Saulėtekio al. 3, 10257 Wilno, Litwa
- <sup>4</sup> CSP, Research Centre, SEPCOIII Electric Power Construction Co., Ltd, Tong'an Road, Qingdao, Chiny
- <sup>5</sup> Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego, Wydział Nauk o Ziemi i Kształtowaniu Środowiska, Uniwersytet Wrocławski, pl. Uniwersytecki 1, 50-137 Wrocław, Polska
- <sup>6</sup> Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk w Zabrze, ul. Marii Skłodowskiej-Curie 34, 41-819 Zabrze, Polska
- <sup>7</sup> Katedra Zastosowań Fizyki Jądrowej, Wydział Fizyki i Informatyki, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, ul. Władysława Reymonta 19, 30-059 Kraków, Polska

### ABSTRAKT

Pomiary zanieczyszczenia powietrza są w większości wykonywane przy użyciu urządzeń in-situ, które zlokalizowane są najczęściej przy poziomie gruntu. Sieć pomiarowa takich urządzeń pozwala na uzyskanie informacji o horyzontalnej strukturze zanieczyszczeń powietrza. Obserwacje z wykorzystaniem urządzeń do pomiarów zdalnych umożliwiają uzyskanie informacji o pionowej strukturze zanieczyszczeń powietrza.

Przedstawiona zostanie analiza danych lidarowych, z kampanii pomiarowych POLIMOS SMOG-2021/22, które odbyły się w Zabrzu, Krakowie i Wrocławiu w sezonie zimowym na przełomie 2021 i 2022 roku. Pomiary zostały wykonane przy pomocy mobilnego lidar EMORAL [1]. Dane zostały poddane analizie z wykorzystaniem algorytmu LiRaMi [2]. Skupiono się szczególnie na analizie aerozoli atmosferycznych pod względem ich sferyczności i rozmiaru w atmosferycznej warstwie granicznej (ABL).

W wyniku przeprowadzonych analiz wykazano różnicę w dystrybucji i własnościach optycznych aerozoli na różnych wysokościach w ABL dla każdej z lokacji pomiarowych. Co więcej, obserwowane aerozole różniły się również pod względem rozmiaru i sferyczności. Dla każdego z obszarów stwierdzono, że rozmiar aerozoli w warstwie maleje wraz z wysokością, a zmiana ta jest zależna również od pory dnia. Uzyskane wyniki mogą wskazywać na wpływ ewolucji warstwy na pionową dystrybucję aerozoli atmosferycznych.

**SŁOWA KLUCZOWE:** zanieczyszczenie powietrza, teledetekcja, lidar, atmosferyczna warstwa

## LITERATURA

- [1] I. S. Stachlewska *et al.*, ‘EMORAL—Mobile Mie-Raman Lidar with Fluorescence, Polarization and Water Vapor Observational Capabilities for Satellite Cal/Val Field Campaigns’, in *Space-based Lidar Remote Sensing Techniques and Emerging Technologies*, U. N. Singh, G. Tzeremes, T. F. Refaat, and P. Ribes Pleguezuelo, Eds., in Springer Aerospace Technology., Cham: Springer Nature Switzerland, 2024, pp. 239–251. doi: 10.1007/978-3-031-53618-2\_21.
- [2] D. Wang, I. S. Stachlewska, J. Delanoë, D. Ene, X. Song, and D. Schüttemeyer, ‘Spatio-temporal discrimination of molecular, aerosol and cloud scattering and polarization using a combination of a Raman lidar, Doppler cloud radar and microwave radiometer’, *Opt. Express*, vol. 28, no. 14, p. 20117, Jul. 2020, doi: 10.1364/OE.393625.

---

# Wpływ imprez okolicznościowych na własności optyczne aerozoli atmosferycznych w miastach

---

Łucja Janicka<sup>1,2\*</sup>, Agnė Minderytė<sup>2</sup>, Dominika M. Szczepanik<sup>1</sup>, Emeka Ugboma<sup>1</sup>, Patryk Poczta<sup>1,3</sup>, Rafał Fortuna<sup>1</sup>, Anca Nemuc<sup>4</sup>, Birgit Heese<sup>5</sup>, Dirk Schüttemeier<sup>6</sup>, Steigvilė Byčėnkienė<sup>2</sup>, Iwona S. Stachlewska<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski, Pasteura 5, 02-093 Warszawa, Polska; lucja.janicka@fuw.edu.pl

<sup>2</sup> SRI Centrum Nauk Fizycznych i Technologicznych (FTMC), Saulėtekio 3, 10257 Wilno, Litwa

<sup>3</sup> Pracownia Bioklimatologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Piątkowska 94B, 60-649 Poznań, Polska

<sup>4</sup> National Institute of Research and Development for Optoelectronics (INOE), Atomistilor 409, RO77125 Măgurele, Rumunia

<sup>5</sup> Leibniz Institute for Tropospheric Research (TROPOS), Permoserstraße 15, 04318 Lipsk, Niemcy

<sup>6</sup> European Space Agency, European Space Research and Technology Centre, Keplerlaan 1, 2201 Noordwijk, Holandia

## ABSTRAKT

Na jakość powietrza w mieście mają wpływ różnorodne czynniki w tym aktywność jego mieszkańców, np. imprezy okolicznościowe, związane ze świętami państwowymi lub tradycjami narodowymi.

Przeprowadzono analizę wpływu aktywności społecznej, związanej z obchodami świąt Pracy i Konstytucji 3 Maja w Polsce (tzw. „Majówka”, [1], [2]) oraz Nocy Świętojańskiej na Litwie [3] na jakość powietrza. W tym celu wykonano wieloaspektową analizę danych pomiarowych zebranych na stacjach badawczych w Warszawie (ACTRIS-ERIC, Uniwersytet Warszawski) i Wilnie (SRI Centrum Nauk Fizycznych i Technologicznych – FTMC), podczas kampanii pomiarowych w 2022 r. Pomiarów wykonywano przy zastosowaniu synergii instrumentów badawczych takich jak etalometry (AE-33), nefelometry (Aurora 4000, TSI 3563), fotometry słoneczne (C-318, CE-318T) i lidary (PollyXT, EMORAL).

Badania wykazały m.in. podwyższone wartości koncentracji węgla cząsteczkowego w Wilnie, co może mieć silny, bezpośredni związek z tradycyjnym paleniem ognisk w Noc Kupały. W przypadku Warszawy większą rolę odgrywał spadek ilości zanieczyszczeń związany ze znacznym zmniejszeniem natężenia ruchu samochodowego, co wiąże się z wyjazdem części mieszkańców z miasta. Rozkład wielkości cząstek obserwowanych w Wilnie był zdominowany przez cząstki drobne z zaznaczoną obecnością cząstek grubych, podczas gdy w Warszawie wskazywał również na obecność cząstek średnich rozmiarów.

Wyniki jednoznacznie wskazują na znaczący wpływ zachowań społecznych związanych z obchodami świąt i organizacją imprez okolicznościowych na stan powietrza. Wskazuje to na konieczność edukowania społeczeństwa w tym zakresie.

**SŁOWA KLUCZOWE:** węgiel cząsteczkowy, zanieczyszczenia, lidar, etalometr, fotometr słoneczny

## LITERATURA

- [1] polkadot, ‘Polish Language: What’s Majówka in Poland?’, Online Polish Courses - Polka Dot. Accessed: Sep. 26, 2024. [Online]. Available: <https://onlinepolishcourse.com/whats-majowka-in-poland/>
- [2] CareersinPoland.com, ‘Go grill or go home. What are Poles doing this May Day? – Travel & leisure – Careers in Poland’. Accessed: Sep. 26, 2024. [Online]. Available: <https://www.careersinpoland.com/article/travel-and-leisure/go-grill-or-go-home-what-are-roles-doing-this-may-day>
- [3] K. Blockytė-Naujokė, ‘MIDSUMMER CELEBRATIONS IN LITHUANIA MINOR: CONTINUITY AND CHANGE IN TRADITIONS’, *Res Humanitariae*, pp. 113–138, Dec. 2023, doi: 10.15181/rh.v31i0.2585.



---

## Przestrzenno-czasowa dyskryminacja rozpraszania i polaryzacji cząstek aerozoli i chmur przy użyciu synergii lidar, radaru i radiometru

---

Patryk Poczta<sup>1,2,\*</sup>, Dongxiang Wang<sup>3</sup>, Bogdan H. Chojnicki<sup>2</sup>, Iwona S. Stachlewska<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instytut Geofizyki, Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski, ul. Ludwika Pasteura 5, 02-093 Warszawa, Polska. patryk.poczta@puls.edu.pl

<sup>2</sup> Pracownia Bioklimatologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Piątkowska 94B, 60-649 Poznań, Polska.

<sup>3</sup> CSP, Research Centre, SEPCOIII Electric Power Construction Co., Ltd, Tong'an Road, Qingdao, Chiny.

### ABSTRAKT

Stacja badawcza PolWET Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu zlokalizowana na torfowisku w Rzecinie, na obszarze chronionym Natura 2000 w Puszczy Noteckiej wchodzi w skład konsorcjum ACTRIS-Polska [1]. W ramach prac badawczych, oprócz wieloletnich, szeroko zakrojonych pomiarów ekosystemowych (m.in. metoda komorowa i kowariancji wirów, eksperymenty manipulacyjne), prowadzony jest stały monitoring teledetekcyjny aerozoli i chmur, a wyniki pomiarów są dostępne na AERONET [2] oraz CLOUDNET [3].

Podczas kampanii pomiarowej POLIMOS finansowanej przez Europejską Agencję Kosmiczną, przeprowadzono kompleksowe badania własności optycznych chmur, wykorzystując nową metodologię pomiarową zintegrowanych systemów: lidar ramanowskiego, dopplerowskiego radaru chmurowego oraz radiometru mikrofalowego [4].

Jest to nowatorskie podejście do automatycznego rozróżniania aerozoli i chmur. Metodologia opiera się na określeniu progów sygnału wszystkich trzech urządzeń w celu dokładniejszego rozróżnienia między różnymi typami chmur, w tym chmurami wodnymi, lodowymi oraz mieszanymi oraz między różnymi typami aerozoli atmosferycznych. Algorytm działa w bardzo wysokiej rozdzielczości czasowo-przestrzennej (15 m, 15 min) dostarczając informacje od wysokości ok. 100 m do tropopauzy [4]. Rozróżnienie warstw jest szczególnie trudne w najniższej, granicznej warstwie atmosfery. Dzięki zastosowaniu danych z synergii instrumentów możliwe jest wyróżnienie nawet aeroplanktonu.

Wyniki badań dostarczyły cennych informacji na temat struktury i dynamiki chmur, wskazując na złożoność procesów atmosferycznych. Ponadto, podkreśliły znaczenie synergii instrumentów pomiarowych w zrozumieniu dynamiki atmosferycznej i procesów w niej zachodzących, demonstrując możliwości stacji PolWET w precyzyjnym monitoringu atmosferycznym.

**SŁOWA KLUCZOWE:** radar chmurowy, lidar, własności chmur

## LITERATURA

- [1] P. Laj *et al.*, ‘Aerosol, Clouds and Trace Gases Research Infrastructure (ACTRIS): The European Research Infrastructure Supporting Atmospheric Science’, *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 105, no. 7, pp. E1098–E1136, Jul. 2024, doi: 10.1175/BAMS-D-23-0064.1.
- [2] B. N. Holben *et al.*, ‘AERONET—A Federated Instrument Network and Data Archive for Aerosol Characterization’, *Remote Sensing of Environment*, vol. 66, no. 1, pp. 1–16, Oct. 1998, doi: 10.1016/S0034-4257(98)00031-5.
- [3] A. J. Illingworth *et al.*, ‘Cloudnet Continuous Evaluation of Cloud Profiles in Seven Operational Models Using Ground-Based Observations’, *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 88, no. 6, pp. 883–898, Jun. 2007, doi: 10.1175/BAMS-88-6-883.
- [4] D. Wang, I. S. Stachlewska, J. Delanoë, D. Ene, X. Song, and D. Schüttemeyer, ‘Spatio-temporal discrimination of molecular, aerosol and cloud scattering and polarization using a combination of a Raman lidar, Doppler cloud radar and microwave radiometer’, *Opt. Express*, vol. 28, no. 14, p. 20117, Jul. 2020, doi: 10.1364/OE.393625.

---

## Bioaerozole a zanieczyszczenie powietrza w środowisku miejskim

---

Zuzanna Rykowska<sup>1</sup>, Artur Tomczak<sup>1</sup>, Alexandru Dandocsi<sup>2</sup>, Jeni Vasilescu<sup>2</sup>, Holger Baars<sup>3</sup>,  
Iwona S. Stachlewska<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Instytut Geofizyki, Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski, ul. Pasteura 5, 02-093 Warszawa, Polska; iwona.stachlewska@fuw.edu.pl

<sup>2</sup> National Institute of Research and Development for Optoelectronics (INOE), Atomistilor 409, RO77125 Măgurele, Rumunia

<sup>3</sup> Instytut Leibniza dla Badań Troposferycznych (TROPOS), Permoserstraße 15, 04318 Lipsk, Niemcy

### ABSTRAKT

Bioaerozole emitowane podczas pylenia roślin przyczyniają się do wzrostu chorób układu oddechowego, dlatego powinny być monitorowane [1]. Z powodu zmian klimatycznych, które wydłużają okres pylenia monitorowanie jest tym bardziej konieczne [2]. Przeprowadzono analizę stężenia pyłku oraz identyfikację sezonów pyłkowych w roku 2023 na terenie Warszawy z wykorzystaniem pomiarów in-situ (pyłkomierz Hirsta) oraz mikroskopii optycznej. Scharakteryzowano cząstki pyłku pod względem morfologii, badając jednocześnie jego koncentrację przy powierzchni Ziemi. Wzbogacając dane z lidaru polaryzacyjnego danymi in-situ i danymi meteorologicznymi zbadano rozkład pionowy pyłku oraz zidentyfikowano warunki ułatwiające jego dyspersję.

Do poboru cząstek pyłku zawieszonych w powietrzu wykorzystano metodę wolumetryczną, używając próbnika pyłku i cząstek (Lanzoni VPPS 2010). Zebrane próbki poddano analizie mikroskopowej, a ziarna pyłku sklasyfikowano na podstawie ich morfologii.

Zanalizowano ilościowo stężenie poszczególnych taksonów pyłkowych, a datę rozpoczęcia i zakończenia sezonów pyłkowych określono metodą 98%.

Podczas badanego okresu zaobserwowano 17 taksonów pyłku roślinnego i dla każdego z nich określono sezon pylenia, dzienną koncentrację ziaren w powietrzu, oraz dzień charakteryzujący się najwyższym stężeniem. Co więcej, wykorzystując kombinację metod detekcji in situ i zdalnej (lidar polaryzacyjny) dokonano charakterystyki warstw aerozolu zawierających pyłek i ich rozciągłości pionowej.

Wyniki przyczyniają się do zwiększenia wiedzy o aerozolu biogenicznym jako składniku zanieczyszczenia powietrza w środowisku miejskim.

**SŁOWA KLUCZOWE:** bioaerozol, sezon pylenia, pyłkomierz Hirsta, lidar polaryzacyjny

### LITERATURA

- [1] Ł. Grewling, D. Myszkowska, K. Piotrowska-Weryszko, A. Sulborska-Różycka, and E. Weryszko-Chmielewska, 'Aerobiology in Poland: Achievements and challenges', *Acta Soc Bot Pol*, vol. 92, no. 1, Sep. 2023, doi: 10.5586/asbp/172278.
- [2] J. Settele, J. Bishop, and S. G. Potts, 'Climate change impacts on pollination', *Nature Plants*, vol. 2, no. 7, p. 16092, Jul. 2016, doi: 10.1038/nplants.2016.92.

---

# Wykorzystanie nisko kosztowych czujników do profilowania atmosfery przy użyciu bezzałogowych statków powietrznych (BSP)

---

Aleksander Pietruczuk\*, Artur Szkop, Ilya Bruchkousky

Instytut Geofizyki Polskiej Akademii Nauk, ul. Księcia Janusza 64, 01-452 Warszawa, Polska; alek@igf.edu.pl

## ABSTRAKT

Aerozole atmosferyczne są istotnym czynnikiem klimatotwórczym, a z drugiej strony są składnikiem atmosfery negatywnie wpływającym na zdrowie ludzkie. W związku z tym ich własności są szeroko badane przez społeczność naukową, a ich koncentracje monitorowane przez rządowe i międzynarodowe agencje powołane do ochrony środowiska. W badaniu aerzoli używanych jest wiele zróżnicowanych instrumentów. Począwszy od platform satelitarnych, przez sieci pomiarowe, zarówno naukowe jak i sieci agencji ochrony środowiska (np. GIOŚ) po zintegrowane infrastruktury badawcze (np. ACTRIS). W ostatnich czasach na popularności zyskują platformy pomiarowe zainstalowane na bezzałogowych statkach powietrznych (BSP) oraz komercyjne czujniki dostępne dla obywateli (tak zwane Citizen Science).

W pracy tej przedstawione zostanie porównanie dwóch typów nisko kosztowych czujników do pomiarów koncentracji dwóch frakcji pyłu zawieszanego (PM<sub>2.5</sub> oraz PM<sub>10</sub>), które mogą być użyte do pomiarów przy użyciu BSP. Przedstawione zostaną wyniki krótkich kampanii pomiarowych mające na celu porównanie czujników SPS30 i OPC-N3 z pomiarami przy użyciu OPS 3330 firmy TSI. Kampanie te były przeprowadzone w Centralnym Obserwatorium Geofizycznym IGF PAN w Belsku, oraz w Obserwatorium Geofizycznym w Raciborzu.

Uzyskane wyniki będą porównane do koncentracji oraz rozkładów wielkości aerzoli zmierzonych dzięki infrastrukturze ACTRIS.

Następnie omówione zostaną strategie wykorzystania ww. czujników do profilowania aerzoli przy użyciu BSP. Przedstawione zostaną wady i zalety profilowania w sposób ciągły versus pomiary w zwisie na zadanych wysokościach. Dodatkowo omówione zostaną aspekty związane z izokinetycznym poborem próby oraz ze stratami w układzie poboru, w szczególności w przypadku występowania bocznego wiatru. Dyskusja to zostanie poparta przykładami pomiarów w warunkach tropikalnych jak i na terenie Polski.

**SŁOWA KLUCZOWE:** aerzol, pył zawieszony, profil zanieczyszczeń

## LITERATURA

- [1] K. M. Markowicz i M. T. Chiliński, „Evaluation of Two Low-Cost Optical Particle Counters for the Measurement of Ambient Aerosol Scattering Coefficient and Ångström Exponent”, *Sensors*, t. 20, nr 9, s. 2617, maj 2020, doi: 10.3390/s20092617.
- [2] A. Szkop, A. Fernandes, i A. Pietruczuk, „Towards a Multi-Instrumental Approach to Closing Aerosol Optical Extinction Profiles”, *Atmosphere*, t. 13, nr 9, s. 1443, wrz. 2022, doi: 10.3390/atmos13091443.

## SESJA 2. PYŁY I SMOG W MIASTACH



---

## Działalność ESP EASAC w zakresie ochrony powietrza

---

Rajmund Michalski

Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk, ul. M.Skłodowskiej-Curie 34, 41-819 Zabrze, Polska  
rajmund.michalski@ipispan.edu.pl

### ABSTRAKT

W listopadzie 2019 roku, tuż przed wybuchem pandemii Covid-19 w czasopiśmie Bioscience opublikowano pracę zatytułowaną „World Scientists’ Warning of a Climate Emergency” autorstwa Wilhelma Ripple i współpracowników, którzy wraz z 11 258 sygnatariuszami z 153 krajów świata opisali dramatyczne ich zdaniem skutki aktualnych zmian klimatycznych [1]. Do najbardziej niepokojących przejawów działań człowieka zaliczają oni: stały wzrost liczby ludzi i pogłowia zwierząt hodowlanych, wzrost produkcji mięsa, zużycia paliw i emisji CO<sub>2</sub> oraz powszechne stosowanie tworzyw sztucznych i związana z tym obecność mikroplastików w środowisku. Z kolei do pozytywów zaliczono: spadek dzietności na świecie, wzrost wykorzystania energii słonecznej i wiatrowej, systematyczną likwidację sektora paliw kopalnych oraz rosnący udział emisji gazów cieplarnianych objętych opłatami klimatycznymi. Niestety nie ma tam mowy o jakości powietrza, mimo, że wszyscy jesteśmy świadomi, jak ważnym elementem środowiska ono jest. Codziennie dorosły człowiek oddychając przepuszcza przez swoje płuca około 20 kilogramów powietrza. To znacznie więcej niż spożyje „zdrowej” żywności, czy wypije ulubionej wody... Piszę to jako osoba po przeszczepieniu nerki, świadoma korelacji pomiędzy tymi chorobami, a środowiskiem [2]. Wolność słowa w nauce sprawia, że zdania różnych opiniotwórczych organów bywają odmienne, a przykładem jest Panel Środowiskowy Rady Doradczej Europejskich Akademii Nauk (ang. Environmental Steering Panel, European Academies Science Advisory Council, EASAC), którego przedstawicielem PAN jestem od roku 2007 [3]. W minionych latach EASAC przygotował i opublikował kilka raportów związanych pośrednio lub bezpośrednio z ochroną powietrza. Były to opracowania dotyczące m.in. takich zagadnień jak: zdrowie, a środowisko; alternatywne źródła energii; polityka w zakresie zmian klimatycznych; ekstremalne zjawiska pogodowe, biopaliw czy spalania biomasy leśnej [4], [5]. Czy EASAC i jej opracowania są miarodajne? Odpowiedzią niech będzie to, że pod koniec 2018 roku organizacja ta została uznana przez prestiżową Public Affairs Awards Europe za „Think Tank of the Year”, co świadczy o tym, że działalność ta jest doceniana w gronie fachowców. Serdecznie zachęcam wszystkich do zapoznania się z tym, czym zajmuje się EASAC i jakie są publikowane tam opinie [6].

**SŁOWA KLUCZOWE:** EASAC, powietrze, środowisko

## BIBLIOGRAFIA

- [1] W. J. Ripple, C. Wolf, T. M. Newsome, P. Barnard, and W. R. Moomaw, 'World Scientists' Warning of a Climate Emergency', *BioScience*, vol. 70, no. 1, pp. 8–12, Jan. 2020, doi: 10.1093/biosci/biz088.
- [2] R. Michalski, 'Leczenie nerkozastępcze i zagrożenia środowiskowe', *Forum Nefrologiczne - Edukacja*, vol. 4, no. 1–2, Art. no. 1–2, 2024, doi: 10.5603/fn.101411.
- [3] R. Michalski, 'Nowy raport EASAC. Towards a sustainable future: transformative change and post-COVID-19 priorities', *Nauka*, pp. 119–124, Jan. 2021, doi: 10.24425/nauka.2021.136307.
- [4] 'Health in the Climate Emergency: A global perspective'. Accessed: Sep. 26, 2024. [Online]. Available: <https://easac.eu/publications/details/health-in-the-climate-emergency-a-global-perspective>
- [5] M. Norton *et al.*, 'Serious mismatches continue between science and policy in forest bioenergy', *GCB Bioenergy*, vol. 11, no. 11, pp. 1256–1263, 2019, doi: 10.1111/gcbb.12643.
- [6] R. Michalski, 'EASAC Environmental Steering Panel – co nowego w Panelu?', *Nauka*, pp. 151–158, Oct. 2023, doi: 10.24425/nauka.2023.148232.



---

# The PM<sub>10</sub> source apportionment in the preferential corridor of CZ-PL pollution transport

---

Radim Seibert\*, Vladimíra Volná, Dan Hladký, Blanka Krejčí

Český hydrometeorologický ústav, K Myslivně 3/2182, 708 00 Ostrava – Poruba, Czech Republic; radim.seibert@chmi.cz

## ABSTRACT

The Moravian Gate is a geomorphological channel that significantly alters the wind direction near the border area between the Czech Republic and Poland. The prevailing wind flow results in the intensive transport of pollution from SW to NE and vice versa.

Based on year-round measurements at two sites located on opposite sides of the mentioned corridor, the source apportionment of PM<sub>10</sub> and benzo[a]pyrene was conducted to evaluate the contribution of significant sources and pollution types to ambient air concentrations.

The PMF model identified 8 air pollution sources. The highest contribution was attributed to residential heating for both PM<sub>10</sub> and benzo[a]pyrene, particularly near the border area. For PM<sub>10</sub>, the heating contribution was dominated by coal burning and was comparable to that of secondary aerosols (SA) in this part of the region. In contrast, SA was the main PM<sub>10</sub> component in the southwest, and the contribution from biomass burning was significantly higher than that discovered near the border. Due to the transport of winter-type SA, the overall annual Polish contribution was slightly higher than the Czech one in the border area, despite the prevailing SW-NE wind direction.

**KEYWORDS:** PM<sub>10</sub>; benzo[a]pyrene; source apportionment; PMF

## BIBLIOGRAPHY

- [1] V. Volná and Z. Blažek, 'Contribution to the study of possible transport of PM<sub>10</sub> aerosols in the eastern part of the Czech Republic', *Heliyon*, vol. 10, no. 17, p. e36850, Sep. 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e36850.
- [2] V. Volná, R. Seibert, D. Hladký, and B. Krejčí, 'Identification of Causes of Air Pollution in a Specific Industrial Part of the Czech City of Ostrava in Central Europe', *Atmosphere*, vol. 15, no. 2, p. 177, Jan. 2024, doi: 10.3390/atmos15020177.
- [3] V. Volná, D. Hladký, R. Seibert, and B. Krejčí, 'Transboundary Air Pollution Transport of PM<sub>10</sub> and Benzo[a]pyrene in the Czech–Polish Border Region', *Atmosphere*, vol. 13, no. 2, p. 341, Feb. 2022, doi: 10.3390/atmos13020341.
- [4] R. Seibert, V. Volna, D. Hladky, and B. Krejci, 'Causes of air pollution and its dispersion along the main transport corridor of Northern Moravia', Czech Hydrometeorological Institute, 2022. [Online]. Available: [https://www.projekt-aramis.cz/results/Aramis\\_DC2.1\\_b.pdf](https://www.projekt-aramis.cz/results/Aramis_DC2.1_b.pdf)

---

## Analiza wpływu wdrożenia uchwały antysmogowej na jakość powietrza i zdrowie mieszkańców Warszawy

---

Magdalena Reizer<sup>1\*</sup>, Katarzyna Maciejewska<sup>1</sup>, Barbara Błaszczak<sup>2</sup>, Krzysztof Klejnowski<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Politechnika Warszawska, Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska, ul. Nowowiejska 20, 00-653 Warszawa, Polska; magdalena.reizer@pw.edu.pl

<sup>2</sup> Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk, ul. M. Skłodowskiej-Curie 34, 41-819 Zabrze, Polska

### ABSTRAKT

Pyły (PM, ang. Particulate Matter), a zwłaszcza pyły drobne, stanowią obecnie najpoważniejsze wyzwanie dla nowoczesnych polityk ochrony środowiska. Związane jest to z jednej strony z ich wysokimi stężeniami w atmosferze, z drugiej zaś z rozwojem badań epidemiologicznych, których wyniki wskazują na bardzo dużą szkodliwość PM dla zdrowia ludzkiego [1], [2]. Jednym z narzędzi poprawy jakości powietrza na szczeblu regionalnym i lokalnym w Polsce są uchwały antysmogowe, zakazujące spalania w sektorze komunalno-bytowym paliw stałych złej jakości i jednocześnie nakładające obowiązek stosowania kotłów klasy wyższej niż 3. Celem pracy jest analiza porównawcza stężeń pyłu PM<sub>2.5</sub> i jego składników obserwowanych w Warszawie, a także wpływu jakości powietrza na zdrowie, przed i po wprowadzeniu uchwały antysmogowej w województwie mazowieckim. Stężenia pyłu PM<sub>2.5</sub> i poszczególnych składników – wtórnych jonów nieorganicznych (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), węgla elementarnego (EC) i organicznego (OC) oraz 15 pierwiastków śladowych – zmierzono w ramach dwóch dedykowanych kampanii pomiarowych przeprowadzonych w sezonach grzewczych 2016 [3] oraz 2023/2024. Do oceny ryzyka przedwczesnych zgonów w związku z ekspozycją na stężenia PM<sub>2.5</sub> zastosowano oprogramowanie AirQ+ (Europejskie Biuro Światowej Organizacji Zdrowia). Zaobserwowano zmniejszenie średnich stężeń pyłu PM<sub>2.5</sub> (o ponad 50%) po wprowadzeniu uchwały antysmogowej. Ponadto, wykazano niższe stężenia OC i EC, a także znacznie obniżony (o ponad 70%) udział EC w stężeniach pyłu obserwowanych w Warszawie. Wyniki sugerują skuteczność polityki ograniczającej spalanie w sektorze komunalno-bytowym paliw stałych złej jakości w poprawie jakości powietrza w Warszawie. Wprowadzenie uchwały antysmogowej wykazało pozytywny wpływ na zmniejszenie stężeń pyłu PM<sub>2.5</sub>, a w konsekwencji na zdrowie mieszkańców Warszawy.

**SŁOWA KLUCZOWE:** jakość powietrza, PM<sub>2.5</sub>, skład chemiczny pyłu, uchwała antysmogowa, Warszawa

### FINANSOWANIE

Praca została sfinansowana ze środków Narodowego Centrum Nauki, przyznanych w ramach konkursu SONATA-17, nr projektu 2021/43/D/ST10/02176. Praca została częściowo sfinansowana ze środków statutowego projektu badawczego IPIŚ PAN, nr projektu 1a-146/24.

## LITERATURA

- [1] P. Orellano, J. Reynoso, N. Quaranta, A. Bardach, and A. Ciapponi, 'Short-term exposure to particulate matter (PM10 and PM2.5), nitrogen dioxide (NO2), and ozone (O3) and all-cause and cause-specific mortality: Systematic review and meta-analysis', *Environment International*, vol. 142, p. 105876, Sep. 2020, doi: 10.1016/j.envint.2020.105876.
- [2] J. Chen and G. Hoek, 'Long-term exposure to PM and all-cause and cause-specific mortality: A systematic review and meta-analysis', *Environment International*, vol. 143, p. 105974, Oct. 2020, doi: 10.1016/j.envint.2020.105974.
- [3] K. Juda-Rezler, M. Reizer, K. Maciejewska, B. Błaszczak, and K. Klejnowski, 'Characterization of atmospheric PM2.5 sources at a Central European urban background site', *Science of The Total Environment*, vol. 713, p. 136729, Apr. 2020, doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.136729.

---

## Fine and Ultra-Fine Particles Monitoring in Urban Areas

---

Peter Bächler<sup>1</sup>, Achim Dittler<sup>1</sup>, Frederik Weis<sup>2</sup>, Sebastian Kohler<sup>2</sup>, Tomas Prokop<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Gas Particle Systems Group, Institute of Mechanical Process Engineering and Mechanics, Faculty for Chemical and Process Engineering, Karlsruhe Institute of Technology, Straße am Forum 8, 76131 Karlsruhe, Germany,

<sup>2</sup> Palas GmbH, Siemensallee 84, Building 7330, 76187 Karlsruhe, Germany, tomas.prokop@palas.de

### ABSTRACT

Air pollution is “the biggest environmental risk to health” and “a public health emergency” according to the World Health Organization (WHO), where among emerging air pollutants, fine (PM<sub>2.5</sub>) and ultra-fine (UFP) particulate matter has one of the largest health impacts. In the context of the revision of the EU Ambient Air Quality Directive (2008/50/EC), measurement of fine particles and ultrafine particles in ambient air is proposed and discussed. The use of innovative technology became attractive, but it also raised several questions and concerns with respect to data quality objectives. To investigate the local ambient PM and UFP concentration, exploratory measurements of air pollution were performed over several months in a residential areas close to Karlsruhe (Stutensee, Ettlingen). The measurement devices used were based on optical light scattering (AQ Guard Smart 1000, Palas®) and charge detection of the measurement aerosol (AQ Guard Smart 2000, Palas®). The technology determines the particulate matter values immediately without post-evaluation and correction, regardless of weather conditions or time of day. Significant increase of exceedance days related to fine particle concentration measured during winter period (heating season) were observed under consideration of revised ambient air quality standard value (PM<sub>2.5</sub> – 10 µg/m<sup>3</sup>). The background ultra-fine particle concentrations were within the typical background level for rural residential areas (3,000 to 5,000 cm<sup>-3</sup>). The main source of the increased particle concentration is the operation of woodstoves in the neighbourhood of the measuring locations. Other pollution sources (traffic, barbecue, new-years fireworks) were also identified.

**KEYWORDS:** Fine Dust, Ultra-Fine Particles, Particulate Matter Measurement, Air Quality Monitoring

### BIBLIOGRAPHY

- [1] P. Bächler, F. Weis, S. Kohler, and A. Dittler, ‘Exploratory measurements of ambient air quality in a residential area applying a diffusion charge based UFP monitor/Orientierende Messungen der Luftqualität in einem Wohngebiet mit einem auf Diffusionsaufladung basierten UFP-Monitor’, *GrdL*, vol. 84, no. 01–02, pp. 15–22, 2024, doi: 10.37544/0949-8036-2024-01-02-17.
- [2] J. R. D. Thieringer, J. Szabadi, J. Meyer, and A. Dittler, ‘Impact of Residential Real-World Wood Stove Operation on Air Quality concerning PM<sub>2.5</sub> Immission’, *Processes*, vol. 10, no. 3, p. 545, Mar. 2022, doi: 10.3390/pr10030545.
- [3] EC, *Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe*. 2008.

---

## Calibration algorithms for optical methods measurements of particulate matter concentration (PM<sub>10</sub>)

---

Mateusz Rzeszutek\*, Jakub Bartyzel, Ewa Adamiec, Elżbieta Jarosz-Krzemińska, Janusz Zyśk, Tomasz Petech-Pilichowski, Ada Brzoza-Zajęcka

AGH University, Av. A. Mickiewicz 30, 30-059 Krakow, Poland; rzeszut@agh.edu.pl

### ABSTRACT

Optical light scattering methods are used to measure particle size distributions and PM<sub>10</sub> concentrations. These methods require in situ calibration against the gravimetric method due to the physicochemical properties of PM<sub>10</sub> (morphology, chemical composition) [1], [2]. The purpose of this research was to develop a PM<sub>10</sub> concentration calibration algorithm for the Optical Particle Sizer (OPS) 3330 with the application of machine learning methods. A measurement campaign was conducted at two locations in Krakow, that is, Krasickiego Avenue (calibration set) and Reymonta Street (verification set). Particle size distribution measurements were made for 10 fractions in the range of 0.3 to 10 μm, PM<sub>10</sub> concentrations using gravimetric and equivalent gravimetric methods and selected meteorological conditions. Algorithm tuning was carried out by applying GLM, MARS, SVM, KNN, rpart, RF, XGBoost and Cubist models [3], [4]. The use of a simple correction factor method to calibrate the OPS was insufficient, as the NMGE value was 21.6%. The results of the quality assessment of the calibration algorithms indicated that the best results were obtained for the Cubist rule method (adjusted R<sup>2</sup> > 0.99) when reducing the particle compartments. The performance of this method reduced the NMGE to the 5% level. Exploratory analysis of the models demonstrated that the particle dependencies of the models were physically correct only with the random forest (RF) and Cubis rules (CR) algorithms. This means that only a small group of algorithms is suitable for solving this type of problem.

**KEYWORDS:** particulate matter, particle size distribution, optical light scattering methods, machine learning, calibration

### BIBLIOGRAPHY

- [1] K. Vasilatou et al., ‘Calibration of optical particle size spectrometers against a primary standard: Counting efficiency profile of the TSI Model 3330 OPS and Grimm 11-D monitor in the particle size range from 300 nm to 10 μm’, *Journal of Aerosol Science*, vol. 157, p. 105818, Sep. 2021, doi: 10.1016/j.jaerosci.2021.105818.
- [2] Y. Kang, L. Aye, T. D. Ngo, and J. Zhou, ‘Performance evaluation of low-cost air quality sensors: A review’, *Science of The Total Environment*, vol. 818, p. 151769, Apr. 2022, doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.151769.
- [3] M. Kuhn and H. Wickham, *Tidymodels: a collection of packages for modeling and machine learning using tidyverse principles*. 2020. [Online]. Available: <https://www.tidymodels.org>
- [4] M. Kuhn and J. Silge, *Tidy Modeling with R: a framework for modeling in the Tidyverse*, First edition. Beijing Boston Farnham Sebastopol Tokyo: O’Reilly, 2022

---

## Wpływ parametryzacji modeli meteorologicznych i inwentaryzacji emisji na prognozy dyspersji zanieczyszczeń w Małopolsce

---

Kamil Kaszowski\*, Wiesław Kaszowski, Jolanta Godłowska

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy, Podleśna 61, 01-673 Warszawa, Polska;  
kamil.kaszowski@imgw.pl

### ABSTRAKT

Modele dyspersji, używane do prognozowania stężeń zanieczyszczeń, korzystają z danych pochodzących z modeli meteorologicznych. Najczęściej wykorzystywane są modele: MM5) i wciąż rozwijany WRF. Celem niniejszej pracy jest ocena wpływu wybranego modelu i jego ustawień, a także użytej inwentaryzacji emisji na wyniki modelowania stężeń pyłów zawieszonych ( $PM_{10}$  i  $PM_{2.5}$ ) uzyskanych za pomocą modeli CALMET/CALPUFF. W badaniach użyto różnych parametryzacji WRF, a także dwóch inwentaryzacji emisji (małopolskiej EM i ogólnopolskiej CED).

Modelowanie przeprowadzono dla Małopolski dla roku 2020. Uzyskane stężenia pyłów zawieszonych porównano z pomiarami ze stacji GIOŚ. Jakość modelowania oceniano na podstawie wskaźników: NMB (znormalizowany średni błąd), RMSE (błąd średniokwadratowy), r (współczynnik korelacji Pearsona) i FAC2 (część prognoz mieszczących się w przedziale dwukrotności obserwacji), a także poprzez porównanie różnych wersji na diagramach Taylora oraz diagramach wydajności modelu (Forecast Threshold Performance).

Wartości wskaźników zostały obliczone dla średnich dobowych stężeń i mieszczą się w zakresach: dla  $PM_{10}$  NMB od -0.26 do 0.03, RMSE od 21.98 do 25.89  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , r od 0.50 do 0.59, FAC2 od 0.42 do 0.68, dla  $PM_{2.5}$ : NMB od -0.25 do -0.03, RMSE od 16.91 do 21.71  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , r od 0.53 do 0.59, FAC2 od 0.44 do 0.63. Najlepsze wyniki dopasowania modelu uzyskano dla inwentaryzacji EM i modelu WRF z ustawieniami mikrofizyki WSM6, zaś w przypadku wydajności modelu dla inwentaryzacji CED i modelu WRF z ustawieniami mikrofizyki Goddarda.

Z uzyskanych wyników wynika, że wykorzystanie modelu WRF z parametryzacją dla mikrofizyki WSM6 pozwala uzyskać wyniki najbardziej zbliżone do rzeczywistych. Trudniej o jednoznaczną ocenę dla inwentaryzacji emisji.

**SŁOWA KLUCZOWE:** WRF, MM5, CALPUFF, inwentaryzacja emisji, modelowanie jakości powietrza

## LITERATURA

- [1] ETC/ACM, 'How to start with PM modelling for air quality assessment and planning relevant to the Air Quality Directive ETC/ACM Technical Paper 2013/11', 2013/11, Feb. 2014. Accessed: Sep. 26, 2024. [Online]. Available: [https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-atni/products/etc-atni-reports/etcacm\\_tp\\_2013\\_11\\_fairmode\\_guide\\_modelling\\_pm](https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-atni/products/etc-atni-reports/etcacm_tp_2013_11_fairmode_guide_modelling_pm)
- [2] L. Gawuc *et al.*, 'Bottom-Up Inventory of Residential Combustion Emissions in Poland for National Air Quality Modelling: Current Status and Perspectives', *Atmosphere*, vol. 12, no. 11, p. 1460, Nov. 2021, doi: 10.3390/atmos12111460.
- [3] G. Grell, J. Dudhia, and D. Stauffer, 'A description of the fifth-generation Penn State/NCAR Mesoscale Model (MM5)', UCAR/NCAR, 1994. doi: 10.5065/D60Z716B.
- [4] European Commission. Joint Research Centre., *FAIRMODE guidance document on modelling quality objectives and benchmarking: version 3.3*. LU: Publications Office, 2022. Accessed: Sep. 26, 2024. [Online]. Available: <https://data.europa.eu/doi/10.2760/41988>
- [5] K. Juda-Rezler, 'Nowe wyzwania w modelowaniu jakości powietrza i klimatu', *Archives of Environmental Protection*, vol. 36, no. No 1. Polish Academy of Sciences, pp. 3–28, 2010.
- [6] Joseph S. Scire, Françoise R. Robe, Mark E. Fernau, and Robert J. Yamartino, 'A User's Guide for the CALMET Meteorological Model (Version 5)', Earth Tech, Inc., 2000.
- [7] Joseph S. Scire, David G. Strimaitis, and Robert J. Yamartino, 'A User's Guide for the CALPUFF Dispersion Model (Version 5)', Earth Tech, Inc., 2000.
- [8] W. C. Skamarock *et al.*, 'A Description of the Advanced Research WRF Model Version 4', UCAR/NCAR, Mar. 2019. doi: 10.5065/1DFH-6P97.

---

## Splitting data w modelowaniu jakości powietrza

---

Joanna A. Kamińska<sup>1\*</sup>, Joanna Kajewska-Szkudlarek<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Katedra Zastosowań Matematyki, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, ul. Grunwaldzka 53, 50-357 Wrocław, Polska; joanna.kaminska@upwr.edu.pl

<sup>2</sup> Instytut Inżynierii Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław, Polska

### ABSTRAKT

Zagadnienie modelowania jakości powietrza z zastosowaniem metod uczenia maszynowego jest szeroko omawiane w literaturze. Głównym problemem takich modeli jest ich słabe dopasowanie i potencjał interpretacyjny. W odpowiedzi na te problemy zaproponowano podział danych, który pogrupował momenty w czasie. W roli predyktorów stosowano zmienne opisujących cechy środowiska, takie jak: warunki meteorologiczne, natężenie ruchu i zmienne czasowe. Rozważano dwie metody podziału: analizę skupień (przy użyciu algorytmu C&RT) i drzewo decyzyjne (DT). Metoda drzewa decyzyjnego wskazała tylko jedną zmienną podziałową:  $\text{NO}_{x, t-1}$  z punktami granicznymi: 47, 82, 117, 163, 243, 355 i  $527 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ . W wyniku analizy skupień C&RT uzyskano również 8 klastrów, każdy opisuje inne warunki otoczenia. Dla każdego z dwóch otrzymanych podziałów (na 8 podzbiorów), stworzono modele uczenia maszynowego: Random Forest (RF), Artificial Neural Network (ANN) i Support Vector Regression (SVR). W każdym przypadku model oparty na technice SVR wykazywał najłabsze dopasowanie. Metody ANN i RF wykazują podobny poziom dopasowania. Najlepsze dopasowanie w metodzie podziału CA uzyskano, dla obu typów modeli, dla okresów popołudniowego szczytu komunikacyjnego (MAPE 14-18%). Gorsze dopasowanie odnotowano dla warunków nocnych (MAPE 22-25%). Jakość dopasowania modeli dla metody podziału C&RT była podobna w podzbiórach (MAPE 16,7-20%), z wyjątkiem klastra zawierającego popołudniowe godziny szczytu o niskim natężeniu ruchu (MAPE 22,6 i 23%). Wyniki wskazują, że oba podejścia do zagadnienia mogą być skutecznie wykorzystane do poprawy jakości modelowania stężeń  $\text{NO}_x$  na obszarach miejskich. Wybór podejścia powinien być uzależniony od celu analizy. Jeśli prognoza ma być wykorzystywana tylko do dostarczania natychmiastowych informacji, na przykład w celu zapewnienia ostrzeżeń publicznych, wówczas metody oparte na C&RT będą wystarczające. Jeśli jednak celem analizy jest identyfikacja konkretnych warunków otoczenia, które sprzyjają osiągnięciu określonego poziomu jakości powietrza, z analizą wpływu poszczególnych czynników i tworzeniem scenariuszy planowania rozwoju lub innych działań związanych z zarządzaniem miastem, wówczas modele oparte na CA zapewniają możliwość uzyskania takich informacji

**SŁOWA KLUCZOWE:** tlenki azotu, uczenie maszynowe, czynniki meteorologiczne, dzielenie danych

### LITERATURA

- [1] J. A. Kamińska and J. Kajewska-Szkudlarek, 'The importance of data splitting in combined  $\text{NO}_x$  concentration modelling', *Science of The Total Environment*, vol. 868, p. 161744, Apr. 2023, doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.161744.



# SESJA 3. EMISJA SPALIN I PROBLEMY POŻAROWE



---

## Ocena stężeń podstawowych składników spalin wytwarzanych przy spalaniu benzyny i benzyny alkilatowej

---

Wiktor Wąsik\*, Agata Walczak, Piotr Piątek

Akademia Pożarnicza, ul. Słowackiego 52/54, 01-629 Warszawa, Polska; wwasik@apoz.edu.pl

### ABSTRAKT

Obecnie obowiązujące przepisy narzucają coraz bardziej rygorystyczne normy dotyczące składu spalin wytwarzanych przez silniki. Dotyczą one jednak głównie silników samochodów i motocykli, a pomijają szeroką grupę sprzętu spalinowego, wykorzystującą małe silniki dwusuwowe i czterosuwowe. Niestety, z uwagi na niewielką odległość między źródłem emisji a drogami oddechowymi użytkowników takich urządzeń, to właśnie w nich emisja toksycznych składników spalin jest szczególnie niebezpieczna [1], [2]. Aktualnie prowadzone są liczne badania, których celem jest znalezienie paliw zastępczych – ekologicznych i bezpieczniejszych dla operatorów takich silników [2], [3], [4]. Jednym z nich jest benzyna alkilatowa o wysokiej liczbie oktanowej, niskim ciśnieniu pary oraz znikomej zawartości siarki, węglowodorów aromatycznych i olefin [5], [6].

Celem pracy było porównanie składu spalin wytwarzanych przez silnik czterosuwowy o zapłonie iskrowym, zasilany benzyną 95 oraz benzyną alkilatową. W badaniach wykorzystano analizator Bosch ETT 8.70, który umożliwił pomiar CO, HC, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> i NO<sub>x</sub> w spalinach. Jego zasada działania opiera się na spektroskopii bezdyspersyjnej w widmie podczerwieni oraz elektrochemicznych sondach pomiarowych O<sub>2</sub> i NO<sub>x</sub>. Pomiary zostały przeprowadzone przy różnych stanach pracy silnika.

Uzyskane wyniki badań potwierdzają, że benzyna alkilatowa, stosowana do zasilania silników spalinowych małej mocy, może stanowić dobrą alternatywę dla tradycyjnej benzyny 95. Mimo to, oba rodzaje spalanego paliwa wytwarzają bardzo duże ilości toksycznych składników spalin, zwłaszcza tlenku węgla. W pewnych stanach pracy silnika wartości CO przy zasilaniu zarówno benzyną alkilatową, jak i tradycyjną 95 przekraczają normy określone w przepisach prawa [7] i danych literaturowych [8]. Badania potwierdzają, że niezależnie od rodzaju spalanego paliwa, wzrost prędkości obrotowej silnika powoduje zwiększenie emisji tlenków azotu.

**SŁOWA KLUCZOWE:** analiza składników spalin, benzyna alkilatowa, NO<sub>x</sub>, tlenek węgla, silnik czterosuwowy

## LITERATURA

- [1] T. Ålander, E. Antikainen, T. Raunemaa, E. Elonen, A. Rautiola, and K. Torkkell, 'Particle Emissions from a Small Two-Stroke Engine: Effects of Fuel, Lubricating Oil, and Exhaust Aftertreatment on Particle Characteristics', *Aerosol Science and Technology*, vol. 39, no. 2, pp. 151–161, Feb. 2005, doi: 10.1080/027868290910224.
- [2] A. A. Zardini *et al.*, 'Reducing the exhaust emissions of unregulated pollutants from small gasoline engines with alkylate fuel and low-ash lube oil', *Environmental Research*, vol. 170, pp. 203–214, Mar. 2019, doi: 10.1016/j.envres.2018.12.021.
- [3] M. Keshavarzi *et al.*, 'Investigation of ketal-acetin mixture synthesized from glycerol as a renewable additive for gasoline-ethanol fuel blend: Physicochemical characterization and engine combustion, performance, and emission assessment', *Fuel*, vol. 348, p. 128519, Sep. 2023, doi: 10.1016/j.fuel.2023.128519.
- [4] H. Chu, L. Xiang, X. Nie, Y. Ya, M. Gu, and J. E., 'Laminar burning velocity and pollutant emissions of the gasoline components and its surrogate fuels: A review', *Fuel*, vol. 269, p. 117451, Jun. 2020, doi: 10.1016/j.fuel.2020.117451.
- [5] Y.-B. Jiang, F.-L. Yu, B. Yuan, C.-X. Xie, and S.-T. Yu, 'Preparation of high-quality alkylated gasoline with low alkane-to-alkene ratio catalyzed by polyether-based Brønsted-Lewis acidic deep eutectic solvent', *Fuel*, vol. 340, p. 127565, May 2023, doi: 10.1016/j.fuel.2023.127565.
- [6] P. Kumar, W. Vermeiren, J.-P. Dath, and W. F. Hoelderich, 'Production of alkylated gasoline using ionic liquids and immobilized ionic liquids', *Applied Catalysis A: General*, vol. 304, pp. 131–141, May 2006, doi: 10.1016/j.apcata.2006.02.030.
- [7] Dz.U., *Obwieszczenie Ministra Infrastruktury z dnia 29 lutego 2024 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia*. 2024, p. Dz.U. 2024 poz. 502. Accessed: Aug. 27, 2024. [Online]. Available: <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20240000502>
- [8] S. Myszkowski, 'Analiza składu spalin silników ZI cz.1', Inter Cars S.A., nr 28 / Wrzesień 2008, 2008.

---

## Emisja pyłów z zapożarowanych składowisk odpadów pogórnich na przykładzie hałdy w Bytomiu

---

Karolina Paszcza<sup>1,2\*</sup>, Mariola Jabłońska<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Szkoła Doktorska w Uniwersytecie Śląskim w Katowicach, ul. Bankowa 14, 40-007 Katowice, Polska; karolina.paszczka@us.edu.pl

<sup>2</sup> Uniwersytet Śląski w Katowicach, Wydział Nauk Przyrodniczych, Instytut Nauk o Ziemi, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec, Polska

### ABSTRAKT

Składowisko w Bytomiu jest zapożarowane w wyniku samozagrzewania. Zawiera odpady z dawnej kopalni węgla kamiennego Radzionków oraz huty cynku Łazarz [1], [2].

Celem pracy jest wskazanie stężenia zanieczyszczeń pyłowych pochodzących z zapożarowanych składowisk odpadów pogórnich. Badania wykonano na hałdzie w Bytomiu w latach 2022–2023, w sezonie letnim oraz zimowym. Pomiary prowadzono w trzech punktach przy źródle emisji. Do badań wykorzystano aparaturę Uniwersyteckich Laboratoriów Kontroli Atmosfery ULKA. Pomiary stężeń pyłów zawieszonych PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> oraz PM<sub>1</sub> wykonano przy pomocy analizatorów cząstek Grey Wolf PC 3500 i PC 4000.

Stężenia pyłów PM<sub>10</sub> w roku 2022 zawierały się w granicach od 0 do 115173.17  $\mu\text{m}/\text{m}^3$ , pyłów PM<sub>2.5</sub> od 9.45 do 23969  $\mu\text{m}/\text{m}^3$ , PM<sub>1</sub> od 5.62 do 91983  $\mu\text{m}/\text{m}^3$ , całkowita zawartość cząstek stałych (TPM) wynosiła od 19.31 do 235564.02  $\text{PM}/\text{m}^3$ . W 2023 roku wartości stężeń pyłów PM<sub>10</sub> wynosiły od 1.46 do 159562.28  $\mu\text{m}/\text{m}^3$ , pyłów PM<sub>2.5</sub> od 0.29 do 2376.58  $\mu\text{m}/\text{m}^3$ , PM<sub>1</sub> od 0.01 do 437.38  $\mu\text{m}/\text{m}^3$ , TPM wynosiło od 1.46 do 439070.16  $\text{PM}/\text{m}^3$ . Obliczono wskaźniki narażenia na zdrowie na podstawie średnich wartości stężeń pyłów zawieszonych. W 2022 udział procentowy pyłów respirabilnych w pyłach zawieszonych wynosił 14.16 % a udział pyłów wnikaających do płuc w pyłach respirabilnych 294.76 %. W 2023 procentowy udział pyłów respirabilnych w pyłach zawieszonych wynosił 1.67 %, natomiast udział pyłów wnikaających do płuc w pyłach respirabilnych 15.93 %.

Niezorganizowane źródła emisji, jakimi są płonące hałdy dostarczają znacznych ilości zanieczyszczeń atmosferycznych [3]. Takie składowiska powinny być ciągle monitorowane, ponieważ stanowią zagrożenie dla środowiska i zdrowia ludzi.

**SŁOWA KLUCZOWE:** emisja pyłów, samozagrzewanie, składowiska odpadów pogórnich, węgiel kamienny, Bytom

## LITERATURA

- [1] Á. Nádudvari, M. J. Fabiańska, M. Misz-Kennan, J. Ciesielczuk, and A. Kowalski, 'Investigation of organic material self-heating in oxygen-depleted condition within a coal-waste dump in Upper Silesia Coal Basin, Poland', *Environ Sci Pollut Res Int*, vol. 27, no. 8, pp. 8285–8307, Mar. 2020, doi: 10.1007/s11356-019-07336-8.
- [2] M. J. Fabiańska, M. Misz-Kennan, J. Ciesielczuk, J. Pierwoła, N. Nitecka, and J. Brzoznowski, 'Thermal history of coal wastes reflected in their organic geochemistry and petrography; the case study: The Katowice-Wełnowiec dump, Poland', *International Journal of Coal Geology*, vol. 184, pp. 11–26, Nov. 2017, doi: 10.1016/j.coal.2017.10.008.
- [3] Ł. Kruszewski *et al.*, 'Carbon-nitrogen compounds, alcohols, mercaptans, monoterpenes, acetates, aldehydes, ketones, SF<sub>6</sub>, PH<sub>3</sub>, and other fire gases in coal-mining waste heaps of Upper Silesian Coal Basin (Poland) – a re-investigation by means of in situ FTIR external database approach', *Science of The Total Environment*, vol. 698, p. 134274, Jan. 2020, doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.134274.

---

## Oszacowanie wielkości emisji i ocena wpływu na jakość powietrza pożaru magazynu odpadów niebezpiecznych w Zielonej Górze

---

Robert Oleniacz\*, Mateusz Rzeszutek

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska, Katedra Kształtowania i Ochrony Środowiska, al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska; oleniacz@agh.edu.pl

### ABSTRAKT

Ocena rodzaju i ilości zanieczyszczeń emitowanych do powietrza z pożaru magazynu odpadów niebezpiecznych i wpływu tego typu pożaru na jakość powietrza jest zagadnieniem stosunkowo trudnym metodycznie. Celem niniejszej pracy było przedstawienie proponowanej metodyki i wyników tego typu oceny na przykładzie pożaru, który wybuchł w Zielonej Górze 22 lipca 2023 r. w hali magazynowej o kubaturze ok. 8000 m<sup>3</sup>, w której nagromadzonych było ok. 4000 Mg odpadów niebezpiecznych [1]. Ocena wielkości emisji zanieczyszczeń do powietrza została oparta na metodzie wskaźnikowej i poprzedzona doborem minimalnego i maksymalnego wskaźnika emisji poszczególnych substancji przyjętych literaturowo w oparciu o pogłębioną analizę wyników opublikowanych prac badawczych z tego zakresu z uwzględnieniem rodzajów odpadów znajdujących się prawdopodobnie w hali magazynowej w momencie pożaru i przebiegu akcji gaśniczej. Ocena wpływu tego pożaru na jakość powietrza w rejonie Zielonej Góry została przeprowadzona z wykorzystaniem systemu modelowania AERMOD (model smugi Gaussa II generacji) [2] oraz danych meteorologicznych pozyskanych z baz ISD, IGRA i ERA5 (reanalizy) [3], [4], [5]. W celu wyznaczenia potencjalnego obszaru rozprzestrzeniania się dymu z pożaru nad terenem Polski wykonano też obliczenia trajektorii w przód i dyspersji emitowanych zanieczyszczeń za pomocą langranżowskiego modelu HYSPLIT zasilonego w globalne dane meteorologiczne NCAR/NCEP [6], [7], [8]. Na podstawie przeprowadzonych analiz i obliczeń stwierdzono, że analizowany pożar stanowił niepomijalne źródło emisji wielu zanieczyszczeń mogących powodować chwilowe wysokie ich stężenia w powietrzu w rejonie Zielonej Góry (zwłaszcza benzo(a)pirenu, sumy WWA, pyłu PM<sub>10</sub> i cyjanowodoru) zarówno przy powierzchni terenu jak i na wysokości najwyższych pięter zabudowy mieszkalnej. Krótkotrwałe oddziaływanie emisji zanieczyszczeń z tego pożaru mogło być obserwowane także w północno-wschodniej części Polski.

**SŁOWA KLUCZOWE:** pożary odpadów, jakość powietrza, modelowanie dyspersji, AERMOD, HYSPLIT

## LITERATURA

- [1] R. Oleniacz and M. Rzeszutek, 'Ekspertyza dotycząca rozprzestrzeniania się chmury zanieczyszczeń z pożaru odpadów niebezpiecznych, magazynowanych w hali przy ul. Przylep-Zakładowa 6 (dz. nr 765/96 obręb 0060) w Zielonej Górze.', AGH, WGGiŚ, Katedra Kształtowania i Ochrony Środowiska, Kraków, 2023.
- [2] EPA, 'AERMOD Model Formulation', Office of Air Quality Planning & Standards, Research ..., EPA-454/B-23-010, Oct. 2023.
- [3] NOAA National Centers for Environmental Information (NCEI), 'Integrated Surface Dataset (Global) (Version Superseded)'. Accessed: Sep. 26, 2024. [Online]. Available: <https://www.ncei.noaa.gov/access/metadata/landing-page/bin/iso?id=gov.noaa.ncdc:C00532>
- [4] I. Durre *et al.*, 'Integrated Global Radiosonde Archive (IGRA), Version 2'. NOAA National Centers for Environmental Information, 2016. doi: 10.7289/V5X63K0Q.
- [5] H. Hersbach *et al.*, 'The ERA5 global reanalysis', *Quart J Royal Meteorol Soc*, vol. 146, no. 730, pp. 1999–2049, Jul. 2020, doi: 10.1002/qj.3803.
- [6] A. F. Stein, R. R. Draxler, G. D. Rolph, B. J. B. Stunder, M. D. Cohen, and F. Ngan, 'NOAA's HYSPLIT Atmospheric Transport and Dispersion Modeling System', *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 96, no. 12, pp. 2059–2077, Dec. 2015, doi: 10.1175/bams-d-14-00110.1.
- [7] NOAA, 'HYSPLIT', Air Resources Laboratory. Accessed: Sep. 26, 2024. [Online]. Available: <https://www.arl.noaa.gov/hysplit/>
- [8] R. Oleniacz *et al.*, 'Assessment of the impact of waste fires on air quality and atmospheric aerosol optical depth: A case study in Poland', *Energy Reports*, vol. 9, pp. 16–38, Jul. 2023, doi: 10.1016/j.egy.2023.03.087.



---

## Analiza porównawcza zanieczyszczenia związkami z grupy BTEX stref czystych i brudnych w wybranych jednostkach ratowniczo-gaśniczych na terenie m.st. Warszawy

---

Piotr Piątek<sup>1\*</sup>, Wioletta Rogula-Kozłowska<sup>1</sup>, Barbara Kozielska<sup>2</sup>, Agata Walczak<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Akademia Pożarnicza, ul. Słowackiego 52/54, 01-629 Warszawa, Polska; ppiatek@apoz.edu.pl

<sup>2</sup> Katedra Ochrony Powietrza, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, Politechnika Śląska, ul. Konarskiego 22B, 44-100 Gliwice, Polska

### ABSTRAKT

W dymie pożarowym znajduje się wiele substancji szkodliwych, takich jak np. lotne związki organiczne, jedno- i wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, pył zawieszony i in. [1], [2], [3], [4], [5]. Szczególną grupę stanowią związki BTEX (benzen, toluen, etylobenzen, ksyleny), uznawane za wskaźnik poziomu narażenia człowieka na działanie LZO [6]. Udowodniono, że wnikają one w strukturę ubrań specjalnych strażaków, a następnie ulegają zjawisku desorpcji, stając się wtórnymi zanieczyszczeniami w powietrzu [7], [8], [9]. Oznacza to, że narażenie występuje nie tylko w trakcie działań ratowniczych, ale także w różnych pomieszczeniach na terenie jednostek ratowniczo-gaśniczych. Dążąc do ograniczenia migracji zanieczyszczeń w JRG rozporządzeniem [10] wprowadzono obowiązek wyznaczenia w nich stref czystych i brudnych.

Celem pracy była ocena stopnia zanieczyszczenia związkami z grupy BTEX stref czystych i brudnych w wybranych JRG na terenie m.st. Warszawy. Badania wykonano w dwóch seriach pomiarowych w 6. różnych JRG. Pomiarzy *in situ* przeprowadzone zostały metodą z pasywnym poborem próby za pomocą rurek sorpcyjnych. Następnie wykonano analizę chromatograficzną w laboratorium analitycznym.

Maksymalne, uśrednione w okresie pomiarowym, wartości stężeń związków z grupy BTEX dla stref brudnych i czystych wynosiły odpowiednio: 42,07 i 30,13  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Niemalże we wszystkich próbkach największe wartości stężeń odnotowano dla toluenu. Obliczone stosunki I/O (*indoor/outdoor*) dla oznaczanych związków w strefach brudnych i czystych zawierały się kolejno w przedziałach:  $0,90 \div 211,57$  oraz  $0,10 \div 45,82$ .

Wyniki przeprowadzonych badań potwierdzają zasadność wyznaczenia stref czystej i brudnej w JRG. Ponadto, zmierzone poziomy stężeń związków z grupy BTEX w powietrzu wewnętrznym (zwłaszcza dla strefy brudnej) są znacznie większe niż w powietrzu atmosferycznym, ale zazwyczaj znacząco mniejsze niż obowiązujące wartości NDS i NDSch.

**SŁOWA KLUCZOWE:** BTEX, ekspozycja wtórna, strefy czysta i brudna, JRG, ryzyko kancerogenne

## LITERATURA

- [1] P. M. Fine, G. R. Cass, i B. R. T. Simoneit, „Chemical Characterization of Fine Particle Emissions from Fireplace Combustion of Woods Grown in the Northeastern United States”, *Environ. Sci. Technol.*, t. 35, nr 13, s. 2665–2675, lip. 2001, doi: 10.1021/es001466k.
- [2] K. W. Fent i in., „Contamination of firefighter personal protective equipment and skin and the effectiveness of decontamination procedures”, *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, t. 14, nr 10, s. 801–814, paź. 2017, doi: 10.1080/15459624.2017.1334904.
- [3] J. L. A. Keir i in., „Elevated Exposures to Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Other Organic Mutagens in Ottawa Firefighters Participating in Emergency, On-Shift Fire Suppression”, *Environ. Sci. Technol.*, t. 51, nr 21, s. 12745–12755, lis. 2017, doi: 10.1021/acs.est.7b02850.
- [4] A. A. Stec i in., „Occupational Exposure to Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Elevated Cancer Incidence in Firefighters”, *Sci Rep*, t. 8, nr 1, s. 2476, luty 2018, doi: 10.1038/s41598-018-20616-6.
- [5] K. W. Fent i in., „Firefighters’ absorption of PAHs and VOCs during controlled residential fires by job assignment and fire attack tactic”, *J Expo Sci Environ Epidemiol*, t. 30, nr 2, s. 338–349, mar. 2020, doi: 10.1038/s41370-019-0145-2.
- [6] E. Marčiulaitienė, V. Šerevičienė, P. Baltrėnas, i E. Baltrėnaitė, „The characteristics of BTEX concentration in various types of environment in the Baltic Sea Region, Lithuania”, *Environ Sci Pollut Res*, t. 24, nr 4, s. 4162–4173, luty 2017, doi: 10.1007/s11356-016-8204-x.
- [7] K. W. Fent i in., „Volatile Organic Compounds Off-gassing from Firefighters’ Personal Protective Equipment Ensembles after Use”, *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, t. 12, nr 6, s. 404–414, cze. 2015, doi: 10.1080/15459624.2015.1025135.
- [8] K. M. Kirk i M. B. Logan, „Structural Fire Fighting Ensembles: Accumulation and Off-gassing of Combustion Products”, *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, t. 12, nr 6, s. 376–383, cze. 2015, doi: 10.1080/15459624.2015.1006638.
- [9] A. P. W. Banks, X. Wang, C. He, M. Gallen, K. V. Thomas, i J. F. Mueller, „Off-Gassing of Semi-Volatile Organic Compounds from Fire-Fighters’ Uniforms in Private Vehicles—A Pilot Study”, *IJERPH*, t. 18, nr 6, s. 3030, mar. 2021, doi: 10.3390/ijerph18063030.
- [10] Dz.U., *Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 31 sierpnia 2021 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpieczeństwa i higieny służby strażaków Państwowej Straży Pożarnej*. 2021, s. Dz.U. 2024 poz. 502. Dostęp: 26 wrzesień 2024. [Online]. Dostępne na: 2021-08-31

---

## Ubrania specjalne strażaków jako potencjalne źródło emisji benzenu i jego pochodnych wewnątrz pomieszczeń

---

Barbara Kozielska<sup>1\*</sup>, Wioletta Rogula-Kozłowska<sup>2</sup>, Piotr Piątek<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Katedra Ochrony Powietrza, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, Politechnika Śląska, ul. Konarskiego 22B, 44-100 Gliwice, Polska; barbara.kozielska@polsl.pl

<sup>2</sup> Akademia Pożarnicza, ul. Słowackiego 52/54, 01-629 Warszawa, Polska

### ABSTRAKT

Strażacy podczas gaszenia pożarów i działań ratowniczych są narażeni na kilkaset różnych związków i ubocznych produktów spalania, w tym wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, cyjanowodór, lotne związki organiczne i in. [1]. Związki te mogą osadzać się i/lub wnikać do przestrzeni wewnętrznej wyposażenia i środków ochrony indywidualnej (ŚOI) strażaków, a następnie, w zależności od lotności, być uwalniane w różnych warunkach [2]. Strażacy podczas zdejmowania ubrań specjalnych, powrotu z działań lub w trakcie odpoczynku w budynkach Jednostek Ochrony Przeciwpożarowej są także narażeni na substancje wydzielające się z ich zanieczyszczonego sprzętu i ŚOI [1]. Co więcej, pozostawienie ubrań specjalnych i sprzętu w szatni lub garażu bez ich wcześniejszej dekontaminacji powoduje rozprzestrzenianie się szkodliwych zanieczyszczeń do innych pomieszczeń [3].

Celem pracy była ocena skuteczności uwalniania benzenu, toluenu, etylobenzenu, ksylenów i styrenu (BTEXS) zaabsorbowanych w/na ubraniach specjalnych strażaków. Ubrania były poddane działaniu związków wydzielających się podczas zasymulowanego spalania drewna (D), płyty pilśniowej (OSB) i mieszanki tworzyw sztucznych (MP) w komorze dymowej, a następnie umieszczone w szczelnej komorze, gdzie pobierano próbki powietrza w różnych odstępach czasu za pomocą rurek pasywnych. Rurki poddano analizie chromatograficznej, wcześniej przeprowadzając desorpcję termiczną.

Średnia suma stężeń BTEXS w komorze po 24-godzinnej ekspozycji ubrań specjalnych wynosiła 438,9; 1039,7 i 268,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  odpowiednio dla D, OSB i MP. We wszystkich próbach największy udział miał toluen 54,4-66,6%. Obliczone wskaźniki emisji dla sumy BTEXS kształtowały się następująco 44,3>16,8>10,0  $\mu\text{g}/\text{h}$  i odpowiadały OSB>D>MP.

Proces desorpcji benzenu i jego pochodnych z ubrań specjalnych strażaków do powietrza zachodzi bardzo szybko. Niezależnie od rodzaju spalanego materiału, o wielkości emisji do powietrza całej grupy BTEXS, w największym stopniu decyduje toluen.

**SŁOWA KLUCZOWE:** LZO, dym pożarowy, ubrania specjalne strażaków, TD-GC, spalanie

### FINANSOWANIE

Praca powstała dzięki dotacji Ministerstwa Spraw Wewnętrznych i Administracji dla Akademii Pożarniczej, a częściowo wykonana w ramach badań statutowych realizowanych na Wydziale Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej.

## LITERATURA

- [1] K. W. Fent *et al.*, 'Firefighters' absorption of PAHs and VOCs during controlled residential fires by job assignment and fire attack tactic', *J Expo Sci Environ Epidemiol*, vol. 30, no. 2, pp. 338–349, Mar. 2020, doi: 10.1038/s41370-019-0145-2.
- [2] A. Girase, A. Shinde, and R. B. Ormond, 'Qualitative Assessment of Off-Gassing of Compounds from Field-Contaminated Firefighter Jackets with Varied Air Exposure Time Intervals Using Headspace GC-MS', *Textiles*, vol. 3, no. 2, pp. 246–256, Jun. 2023, doi: 10.3390/textiles3020016.
- [3] W. Rogula-Kozłowska, K. Bralewska, and I. Jureczko, 'BTEXS Concentrations and Exposure Assessment in a Fire Station', *Atmosphere*, vol. 11, no. 5, p. 470, May 2020, doi: 10.3390/atmos11050470.

---

## Zachowania się obłoku LNG w zmiennych warunkach atmosferycznych

---

Robert Piec

Akademia Pożarnicza, ul. Słowackiego 52/54, 01-629 Warszawa, Polska, rpiec@apoz.edu.pl

### ABSTRAKT

Podstawowym warunkiem, który musi być spełniony przez technologię transportu gazu ziemnego w postaci skroplonej, jest bezpieczeństwo dla ludzi i środowiska. Te same własności LNG, które czynią go tak korzystnym w transporcie, sprawiają, że stosowanie technologii ciekłego gazu ziemnego niesie za sobą pewne potencjalne zagrożenia. Celem badań było określenie zachowania się obłoku LNG w zmiennych warunkach atmosferycznych podczas zdarzenia awaryjnego w transporcie drogowym. Dodatkowym badaniem aspektem było określenie zasadności oceny zasięgu strefy niebezpiecznej w warunkach rzeczywistych za pomocą modelowania komputerowego. Zastosowano eksperyment w postaci symulacji awaryjnego rozszczelnienia cysterny transportującej LNG w warunkach zbliżonych do rzeczywistych w różnych warunkach atmosferycznych, w różnych porach roku. Przeprowadzono szereg serii pomiarowych badań stężenia metanu z wykorzystaniem układu do 30 eksplozometrów rejestrujących stężenie stacjonarnie w danym położeniu w funkcji czasu. Wyniki uzyskane z układu pomiarowego wykazały, iż maksymalne rejestrowane stężenie na granicy widzialnej części chmury powstałej z awaryjnego uwolnienia LNG zmienia się w przedziale 71-110 % LEL. Analiza wyników wskazuje na bardzo duży wpływ warunków atmosferycznych na dyspersję chmury LNG, szczególnie silny, zmienny wiatr stwarza bardzo duże zagrożenie, widzialna chmura (para wodna) nie wyznacza granicy strefy niebezpiecznej, zasadna jest analiza zasięgu za pomocą modelowania komputerowego.

**SŁOWA KLUCZOWE:** LNG, emisja, bezpieczeństwo, modelowanie emisji gazów.

### LITERATURA

- [1] T. Węsierski, R. Piec, M. Majder-Łopatka, B. Król, W. Gawroński, and M. Kwiatkowski, 'Hazards Generated by an LNG Road Tanker Leak: Field Investigation of Vapour Propagation under Class B Conditions of Atmospheric Stability', *Energies*, vol. 14, no. 24, p. 8483, Dec. 2021, doi: 10.3390/en14248483.
- [2] A. Bralewski, 'Analysis of Threats Involving Liquefied Natural Gas (LNG) – Review of Literature Sources', *SFT*, vol. 54, no. 2, pp. 32–53, 2019, doi: 10.12845/sft.54.2.2019.3.
- [3] M. Półka, R. Piec, and D. Olcen, 'Analysis of Fire and Explosion Properties of LNG', *SFT*, vol. 58, no. 2, pp. 58–73, 2021, doi: 10.12845/sft.58.2.2021.4.
- [4] J. L. Woodward and R. M. Pitblado, *LNG Risk Based Safety: Modeling and Consequence Analysis*, 1st ed. Wiley, 2010. doi: 10.1002/9780470590232.



**SESJA 4. POCHODZENIE  
ZANIECZYSZCZEŃ  
I DZIAŁANIA PROEKOLOGICZNE**





---

## Assessing potential health risks of nanoparticle emissions released during industrial metal laser cutting process

---

Lucia Bustin<sup>1\*</sup>, Miroslav Badida<sup>2</sup>, Lýdia Sobotová<sup>2</sup>, Miroslava Badidová<sup>2</sup>, Emília Hroncová<sup>3</sup>,  
Juraj Ladomerský<sup>3</sup>, Torsten Tritscher<sup>1</sup>

<sup>1</sup> TSI GmbH, Neuköllner Str.4, 520 68, Aachen, Germany, lucia.bustin@tsi.com

<sup>2</sup> Institute of Industrial Engineering, Management, Environmental Engineering and Applied, Mathematics Technical University of Kosice, Park Komenského 5, 042 00 Košice, Slovakia

<sup>3</sup> European Science and Research Institute, A. Hlinku 2556/29, 960 01 Zvolen, Slovakia

### ABSTRACT

There is increasing interest in information about nanoparticles emissions as their exposure relates to potential health risks. Due to the fact, the particulate matter closely correlates with their size, which is determining their behavior in respiratory system and their potential toxicity. Measuring exposure to nanoparticles has typically been conducted as academic research using high-end instrumentation and sophisticated software. For many applications, e.g., in the field of Indoor Air Quality and Occupational Health and Safety, this may not be necessary. This contribution presents a case study on nanomaterial exposure using portable online spectrometers measuring particle emissions from 10 nm to 10 µm. Data were collected to analyze workers exposure during industrial operation of metal laser cutting process. The results shown the levels of nanoparticles number concentration highly exceed the recommended value limit for ultrafine particles exposure recommended by WHO in ambient air.

**KEYWORDS:** occupational hygiene, workplace emissions, nanoparticles, laser cutting

### INTRODUCTION

The human health and environmental impacts of airborne particles closely correlates with their size, which is determining their behavior in the air. Size is also a relevant factor for their potential toxicity. Ultrafine particles (UFP) cause significant health concerns due to their typical high number concentration and large surface area. They deposit inside the pulmonary region, from where they can enter the bloodstream, cause inflammation and oxidative stress associated with various diseases. This makes their emissions and exposure critical for public health [1], therefore the evaluation of potential risks of industrial nanoparticle emissions is an important element of the overall assessment.

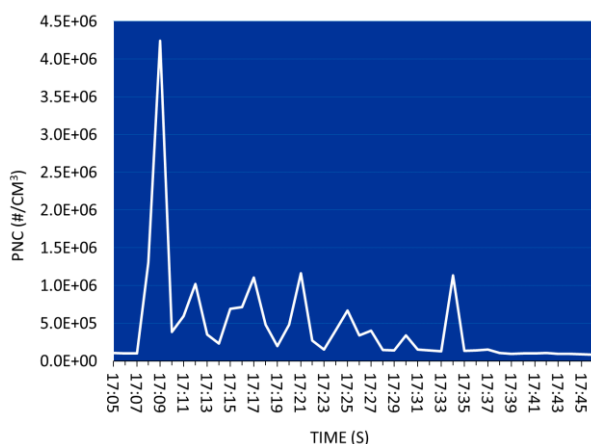
A case study on potential health implications of exposure to nanomaterial during the industrial stainless-steel metal laser cutting process is presented here. Data were collected to analyze workers exposure during the metal cutting operation. This study was stimulated by the Nanoparticle Emission Assessment Technique (NEAT) developed by the NIOSH nanotechnology field research team to evaluate airborne nanomaterial concentrations in the workplace. NIOSH recommends to use a “multi metric approach” including such parameters as particle count, size, mass and surface area. Only the real-time measurements provide a high level of accuracy and repeatability as UFPs concentrations can vary temporally and spatially [2], [3].

## METHODS

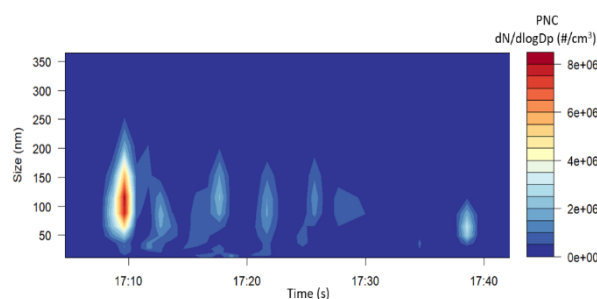
During standard metal laser cutting operations, the particle emissions were measured using two portable size spectrometers: an optical particle sizer (OPS 3330, TSI Incorporated, Shoreview, MN, USA) and a nanoparticle size spectrometer (NanoScan SMPS 3910, TSI). The instruments were positioned above the laser cutting machine, and operated at a consistent sampling rate of one minute. A reference background measurements of the (PSD) and particle number concentration (PNC) were taken before the experiment. Subsequently, the focus shifted to capture the particle emissions over a continuous 36 min stainless steel metal cutting operation. The combined capabilities of both spectrometers allowed us to measure across 26 size bins, and get comprehensive PSD information from 10 nm to 10  $\mu\text{m}$  in diameter during this industrial process.

## RESULTS

The results show elevated PNC in the whole production area. Overall, the background PNC was around 110 000  $\#/\text{cm}^3$ , hardly any of the measurements showed concentrations below 100 000  $\#/\text{cm}^3$ . Even though, there are no official limits for UFPs in industrial environments, one can consider this concentration level as potential health risk. WHO Global Air Quality Guidelines, 2021 [4], refer in their good practice statements the potential health risk is associated with exposure to PNC as high as 10 000  $\#/\text{cm}^3$  in 24-hour average or 20 000  $\#/\text{cm}^3$  in 1-hour average.



**Figure 1:** Total PNC of the emissions from 10-300 nm size fraction emitted during one hour of the laser cutting operation.



**Figure 2:** Contour plot showing the number concentration and size over the time of particle emissions released during one hour the laser metal cutting operation.

During the continuous operation of laser cutting the stainless-steel metal plate the overall PNC of particles in the breathing zone exceeded 106  $\#/\text{cm}^3$  and even reach the value of  $4 \times 10^6$   $\#/\text{cm}^3$  at the beginning of the operation (see Figure 1.).

Almost all of the measured particle emissions in the size range from 10 nm to 10  $\mu\text{m}$  were below 250 nm with dominant peaks at 65 and 100 nm.

These two modes were observed during the overall measurement time with the intervals corresponding to the activity when laser cuts the metal plate (see Figure 2.) Particles in the nanometer range are more biologically active due to their greater surface area per mass [5], we can only assume there is a related potential health risk of the exposed workers.

## SUMMARY

To conclude the measurements taken during the standard daily operation in the metal laser cutting operation demonstrated high PNC of nanoparticles emitted during the industrial process. Since the particle emission intervals are clearly associated with cutting operation, suitable abatement measures shall be considered. A study in the similar facility with laser cutting process showed PNCs below 5000 #/cm<sup>3</sup>. However, for better understanding, more studies including chemical analysis need to be carried out.

## BIBLIOGRAPHY

- [1] L. Morawska *et al.*, 'WHITE PAPER Ambient ultrafine particles: evidence for policy makers', 2019, [Online]. Available: [https://efca.net/files/WHITE%20PAPER-UFP%20evidence%20for%20policy%20makers%20\(25%20OCT\).pdf](https://efca.net/files/WHITE%20PAPER-UFP%20evidence%20for%20policy%20makers%20(25%20OCT).pdf)
- [2] M. Methner, L. Hodson, and C. Geraci, 'Nanoparticle Emission Assessment Technique (NEAT) for the Identification and Measurement of Potential Inhalation Exposure to Engineered Nanomaterials—Part A', *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, vol. 7, no. 3, pp. 127–132, Jan. 2010, doi: 10.1080/15459620903476355.
- [3] M. Methner, L. Hodson, A. Dames, and C. Geraci, 'Nanoparticle Emission Assessment Technique (NEAT) for the Identification and Measurement of Potential Inhalation Exposure to Engineered Nanomaterials—Part B: Results from 12 Field Studies', *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, vol. 7, no. 3, pp. 163–176, Jan. 2010, doi: 10.1080/15459620903508066.
- [4] World Health Organization, 'WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide'. World Health Organization, 2021.
- [5] J.-R. Gurr, A. S. S. Wang, C.-H. Chen, and K.-Y. Jan, 'Ultrafine titanium dioxide particles in the absence of photoactivation can induce oxidative damage to human bronchial epithelial cells', *Toxicology*, vol. 213, no. 1–2, pp. 66–73, Sep. 2005, doi: 10.1016/j.tox.2005.05.007.

---

# Skład pierwiastkowy PM badany z wysoką rozdzielczością czasową (0,5-1h) jako narzędzie w ocenie pochodzenia zanieczyszczeń pyłowych powietrza wybranych regionów Polski

---

Tomasz Mach

MLU Sp. z o. o., ul. Połomińska 16, 40-585 Katowice, Polska, tomasz.mach@mlu.pl

## ABSTRAKT

Prezentacja przedstawia wyniki uzyskane w trakcie prowadzonych badań źródeł pochodzenia pyłu zawieszonego (PM<sub>10</sub> i PM<sub>2.5</sub>). Do wykonania badań został wykorzystany analizator mierzący skład pierwiastkowy pyłu z wysoką rozdzielczością czasową (0,5-1h), wykonującym pomiary w czasie rzeczywistym Horiba PX-375. Badania prowadzone były w latach 2019-2021 trakcie kilku kampanii. W niniejszym okresie, zaplanowany został cykl pomiarowy składający się z kilku sesji pomiarowych. Pierwszy i zasadniczy cykl tych serii stanowiły trzy kampanie: zimowa 2019, letnia 2020 oraz zimowa 2020. Pomiary wykonano w niewielkiej miejscowości w województwie opolskim Kotórz Mały. Do badań, zastosowana została specjalnie zbudowana na ten cel automatyczna stacja pomiarowa. Wykonanie powyższych serii pomiarowych pozwoliło na pozyskanie bardzo dużego zestawu reprezentatywnych danych pomiarowych. W trakcie prowadzonych serii pomiarowych określony został skład pierwiastkowy pyłu PM<sub>10</sub> w próbkach jednogodzinowych. Kolejne sesje pomiarowe wykonane zostały w lutym 2020. W trakcie dwudniowych badań przeprowadzonych w laboratorium Szkoły Głównej Służby Pożarniczej, wyznaczony został i opisany matematycznie rozkład masy i liczby ziaren pyłu względem średnicy aerodynamicznej podczas spalania różnego rodzaju materiałów w pożarach. Kolejne siedmiodniowe badania przeprowadzone zostały w sierpniu 2021 r. Głównym ich celem było przeprowadzenie wstępnych badań godzinowej i dobowej zmienności stężeń pięciu interesujących pierwiastków (Pb, Ni, Zn, Mn i V) związanych z drobnym pyłem zawieszonym PM<sub>2.5</sub> w typowym ośrodku miejskim pod Warszawą. Również w roku 2021 przeprowadzone zostały badania porównujące wykorzystywaną metodykę pomiarową z metodą grawimetryczną + atomowa spektrometria absorpcyjna GM+AAS, oraz szereg badań w wybranych receptorach w Warszawie. Zlokalizowane były one przy dużych trasach komunikacyjnych oraz w pobliżu remiz strażackich wyposażonych w ciężki sprzęt ratowniczo-gaśniczych.

**SŁOWA KLUCZOWE:** pył zawieszony, skład pierwiastkowy pyłu, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, źródła pochodzenia pyłu

## LITERATURA

- [1] K. Juda-Rezler and B. Toczko, Eds., 'Pyły drobne w atmosferze. Kompendium wiedzy o zanieczyszczeniu powietrza pyłem zawieszonym w Polsce'. INSPEKCJA OCHRONY ŚRODOWISKA, 2016.
- [2] W. Rogula-Kozłowska, G. Majewski, B. Błaszczak, K. Klejnowski, and P. Rogula-Kopiec, 'Origin-oriented elemental profile of fine ambient particulate matter in central European suburban conditions', *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 13, no. 7, 2016, doi: 10.3390/ijerph13070715.
- [3] B. Błaszczak, W. Rogula-Kozłowska, B. Mathews, K. Juda-Rezler, K. Klejnowski, and P. Rogula-Kopiec, 'Chemical compositions of PM<sub>2.5</sub> at two non-urban sites from the polluted region in Europe', *Aerosol Air Qual. Res.*, vol. 16, no. 10, pp. 2333–2348, 2016, doi: 10.4209/aaqr.2015.09.0538.
- [4] K. W. Fomba et al., 'Variations of the aerosol chemical composition during Asian dust storm at Dushanbe, Tajikistan', *E3S Web Conf.*, vol. 99, p. 03007, 2019, doi: 10.1051/e3sconf/20199903007.

---

## Wpływ wybranych parametrów na proces suchego odsiarczania spalin

---

Justyna Czerwińska\*, Grzegorz Wielgosiński

Politechnika Łódzka, Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska, ul. Wólczarska 213, 93-005 Łódź;  
justyna.czerwinska@p.lodz.pl

### ABSTRAKT

Dwutlenek siarki jest zanieczyszczeniem gazowym uwalnianym do atmosfery między innymi z procesów spalania paliw (stałych, ciekłych i gazowych), a także podczas erupcji wulkanów [1]. Według Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zarządzania Emisjami głównymi źródłami emisji dwutlenku siarki do atmosfery w Polsce są: energia, procesy przemysłowe, rolnictwo oraz odpady [2].

Modele kinetyczne procesu suchego odsiarczania spalin zawarte w literaturze w większości oparte są o stężenie dwutlenku siarki oraz wpływ temperatury [3], [4], [5].

Celem pracy było zbadanie wpływu reagentów stałych wapniowych na skuteczność usuwania dwutlenku siarki z gazów spalinowych spalarni odpadów medycznych, a następnie opracowanie modelu kinetycznego opisującego proces. Przy modelowaniu została uwzględniona powierzchnia właściwa reagentów oraz wilgotność spalin. Podczas wykonywania badań zostało wykorzystanych sześć reagentów wapniowych w postaci tlenku wapnia. Pierwszym etapem badań było przeprowadzenie prób skuteczności suchego odsiarczania przy użyciu reagentów wapniowych w warunkach normalnej pracy instalacji. Dodatkowo w celu zwiększenia zakresu stężeń dwutlenku siarki w spalinach podczas badań do pojemników z odpadami kierowanymi do spalania dodawana była siarka mielona. W pierwszej godzinie prowadzenia badań dodawano po 0,5 kg siarki, a w kolejnej 1,0 kg. W przeciągu godziny do komory spalania załadowywanych było około 5 - 6 pojemników.

Na podstawie zebranych danych stwierdzono, że skuteczność suchego odsiarczania spalin może osiągnąć nawet 99%. Końcowa postać stałej szybkości reakcji opracowanego modelu wygląda następująco:

$$k = (0,05 + 0,086 \cdot C_w - 0,0869 \cdot C_w^2) \cdot \exp\left(-\frac{10616978}{RT}\right)$$

**SŁOWA KLUCZOWE:** suche odsiarczanie spalin, spalanie odpadów

### LITERATURA

- [1] G. Wielgosiński and R. Zarzycki, *Technologie i procesy ochrony powietrza*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2018.
- [2] KOBIZE, 'Krajowy bilans emisji SO<sub>2</sub>, NO<sub>X</sub>, CO, NH<sub>3</sub> i TZO za lata 1990-2021. Raport syntetyczny', Instytut Ochrony Środowiska - PIB, Jan. 2023.
- [3] I. Fernández, A. Garea, and A. Irabien, 'Flue-gas desulfurization at medium temperatures. Kinetic model validation from thermogravimetric data', *Fuel*, vol. 77, no. 7, pp. 749–755, May 1998, doi: 10.1016/S0016-2361(97)00245-7.
- [4] L. Vafajoo, S. Sabbaghian, and B. Beigy, 'Flue gas desulfurization utilizing limestone particles: A CFD modeling', *Middle East Journal of Scientific Research*, vol. 17, pp. 600–606, Jan. 2013, doi: 10.5829/idosi.mejsr.2013.17.05.12210.
- [5] C. Wu, S.-J. Khang, T. C. Keener, and S.-K. Lee, 'A model for dry sodium bicarbonate duct injection flue gas desulfurization', *Advances in Environmental Research*, vol. 8, no. 3, pp. 655–666, Mar. 2004, doi: 10.1016/S1093-0191(03)00038-8.



---

# Redukcja stężeń zanieczyszczeń powietrza otaczającego za pomocą innowacyjnych materiałów fotokatalitycznych

---

Janusz Jarosławski<sup>1\*</sup>, Wioletta Jackiewicz-Rek<sup>2</sup>, Hubert Witkowski<sup>2</sup>,  
Maciej Kalinowski<sup>2</sup>, Karol Chilmon<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instytut Geofizyki PAN, Księcia Janusza 64, 01-452 Warszawa, Polska, januszj@igf.edu.pl

<sup>2</sup> Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Warszawska, Al. Armii Ludowej 16, 00-637 Warszawa, Polska

## ABSTRAKT

Stężenia zanieczyszczeń powietrza w centrach europejskich miast często przekraczają dopuszczalne normy. Najczęściej stosowaną strategią walki z tym zjawiskiem jest ograniczanie ruchu kołowego w obrębie centrów miast do pojazdów nisko lub bezemisyjnych. W niniejszej pracy przedstawiono wyniki badań nad materiałami budowlanymi modyfikowanymi fotokatalizatorami. Materiały te mogą przyczynić się do poprawy jakości powietrza w miastach na drodze zjawiska fotokatalizy heterogenicznej. Do badania ich skuteczności w redukcji wybranych gazowych zanieczyszczeń powietrza (tlenki azotu, ozon, benzen) zbudowano laboratoryjne stanowisko pomiarowe zawierające generator stężeń zanieczyszczeń, komorę reakcyjną, źródło światła oraz zestaw pomiarowy (analizatory gazów). Przebadano kompozyty cementowe o zewnętrznej warstwie fotokatalitycznej w składzie której znajdował się dwutlenek tytanu w różnych odmianach polimorficznych. Wyniki pomiarów wykazały redukcję stężeń tlenków azotu rzędu 40%, redukcję stężeń ozonu do 15% oraz redukcję stężeń benzenu do 10% w warunkach oświetleniowych zbliżonych do tych naturalnie występujących w Polsce w okresie letnim. Materiały fotokatalityczne mogą być stosowane zarówno do nawierzchni drogowych i pieszych, jak również do elementów fasadowych (farby). Przy szerokim stosowaniu mogą stanowić uzupełnienie lub alternatywę dla innych inicjatyw mających na celu poprawę jakości powietrza w miastach. Wykonano eksperyment terenowy z zastosowaniem badanych materiałów. Wyniki przeprowadzonej kampanii pomiarowej wskazują na istotną redukcję stężeń badanych zanieczyszczeń nad powierzchnią fotokatalityczną.

**SŁOWA KLUCZOWE:** materiały fotokatalityczne, tlenki azotu, ozon, benzen

## LITERATURA

- [1] S. Sharma i in., „An overview on recent progress in photocatalytic air purification: Metal-based and metal-free photocatalysis”, *Environmental Research*, t. 214, s. 113995, lis. 2022, doi: 10.1016/j.envres.2022.113995.
- [2] H. Witkowski, J. Jarosławski, i A. Tryfon-Bojarska, „Application of Photocatalytic Concrete Paving Blocks in Poland—Verification of Effectiveness of Nitric Oxides Reduction and Novel Test Method”, *Materials*, t. 13, nr 22, s. 5183, lis. 2020, doi: 10.3390/ma13225183.
- [3] H. Witkowski, W. Jackiewicz-Rek, K. Chilmon, J. Jarosławski, A. Tryfon-Bojarska, i A. Gąsiński, „Air Purification Performance of Photocatalytic Concrete Paving Blocks after Seven Years of Service”, *Applied Sciences*, t. 9, nr 9, s. 1735, kwi. 2019, doi: 10.3390/app9091735.
- [4] M. M. Ballari i H. J. H. Brouwers, „Full scale demonstration of air-purifying pavement”, *Journal of Hazardous Materials*, t. 254–255, s. 406–414, cze. 2013, doi: 10.1016/j.jhazmat.2013.02.012.

---

## Ładunek azotu nieorganicznego wprowadzany w rejonie Gdyni z mokrą depozycją do Morza Bałtyckiego w latach 2005-2006 oraz 2019-2020

---

Anita Lewandowska\*, Michalina Bielawska

Katedra Oceanografii Chemicznej i Geologii Morza, Wydział Oceanografii i Geografii, Uniwersytet Gdański, Al. Marszałka J. Piłsudskiego 46, 81 – 378, Gdynia, Polska; anita.lewandowska@ug.edu.pl

### ABSTRAKT

Nieorganiczne związki azotu w dolnej troposferze w znaczącej części pochodzą ze źródeł antropogenicznych [1], [2]. Najefektywniejszym procesem ich usuwania z atmosfery jest mokra depozycja [3], [4]. Proces ten może negatywnie wpływać na środowisko naturalne, w tym akwenty wodne [5]. W przypadku Bałtyku dopływ azotu z atmosfery może wzmacniać eutrofizację zbiornika [6]. Celem niniejszych badań było oszacowanie wielkości ładunku azotu nieorganicznego wprowadzanego z opadem atmosferycznym do strefy brzegowej morza w rejonie Gdyni w dwóch okresach oddalonych od siebie w czasie o kilkanaście lat (2005-2006 i 2019-2020). Próbkę opadów zebrano z wykorzystaniem automatycznego kolektora Wados. Określono ich objętość, pH i przewodnictwo. Następnie metodą chromatografii jonowej wyznaczono w nich stężenie jonów azotanowych i amonowych. Równolegle, w obydwu okresach badawczych, analizie poddano warunki synoptyczne i trajektorie mas powietrza. Na podstawie uzyskanych wyników ustalono, że w okresie 2019-2020 opady charakteryzowały się wyższym pH i niższym przewodnictwem (6,1 i 54,8  $\square$ S·cm<sup>-1</sup>, odpowiednio) w porównaniu z opadami z okresu 2005-2006 (5,5 i 61,0  $\square$ S·cm<sup>-1</sup>, odpowiednio). Ładunek nieorganicznych związków azotu wnoszony z opadem mokrym do Morza Bałtyckiego w rejonie Gdyni w latach 2019-2020 był nieznacznie wyższy od uzyskanego w okresie 2005-2006 (659,9 i 628,5 mg·m<sup>-2</sup>·rok<sup>-1</sup>). Oszacowano, że w pierwszym okresie badań dominującym źródłem związków azotu w atmosferze był sektor komunalno-bytowy, a w drugim transport. Wpływ transportu zaznaczył się zwłaszcza latem 2020 roku, gdy ze względu na obostrzenia związane z epidemią COVID-19 ograniczony został ruch międzynarodowy. Wówczas w rejon Trójmiasta napłynęło więcej turystów niż zazwyczaj. Sprzyjały temu wówczas także panujące warunki synoptyczne.

**SŁOWA KLUCZOWE:** depozycja atmosferyczna, jakość opadów, ładunek związków azotu, Gdynia

### LITERATURA

- [1] K. A. Anderson and J. A. Downing, 'Dry and wet atmospheric deposition of nitrogen, phosphorus and silicon in an agricultural region', *Water Air Soil Pollut*, vol. 176, no. 1–4, pp. 351–374, Sep. 2006, doi: 10.1007/s11270-006-9172-4.
- [2] T. Kotowski, J. Motyka, W. Knap, and J. Bielewski, '17-Year study on the chemical composition of rain, snow and sleet in very dusty air (Krakow, Poland)', *Journal of Hydrology*, vol. 582, p. 124543, Mar. 2020, doi: 10.1016/j.jhydrol.2020.124543.
- [3] Y. P. Pan and Y. S. Wang, 'Atmospheric wet and dry deposition of trace elements at 10 sites in Northern China', *Atmos. Chem. Phys.*, vol. 15, no. 2, pp. 951–972, Jan. 2015, doi: 10.5194/acp-15-951-2015.
- [4] A. Witkowska, A. Lewandowska, and L. M. Falkowska, 'Parallel measurements of organic and elemental carbon dry (PM1, PM2.5) and wet (rain, snow, mixed) deposition into the Baltic Sea', *Marine Pollution Bulletin*, vol. 104, no. 1–2, pp. 303–312, Mar. 2016, doi: 10.1016/j.marpolbul.2016.01.003.
- [5] T. Abbasi, P. Poornima, T. Kannadasan, and S. A. Abbasi, 'Acid rain: past, present, and future', *IJEE*, vol. 5, no. 3, p. 229, 2013, doi: 10.1504/IJEE.2013.054703.
- [6] M. Kanakidou *et al.*, 'Past, Present, and Future Atmospheric Nitrogen Deposition', *Journal of the Atmospheric Sciences*, vol. 73, no. 5, pp. 2039–2047, May 2016, doi: 10.1175/JAS-D-15-0278.1.





# SESJA 5. MONITORING JAKOŚCI POWIETRZA, EMISJA ODORÓW



---

## Krajowy Program Współpracy Serwisu Monitoringu Atmosfery Copernicus: źródło danych dla administracji, platforma współpracy naukowej oraz narzędzie otwartej edukacji

---

Joanna Strużewska\*, Karol Przeździecki, Paweł Durka, Grzegorz Jeleniewicz, Aneta Gienibor

Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Stowicza 32, 02-170 Warszawa, Polska  
joanna.struzewska@ios.edu.pl

### ABSTRAKT

Krajowy Program Współpracy Serwisu Monitoringu Atmosfery Copernicus (CAMS NCP [1]) dla Polski, uruchomiony w maju 2023 roku, stanowi istotny krok w kierunku integracji krajowych działań na rzecz jakości powietrza w Polsce, a europejskim programem Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS). Projekt koncentruje się na wybranych działaniach, które obejmują bezpośrednie udostępnianie danych CAMS, downscaling prognoz jakości powietrza oraz analizy emisji zanieczyszczeń. W ramach działań związanych z udostępnianiem danych, stworzono repozytorium przetworzonych produktów satelitarnych Sentinel5P. Dodatkowo, rozwijany jest portal [2], na którym publikowane są prognozy alergenów roślinnych oraz downscaling prognozy CAMS, dostarczane równoległe do krajowych prognoz jakości powietrza opracowywanych przez IOŚ-PIB dla Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska. W ramach wspierania oceny jakości powietrza, wykorzystywane są również produkty CAMS opisujące napływ pyłu pustynnego oraz pyłu pochodzącego z pożarów biomasy. Ważnym elementem programu są działania komunikacyjne i edukacyjne. Zrealizowano m.in. badania ankietowe mające na celu ocenę poziomu świadomości społeczeństwa w zakresie jakości powietrza, a wyniki tych badań są dostępne w formie raportu na stronie internetowej programu. Ponadto, współpraca z liceami ogólnokształcącymi pozwoliła na opracowanie materiałów edukacyjnych dotyczące tematów wskazanych jako interesujące przez młodzieży i nauczycieli. IOŚ-PIB, odpowiedzialny za implementację CAMS NCP, pełni również kluczową rolę w ustawowym wsparciu administracji w zakresie modelowania jakości powietrza [3]. Dzięki temu możliwa jest integracja działań rutynowych i operacyjnych z nowymi możliwościami rozwijanymi przez CAMS w standardach wsparcia. Równocześnie współpraca z różnymi ośrodkami naukowymi w Polsce, które od lat prowadzą badania w dziedzinie jakości powietrza umożliwia szerokie udostępnienie wypracowanych danych oraz wymianę doświadczeń. Krajowy Program Współpracy jest działaniem wieloletnim, a katalog produktów CAMS będzie systematycznie poszerzany.

**SŁOWA KLUCZOWE:** CAMS, Krajowy Program Współpracy, jakość powietrza, zanieczyszczenie atmosfery, emisje antropogeniczne, modelowanie atmosfery

### LITERATURA

- [1] Copernicus, ‘CAMS National Collaboration Programme | Copernicus’. Accessed: Sep. 26, 2024. [Online]. Available: <https://atmosphere.copernicus.eu/cams-national-collaboration-programme>
- [2] IOŚ, ‘Krajowy program współpracy - Serwis Monitoringu Atmosfery Copernicus’, Krajowy program współpracy - Serwis Monitoringu Atmosfery Copernicus. Accessed: Sep. 26, 2024. [Online]. Available: <https://cams.ios.edu.pl/>
- [3] IOŚ, ‘Prognoza jakości powietrza’, Instytut Ochrony Środowiska. Accessed: Sep. 26, 2024. [Online]. Available: <https://ios.edu.pl/jakosc-powietrza/>

---

## Jakość powietrza w trakcie SYLWESTRA 2022/2023 – analiza składu frakcyjnego pyłu w różnych punktach aglomeracji warszawskiej

---

Jan Stefan Bihaliowicz<sup>1\*</sup>, Wioletta Rogula-Kozłowska<sup>1</sup>,  
Artur Badyda<sup>2</sup>, Grzegorz Majewski<sup>3</sup>, Barbara Klik<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Akademia Pożarnicza, ul. Słowackiego 52/54, 01-629 Warszawa, Polska jbihaliowicz@apoz.edu.pl;

<sup>2</sup> Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska, ul. Nowowiejska 20, 00-653 Warszawa, Polska;

<sup>3</sup> Instytut Inżynierii Środowiska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa, Polska

### ABSTRAKT

Jednym z szeroko dyskutowanych źródeł pyłu zawieszonego jest świętowanie podczas różnych wydarzeń z użyciem materiałów pirotechnicznych. W Polsce szeroko celebrowanym wydarzeniem jest corocznie dzień 31 grudnia, na który przypada tzw. SYLWESTER. Analiza pyłu emitowanego w trakcie tego i podobnych zdarzeń jest trudna, ponieważ pokazy pirotechniczne są źródłem działającym dość krótko co powoduje jedynie chwilowy wzrost stężeń zanieczyszczeń, w tym tematu tej analizy - pyłu zawieszonego. Głównie z tego względu wykluczyć należy przydatność metod grawimetrycznych w analizie wpływu użycia fajerwerków na stężenia i skład frakcyjnych pyłu zawieszonego w powietrzu. Zastosowanie mają silnie rozdzielcze czasowo metody określania stężeń pyłu takie jak m.in. optyczna spektrometria. W ramach niniejszej pracy zbadano skład frakcyjny pyłu na obszarze aglomeracji warszawskiej przed, w trakcie i po świętowaniu SYLWESTRA 2022/2023. Pomiar odbyły się w 5 punktach na terenie Warszawskiego Obszaru Metropolitalnego, z czego 4 z nich były zlokalizowane na terenie M. St. Warszawy. Do pomiarów wykorzystano spektrometry optyczne Palas Fidas 200 [1], Palas AQGuard [2] oraz GRIMM 11D [3]. Analiza przebiegów czasowych stężeń wykazała, że tuż po północy występują zauważalne wzrosty stężeń pyłu, które następnie tracą na sile w taki sposób, że po 2 godzinach nie stwierdza się już istotnej różnicy stężeń spowodowanych fajerwerkami. Analiza rozkładów liczbowych wskazuje na istotny wzrost liczby cząstek z zakresu wielkości 0,1-0,2 mikrometra, który ma miejsce tuż po północy. Wzrost stężeń masowych pyłu również jest obserwowany w tym zakresie średnic, jednakże w rozkładach stężeń masowych zaznacza się również obecność większych cząstek, które ze względu na masę znacząco wpływają na stężenia frakcji PM10, TSP. Korzystając z testów Shapiro-Wilka oraz *t*-Welcha [4], [5], [6] wykazano, że parametry rozkładów takie jak średnice medialne i geometryczne odchylenia standardowe [7], [8] różnią się istotnie dla odczytów stężeń prowadzonych w przedziałach godzinowych 22:02-00:00 i 00:02-02:00.

**SŁOWA KLUCZOWE:** fajerwerki, rozkład masowy, rozkład liczbowy, pył submikronowy

## LITERATURA

- [1] PALAS GmbH, 'Fidas® 200 EN 16450 approved fine dust measurement device for simultaneous measurement of PM2.5 and PM10'. Accessed: Sep. 15, 2023. [Online]. Available: <https://www.palas.de/en/product/fidas200>
- [2] Palas GmbH, 'AQ Guard', Palas. Accessed: Sep. 17, 2024. [Online]. Available: <https://www.palas.de/en/product/aq-guard>
- [3] DURAG HOLDING AG, 'DustDecoder 11-D'. Accessed: Sep. 17, 2024. [Online]. Available: <https://www.durag.com/en/product-filter-837.htm?productID=DustDecoder%2011-D>
- [4] G. Van Rossum and F. L. Drake, *Python 3 Reference Manual*. Scotts Valley, CA: CreateSpace, 2009.
- [5] P. Virtanen *et al.*, 'SciPy 1.0: fundamental algorithms for scientific computing in Python', *Nature Methods*, vol. 17, no. 3, pp. 261–272, Mar. 2020, doi: 10.1038/s41592-019-0686-2.
- [6] The pandas development team, 'pandas-dev/pandas: Pandas', Feb. 2020, doi: 10.5281/zenodo.3509134.
- [7] W. C. Hinds and Y. Zhu, *Aerosol technology: properties, behavior, and measurement of airborne particles*, Third edition. Hoboken, NJ: Wiley, 2022.
- [8] TSI Incorporated, 'AEROSOL STATISTICS LOGNORMAL DISTRIBUTIONS AND dN/dlogDp', APPLICATION NOTE PR-001, 2012. Accessed: Sep. 23, 2023. [Online]. Available: [https://tsi.com/getmedia/1621329b-f410-4dce-992b-e21e1584481a/PR-001-RevA\\_Aerosol-Statistics-AppNote?ext=.pdf](https://tsi.com/getmedia/1621329b-f410-4dce-992b-e21e1584481a/PR-001-RevA_Aerosol-Statistics-AppNote?ext=.pdf)

---

## Refleksja nad jakością powietrza w Trójmieście przed, w trakcie i po pandemii COVID-19

---

Michalina Bielawska\*, Anita Lewandowska, Martyna Malinowska

Katedra Oceanografii Chemicznej i Geologii Morza, Wydział Oceanografii i Geografii, Uniwersytet Gdański, Al. Marszałka J. Piłsudskiego 46, 81 – 378, Gdynia, Polska; michalina.bielawska@ug.edu.pl

### ABSTRAKT

Zanieczyszczenie atmosfery jest największym środowiskowym zagrożeniem dla zdrowia w Europie, zwłaszcza na obszarach miejskich. Mimo, że w ostatnich dwudziestu latach emisja kluczowych substancji zanieczyszczających powietrze i ich stężenia znacznie zmalały, jakość powietrza w wielu rejonach Europy, w tym w Polsce, pozostawia wiele do życzenia [1]. W roku 2020 świat zmierzył się z pandemią COVID-19. Wówczas okazało się, że na skutek wprowadzonych obostrzeń nawet w wielkich aglomeracjach doszło do znaczącej poprawy jakości powietrza [2], [3]. Celem niniejszych badań było ustalenie, czy w Trójmieście wprowadzenie obostrzeń związanych z COVID-19 miało znaczenie dla jakości powietrza. Porównano zmienność stężeń dwutlenku siarki, dwutlenku azotu oraz pyłów PM<sub>10</sub> na 5 stacjach Fundacji ARMAG (Agencja Regionalnego Monitoringu Atmosfery Gdańsk-Gdynia-Sopot) w trzech okresach pomiarowych: przed pandemią (lata 2016-2019), w epicentrum pandemii (rok 2020) oraz bezpośrednio po pandemii (lata 2021-2023). Pomiary prowadzono na stacjach tła miejskiego, z których trzy zlokalizowane są w Gdańsku, a dwie w Gdyni. Analiza uzyskanych wyników pozwoliła ustalić, że stężenie dwutlenku siarki i dwutlenku azotu w roku 2020 było niższe względem okresu przed (lata 2016-2019), jak i po pandemii (lata 2021-2023). W odniesieniu do PM<sub>10</sub> nie stwierdzono jednoznacznej tendencji zmian stężenia. Dodatkowo okazało się, że w roku 2020, miesiąc po wprowadzeniu ograniczenia ruchu komunikacyjnego, zarówno w atmosferze nad Gdynią, jak i nad Gdańskiem redukcji uległo stężenie dwutlenku azotu i pyłu PM<sub>10</sub>. W przypadku dwutlenku siarki tendencja była odwrotna. Praca zdalna i pozostawanie ludzi w domach w pierwszych trzech miesiącach pandemii skutkowało wzrostem stężenia tego gazu w nad Trójmiastem.

**SŁOWA KLUCZOWE:** PM<sub>10</sub>/SO<sub>2</sub>/NO<sub>2</sub>, jakość powietrza, wpływ pandemii, Trójmiasto

### LITERATURA

- [1] EEA, 'Air quality in Europe — 2019 report', 2019.
- [2] P. Kumari and D. Toshniwal, 'Impact of lockdown on air quality over major cities across the globe during COVID-19 pandemic', *Urban Climate*, vol. 34, p. 100719, Dec. 2020, doi: 10.1016/j.uclim.2020.100719.
- [3] S. Srivastava, A. Kumar, K. Bauddh, A. S. Gautam, and S. Kumar, '21-Day Lockdown in India Dramatically Reduced Air Pollution Indices in Lucknow and New Delhi, India', *Bull Environ Contam Toxicol*, vol. 105, no. 1, pp. 9–17, Jul. 2020, doi: 10.1007/s00128-020-02895-w.

---

## Analiza przydatności wybranych metod pomiarowych i obliczeniowych w ocenie zapachowego oddziaływania obiektów gospodarki komunalnej

---

Izabela Sówka\*, Justyna Jońca, Urszula Miller, Magdalena Wróbel, Yaroslav Bezyk,  
Elżbieta Romanik, Beata Merenda, Julia Kaszubowska

Katedra Inżynierii Ochrony Środowiska, Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Wrocławska, Wyb. Wyspiańskiego 27,  
50-370 Wrocław, Polska, izabela.sowka@pwr.edu.pl

### ABSTRAKT

Emisja związków złowonnych, zwłaszcza tworzących mieszaninę odbieraną jako nieprzyjemną i charakteryzującą się dużą intensywnością, przy powtarzających się i niesprzyjających rozprzestrzenianiu zanieczyszczeń warunkach meteorologicznych może powodować dyskomfort życia i negatywny odbiór osób zamieszkujących tereny położone blisko obiektów powiązanych z gospodarką odpadami oraz gospodarką wodno-ściekową. Procesy i operacje realizowane na obszarach zakładów gospodarowania odpadami oraz oczyszczalni ścieków wraz z różnorodnością typu oraz charakterystyki źródeł połączoną z dużą czasowo-przestrzenną zmiennością emisji powodują, że tego typu obiekty są wskazywane jako uciążliwe zapachowo [1], [2]. W związku z tym iż w większości przypadków tego typu aktywności, mamy do czynienia z emisją powierzchniową, niezorganizowaną istotnym w przypadku oceny oddziaływania zapachowego jest aby rozpoznać na terenie badanych obiektów wszystkie potencjalne źródła emisji odorów i dokonać ich właściwej identyfikacji [3], [4], [5], [6].

W pracy przedstawione zostaną zarówno wady i zalety, jak i zakres zastosowań wybranych metod sensorycznych, analitycznych oraz modelowania matematycznego z uwzględnieniem tzw. studiów przypadków (z ang. case studies) dla wybranych obiektów położonych na Dolnym Śląsku oraz z uwzględnieniem najnowszych danych pozyskanych z analizy wyników badań naukowych, jak i rozwiązań powszechnie dostępnych o charakterze komercyjnym. Prowadzone zarówno w Polsce, jak na świecie badania, w większości tzw. złożonych pod kątem charakterystyki zapachowej terenów, wskazują na konieczność jednoczesnego zastosowania nawet kilku metod pomiarowych i obliczeniowych. Wskazanie właściwych, dostępnych na rynku rozwiązań służących wiarygodnej ocenie oddziaływania zapachowego jest istotne zwłaszcza w sytuacji, kiedy mamy do czynienia z konfliktami społecznymi, których przyczyną jest emisja związków złowonnych i/lub ich mieszanin.

**SŁOWA KLUCZOWE:** odory, zakład gospodarowania odpadami, oczyszczalnia ścieków, emisja niezorganizowana

### LITERATURA

- [1] R. Barczak, A. Kulig, and M. Szydłowski, 'Olfactometric methods application for odour nuisance assessment of wastewater treatment facilities in poland', *Chemical Engineering Transactions*, vol. 30, pp. 187–192, Sep. 2012, doi: 10.3303/CET1230032.
- [2] A. Kulig, K. Lelicińska-Serafin, J. Podedworna, G. Sinicyn, Z. Heidrich, and B. Czyzkowski, 'Identyfikacja, inwentaryzacja i charakterystyka źródeł odorantów w gospodarce komunalnej w Polsce', in *Współczesna problematyka odorów*, WNT, 2010, pp. 14–53.
- [3] J. Badach *et al.*, 'A case study of odour nuisance evaluation in the context of integrated urban planning', *Journal of Environmental Management*, vol. 213, pp. 417–424, May 2018, doi: 10.1016/j.jenvman.2018.02.086.



- [4] P. Sobczyński, U. Miller, and I. Sówka, 'Variability of Odour Emissions from Selected Passive Area Source: Preliminary Analysis for a One-year Study at a Municipal Wastewater Treatment Plant in Poland', *Rocznik Ochrona Środowiska*, vol. 25, pp. 228–234, 2023, doi: 10.54740/ros.2023.023.
- [5] M. Pawnuk, B. Szulczyński, E. den Boer, and I. Sówka, 'Preliminary analysis of the state of municipal waste management technology in Poland along with the identification of waste treatment processes in terms of odor emissions', *Archives of Environmental Protection*; 2022; 48; 3; 3-20, 2022, Accessed: Sep. 26, 2024. [Online]. Available: <https://journals.pan.pl/dlibra/publication/142685/edition/124071>
- [6] M. Wiśniewska, A. Kulig, and K. Lelicińska-Serafin, 'The Impact of Technological Processes on Odorant Emissions at Municipal Waste Biogas Plants', *Sustainability*, vol. 12, no. 13, p. 5457, Jul. 2020, doi: 10.3390/su12135457.

---

## Zastosowanie detektora Dräger X-pid® 9500 w odorymetrycznych badaniach terenowych

---

Marta Wiśniewska

Politechnika Warszawska, Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska, ul. Nowowiejska 20 00-653 Warszawa, Polska, marta.wisniewska@pw.edu.pl

### ABSTRAKT

Lotne związki organiczne (LZO) stanowią istotną część zanieczyszczeń gazowych aglomeracji miejskich. Do ich głównych źródeł zalicza się przede wszystkim spaliny, odparowywanie produktów naftowych, wykorzystywanie rozpuszczalników organicznych, ale także przetwarzanie odpadów czy oczyszczanie ścieków pochodzenia komunalnego. powodują zespół chorego budynku lub zespół chorego domu, który obejmuje różne choroby i dolegliwości układu oddechowego, takie jak bóle głowy, zmęczenie i nudności. Te LZO są emitowane z różnych materiałów, które są integralną częścią życia człowieka w pomieszczeniach, takich jak farby, tapety, kleje, kosmetyki, meble i produkty na bazie ropy naftowej. Według International Agency for Research on Cancer niektóre LZO, jak benzen i trichloroetylen stanowią związki rakotwórcze [1]. W pracy zaprezentowano wyniki badań terenowych z wykorzystaniem innowacyjnego detektora LZO z funkcją chromatografii Draeger X-PID 9500. Oznaczenia prowadzono na obszarze aglomeracji miejskiej Płock oraz biogazowni rolniczej znajdującej się w miejscowości Brzeźno. Punkty pomiarowe we wskazanych lokalizacjach zidentyfikowano podczas wcześniej prowadzonych inwentaryzacji terenowych. W oparciu o uzyskane rezultaty stwierdzono, iż detektor stanowi idealne rozwiązanie do badań emisyjnych „u źródła”. W przypadku badań imisyjnych, funkcja chromatografii nie znalazła zastosowania ze względu na zbyt wysoki próg oznaczalności poszczególnych LZO.

**SŁOWA KLUCZOWE:** lotne związki organiczne, odorymetria, uciążliwość zapachowa

### LITERATURA

- [1] B. Szulczyński and J. Gębicki, 'Currently Commercially Available Chemical Sensors Employed for Detection of Volatile Organic Compounds in Outdoor and Indoor Air', *Environments*, vol. 4, no. 1, p. 21, Mar. 2017, doi: 10.3390/environments4010021.



# SESJA POSTEROWA 1



---

# Zmienność stężeń sadzy w powietrzu atmosferycznym – wyniki długoterminowych pomiarów automatycznych na wybranych stanowiskach południowej Polski

---

Barbara Błaszczak\*, Krzysztof Klejnowski

Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk, ul. M. Skłodowskiej-Curie 34, 41-819 Zabrze, Polska;  
barbara.blaszczak@ipispan.edu.pl

## ABSTRAKT

Zmiany zachodzące w środowisku w wyniku urbanizacji stwarzają istotne zagrożenie nie tylko dla jakości środowiska, ale również wpływają negatywnie na klimat globalny, zdrowie ludzi i gospodarkę [1]. Jednym z zanieczyszczeń, któremu poświęca się dużo uwagi w badaniach naukowych jest sadza (BC – z ang. *black carbon*), emitowana głównie w wyniku niecałkowitego spalania biomasy i paliw kopalnych[2].

W pracy przedstawiono wyniki wieloletnich pomiarów stężenia eBC (z ang. *equivalent black carbon*) prowadzonych na wybranych stanowiskach południowej Polski: w Zabrzu (tło miejskie, 2010–2023) oraz w Raciborzu (tło podmiejskie, 2021–2023). Do pomiarów wykorzystano aparaturę automatyczną – etalometr AE33 (Racibórz) oraz fotometr MAAP (Zabrze) – przeznaczoną do ciągłych pomiarów absorpcji optycznej BC w powietrzu atmosferycznym. Najważniejszym celem stawianym przez autorów była analiza zmienności sezonowej stężeń eBC oraz trendów długoterminowych, w powiązaniu ze zmianami dotyczącymi źródeł emisji oraz innymi informacjami gromadzonymi w ogólnodostępnych bazach danych. Stwierdzono, że stężenia eBC wykazywały ogólną tendencję spadkową: od  $4.71 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  (2010) do  $1.55 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  (2023) w Zabrzu oraz od  $2.15 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  (2021) do  $1.57 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  (2023) w Raciborzu. Odzwierciedla to ogólną sytuację emisyjną eBC w Polsce, a konkretnie zmniejszony udział źródeł antropogenicznych, głównie w sektorze przemysłowym i energetycznym. W przypadku obu lokalizacji odnotowano występowanie charakterystycznych wahań sezonowych stężeń eBC, z wyraźnie wyższymi poziomami w sezonie grzewczym, w związku ze wzrostem aktywności lokalnych źródeł spalania w okresie jesienno-zimowym oraz niekorzystnymi warunkami meteorologicznymi. Stosunkowo niewielka różnica w stężeniach eBC pomiędzy Zabrzem i Raciborzem, podkreśla że problem zanieczyszczenia powietrza dotyka nie tylko terenów miejskich, ale również obszarów pozamiejskich, powszechnie uważanych za mniej zanieczyszczone.

**SŁOWA KLUCZOWE:** sadza, aerozol węglowy, pomiary on-line, emisja antropogeniczna

## FINANSOWANIE

Pomiary realizowano w ramach pracy statutowej nr 1a – 146/2024 („Zróżnicowanie składu fizykochemicznego zanieczyszczeń atmosfery na obszarach miejskich i pozamiejskich na przykładzie metropolii śląskiej i pogranicza polsko-czeskiego”) oraz 1a – 128/2021-2023 („Pierwotne i wtórne składniki aerozolu atmosferycznego w kontekście oddziaływania na klimat i środowisko przyrodnicze obszarów miejskich i pozamiejskich”). Praca powstała także w ramach projektu badawczego nr. POIR.04.02.00-00-D019/20-00 „ACTRIS – Infrastruktura do badań aerozoli, chmur i gazów śladowych”, współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.

## LITERATURA

- [1] J. Sun *et al.*, 'Long-term trends of black carbon and particle number concentration in the lower free troposphere in Central Europe', *Environ Sci Eur*, vol. 33, no. 1, p. 47, Dec. 2021, doi: 10.1186/s12302-021-00488-w.
- [2] H. Herich, C. Hueglin, and B. Buchmann, 'A 2.5 year's source apportionment study of black carbon from wood burning and fossil fuel combustion at urban and rural sites in Switzerland', *Atmospheric Measurement Techniques*, vol. 4, no. 7, pp. 1409–1420, Jul. 2011, doi: 10.5194/amt-4-1409-2011.

---

# Zróźnicowanie składu chemicznego pyłu zawieszonego i pyłu wymywanego przez opady atmosferyczne – wyniki rocznej kampanii pomiarowej w środowisku miejskim

---

Barbara Błaszczak\*, Barbara Mathews

Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk, ul. M. Skłodowskiej-Curie 34, 41-819 Zabrze, Polska; barbara.blaszczak@ipispan.edu.pl

## ABSTRAKT

Analiza składu chemicznego pyłu zawieszonego (PM) pozostaje nieodłącznym elementem programów badawczych, gdyż dostarcza ważnych informacji o źródłach pochodzenia PM i jest istotna dla oceny ryzyka zdrowotnego [1]. Skład chemiczny aerozolu może zmieniać się w czasie i przestrzeni, w zależności od głównych źródeł emisji, warunków dyspersji i reakcji chemicznych zachodzących w atmosferze, a także wpływu mas powietrza transportowanych z obszarów sąsiadujących i odległych [2].

Celem pracy była analiza wyników kampanii pomiarowej (październik 2021 – wrzesień 2022 r.) prowadzonej na stacji tła miejskiego w Zabrzu, ukierunkowanej na ocenę zawartości materii węglowej i związków jonowych w drobnym pyłe zawieszonym ( $PM_{2,5}$ ) oraz depozycji mokrej. W badaniach wykorzystano następujące techniki badawcze: analiza termiczno-optyczna (aerozol węglowy), spektroskopia w podczerwieni (związki węgla rozpuszczalne w wodzie) oraz chromatografia jonowa (związki jonowe). Średnie stężenie  $PM_{2,5}$  wynosiło  $17.12 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  i przez znaczną część czasu (~45%) przekraczało wartość zalecaną przez Światową Organizację Zdrowia dla stężenia średniodobowego ( $15 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ). Udział węgla całkowitego w pyłe  $PM_{2,5}$  wynosił średnio ~46%, z wyraźnymi wahaniami sezonowymi jego komponentów, tj. wzrostem udziału związków rozpuszczalnych ( $TC_{\text{sol}}$ ) w sezonie niegrzewczym (~67%), a nierozpuszczalnych ( $TC_{\text{ins}}$ ) w sezonie grzewczym (~59%). Struktura składu jonowego różniła się dla próbek drobnego pyłu zawieszonego i depozycji mokrej, z przewagą jonów wtórnego aerozolu nieorganicznego w przypadku  $PM_{2,5}$  (~69% wszystkich analizowanych jonów) i dominacją jonów sodu (~18%), potasu (~16%) i azotanowych (~13%) w pyłe wymywanym przez opady atmosferyczne. Generalnie jony analizowane w próbkach depozycji mokrej były prawie w całości zawarte w wodach opadowych (~99%), w przeciwieństwie do aerozolu węglowego, z wysokim udziałem związków nierozpuszczalnych w wodzie (~57–97%).

**SŁOWA KLUCZOWE:**  $PM_{2.5}$ , depozycja mokra, skład chemiczny, aerozol węglowy, związki jonowe

## FINANSOWANIE

Pomiary realizowano w ramach pracy statutowej nr 1a – 146/2024 („Zróźnicowanie składu fizykochemicznego zanieczyszczeń atmosfery na obszarach miejskich i pozamiejskich na przykładzie metropolii śląskiej i pogranicza polsko-czeskiego”) oraz 1a – 128/2021-2023 („Pierwotne i wtórne składniki aerozolu atmosferycznego w kontekście oddziaływania na klimat i środowisko przyrodnicze obszarów miejskich i pozamiejskich”). Praca powstała także w ramach projektu badawczego nr POIR.04.02.00-00-D019/20-00 „ACTRIS – Infrastruktura do badań aerozoli, chmur i gazów śladowych”, współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.



## LITERATURA

- [1] M. Manousakas i in., „Quantitative assessment of the variability in chemical profiles from source apportionment analysis of PM10 and PM2.5 at different sites within a large metropolitan area”, *Environmental Research*, t. 192, s. 110257, sty. 2021, doi: 10.1016/j.envres.2020.110257.
- [2] K. Juda-Rezler, M. Reizer, K. Maciejewska, B. Błaszczak, i K. Klejnowski, „Characterization of atmospheric PM2.5 sources at a Central European urban background site”, *Science of The Total Environment*, t. 713, s. 136729, kwi. 2020, doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.136729.

---

# Monitorowanie procesu absorpcyjnego oczyszczania strumienia powietrza z wykorzystaniem matryc czujników gazowych i chromatografii gazowej

---

Ewelina Cieślak\*, Piotr Kowalczyk

Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk, ul. M. Skłodowska-Curie 34, 41-819 Zabrze, Poland, ewelina.cieslik@ipispan.edu.pl

## ABSTRAKT

Podmioty prowadzące działalność, mogącą mieć wpływ na środowisko naturalne, zobowiązane są do uzyskania pozwolenia lub decyzji organów samorządowych określających zasady korzystania ze środowiska. Jednym z wymaganych badań jest konieczność wykonywania pomiarów emisji pyłowo-gazowej do atmosfery uwzględniającej emisje pyłów PM<sub>2,5</sub> i PM<sub>10</sub>[1]. Stosowanie coraz doskonalszych systemów odpylających oraz paliw niskoemisyjnych powoduje pobieranie próbek pyłu o niskiej masie. Jedną z metod wyznaczania procentowej zawartości pyłu PM<sub>2,5</sub> i PM<sub>10</sub> w gazach odlotowych jest metoda wykorzystująca dyfrakcję promienia laserowego zgodnie z normą ISO 13320:2020-01[2]. Problemem jest odzyskanie odpowiedniej ilości pyłu zdeponowanego na materiale filtracyjnym, w ilości niezbędnej do prawidłowego wykonania analizy frakcyjnej. Celem pracy było zbadanie wpływu ilości próbki poddanej analizie i wielkości absorpcji na powtarzalność uzyskiwanych wyników analizy oraz oszacowanie przydatności metody dla gazów odlotowych o niskim stężeniu pyłu. Badania prowadzono przy użyciu laserowego miernika wielkości cząstek ANALYSETTE 22 NanoTec z dyspersją na mokro. Czynnikiem dyspergującym była woda. Badania prowadzono na pyłe wzorcowym Fritsch Standard F500 o zakresie 0,5 – 50 µm oraz dwóch próbkach pyłu pochodzących z instalacji przemysłowych. Zaobserwowano zmiany otrzymywanych wyników w zależności od masy próbki wprowadzanej do analizatora oraz od uzyskiwanej absorpcji. Dla pyłu wzorcowego powtarzalne i zadeklarowane przez producenta wyniki osiągnęto przy absorpcji wynoszącej 10-20%. Przy podobnej wielkości absorpcji osiągnęto najbardziej powtarzalne wyniki analizy próbek rzeczywistych pyłów. Rezultaty badań ukazały brak powtarzalności wyników przy absorpcji wynoszącej <5%, co związane jest z małą ilością pyłu poddanego analizie. Konieczne wydaje się opracowanie innej metody pobierania próbek pyłu z gazów odlotowych, aby uniknąć odzyskiwania pyłu z materiałów filtracyjnych.

**SŁOWA KLUCZOWE:** PM<sub>10</sub>, absorpcja, analiza frakcyjna, pył

## LITERATURA

- [1] Dz.U., Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 7 września 2021 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji. 2021, s. Dz.U. 2021 poz. 1710. Dostęp: 8 październik 2024. [Online]. Dostępne na: <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20210001710>
- [2] ISO, „ISO 13320:2020 Particle size analysis — Laser diffraction methods”. International Organization for Standardization, styczeń 2020.

---

# Monitorowanie procesu absorpcyjnego oczyszczania strumienia powietrza z wykorzystaniem matryc czujników gazowych i chromatografii gazowej

---

Dominik Dobrzyniewski\*, Edyta Słupek,  
Patrycja Makoś-Chetstowska, Bartosz Szulczyński, Jacek Gębicki

Katedra Inżynierii Procesowej i Technologii Chemicznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Gdańska, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk, Polska, dominik.dobrzyniewski@pg.edu.pl

## ABSTRAKT

W niniejszej pracy przeanalizowano proces absorpcyjnego oczyszczania strumienia gazu przy użyciu nowego typu absorbentu opartego na rozpuszczalniku głęboko eutektycznym (DES), a uzyskane wyniki porównano z dostępnym na rynku absorbentem (Genosorb). Procesy oczyszczania strumienia gazu polegały na wyeliminowaniu zanieczyszczeń w postaci acetonu, toluenu i cykloheksanu. Głównym celem badań była kontrola efektywności procesów oczyszczania przy użyciu chromatografii gazowej (GC) i alternatywnej metody opartej na matrycach czujników gazowych (SM). Wyniki otrzymane przy wykorzystaniu tych dwóch metod kontroli procesowej porównywano pod względem zgodności, dokładności oraz precyzji. Zastosowano dwa modele predykcyjne (MLR i PCR) w celu określenia stężenia każdego z zanieczyszczeń (aceton, cykloheksan, toluen) wyznaczanego na podstawie wielowymiarowych sygnałów z matrycy czujnikowej. Analiza porównawcza obejmowała określenie dokładności pomiarów za pomocą odchylenia średniokwadratowego (RMSE), regresji Passing-Bablok oraz wykresów Blanda-Altmana. W przypadku absorbentu na bazie DES uzyskano lepsze dopasowanie modeli predykcyjnych niż w przypadku zastosowania Genosorbu. Najlepsze dopasowanie modeli predykcyjnych do metody analitycznej uzyskano podczas usuwania acetonu (MLR=4,72% i PCR=3,69%). Natomiast najwyższe wartości RMSE i najgorsze dopasowanie uzyskano podczas usuwania cykloheksanu (MLR=6,05% i PCR=7,50

**SŁOWA KLUCZOWE:** absorpcja, oczyszczanie strumienia gazu, matryce czujników gazowych, DES

## LITERATURA

- [3] E. Słupek, D. Dobrzyniewski, P. Makoś-Chetstowska, B. Szulczyński, i J. Gębicki, „Monitoring of absorptive model biogas purification process using sensor matrices and gas chromatography”, *Measurement*, t. 239, s. 115436, sty. 2025, doi: 10.1016/j.measurement.2024.115436.
- [4] J. Gębicki, T. Dymerski, i J. Namieśnik, „Investigation of Air Quality beside a Municipal Landfill: The Fate of Malodour Compounds as a Model VOC”, *Environments*, t. 4, nr 1, s. 7, sty. 2017, doi: 10.3390/environments4010007.
- [5] T. Moufawad, M. Costa Gomes, i S. Fourmentin, „Deep eutectic solvents as absorbents for VOC and VOC mixtures in static and dynamic processes”, *Chemical Engineering Journal*, t. 448, s. 137619, lis. 2022, doi: 10.1016/j.cej.2022.137619.

---

## Czasowa zmienność stężenia sadzy (BC) we Wrocławiu

---

Anetta Drzeniecka-Osiadacz\*, Tymoteusz Sawiński

Zakład Klimatologii i Ochrony Atmosfery, Uniwersytet Wrocławski, ul. Kosiby 8, 51-671 Wrocław, Polska; anetta.drzeniecka-osiadacz@uwr.edu.pl

### ABSTRAKT

Jednym z najważniejszych składników pyłu zawieszonego jest sadza określana jako black carbon (BC) powstająca w wyniku niecałkowitego spalania paliw takich jak olej napędowy, benzyna, węgiel oraz biomasa [1]. Sadza (BC) odgrywa kluczową rolę w środowisku atmosferycznym, wpływając na jakość powietrza, klimat oraz zdrowie mieszkańców [2], [3] (IPCC 2022; Kirane i in. 2019). Mimo znaczenia tego problemu, nadal pojawiają się liczne niewiadome dotyczące emisji sadzy oraz udziału źródeł spalających paliwa kopalne (FB) i biomasę (BB). Pomiary w trybie ciągłym pozwalają lepiej zrozumieć dynamikę stężenia BC oraz opracować zoptymalizowane strategie redukcji. Głównym celem tego artykułu jest analiza zmienności koncentracji BC w zależności od warunków meteorologicznych. Pomiary eBC i pyłu zawieszonego przeprowadzono we Wrocławiu od grudnia 2022 roku do kwietnia 2024 roku na jednej ze stacji ACTRIS NF. Do pomiarów użyto aethalometru MAGEE AE43. Jako dane uzupełniające posłużyły stężenia pyłu zawieszonego, rejestrowane za pomocą analizatora TEOM, oraz dane meteorologiczne z Obserwatorium Meteorologicznego Uniwersytetu Wrocławskiego. Wszystkie dane były gromadzone z rozdzielczością 1 minuty. Wyniki: Średnie dzienne stężenie PM<sub>2.5</sub> w analizowanym okresie wahało się od 3,6 do 33,9 µg/m<sup>3</sup>, a średnie stężenie BC wynosiło 2,1 µg/m<sup>3</sup>, z miesięcznymi wartościami od 1,0 µg/m<sup>3</sup> w maju do 3,4 µg/m<sup>3</sup> w grudniu. Maksymalne dobowe wartości przekraczały 12 µg/m<sup>3</sup>. Spalanie biomasy odpowiadało za prawie 30% całkowitej ilości BC. Średni udział sadzy w PM<sub>2.5</sub> wynosił prawie 30%. Podczas epizodów smogowych, średnie stężenia eBC były znacznie wyższe niż w pozostałych dniach, zwłaszcza na początku epizodu, głównie z powodu emisji pierwotnej z gospodarstw domowych.

**SŁOWA KLUCZOWE:** sadza, aethalometr, jakość powietrza, Wrocław

### FINANSOWANIE

Badania były prowadzone w ramach realizacji projektu LIFE-MAPPINGAIR/PL, LIFE17 GIE PL 000631 finansowanego przez Komisję Europejską w ramach programu LIFE oraz współfinansowanego przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

### LITERATURA

- [1] T. C. Bond i in., „Bounding the role of black carbon in the climate system: A scientific assessment”, *JGR Atmospheres*, t. 118, nr 11, s. 5380–5552, cze. 2013, doi: 10.1002/jgrd.50171.
- [2] Intergovernmental Panel On Climate Change (Ipc), *Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 1. wyd. Cambridge University Press, 2023. doi: 10.1017/9781009325844.
- [3] E. F. Kirrane i in., „A systematic review of cardiovascular responses associated with ambient black carbon and fine particulate matter”, *Environment International*, t. 127, s. 305–316, cze. 2019, doi: 10.1016/j.envint.2019.02.027.

---

## Przestrzenna heterogeniczność drobnego aerozolu atmosferycznego na pograniczu polsko-czeskim

---

Katarzyna Jaworek\*, Barbara Błaszczak, Justyna Klyta, Barbara Mathews,  
Katarzyna Stahl, Joanna Kernert

Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk w Zabrze, ul. M. Skłodowskiej-Curie 34, 41-819 Zabrze, Polska,  
katarzyna.jaworek@ipispan.edu.pl

### ABSTRAKT

Pomimo szeroko zakrojonych działań w zakresie ograniczania emisji związanych z działalnością przemysłową i bytowo-komunalną, wynikających z wprowadzonych regulacji prawnych, problem przekroczeń poziomów normatywnych dla pyłu zawieszonego (PM) dotyczy wielu obszarów Europy. Duża zmienność przestrzenna i czasowa aerozolu atmosferycznego, heterogeniczność i zmienne widmo wciąż skutkują brakiem jednoznacznych odpowiedzi na wiele pytań badawczych. Oprócz stężenia i rozkładu wielkości PM, czynnikiem determinującym reaktywność, toksyczność i zakres oddziaływania pyłu na organizm ludzki jest jego skład chemiczny [1]. Zawartość poszczególnych składników w cząstkach aerozolu dostarcza również istotnych informacji o dominujących źródłach emisji, co z kolei umożliwia podjęcie konkretnych działań mających na celu ograniczenie zanieczyszczenia powietrza pyłem zawieszonym [2].

Badania przeprowadzono w drugiej połowie 2023 r. na pograniczu polsko-czeskim, w mieście Racibórz (południowa Polska), łącznie na 3 stacjach pomiarowych różniących się warunkami lokalizacyjnymi: 1 - tło podmiejskie; 2 - centrum miasta; 3 - obrzeża miasta. Materiał badawczy stanowiły próbki drobnego pyłu zawieszonego (PM<sub>2.5</sub> - cząstki o średnicy aerodynamicznej  $\leq 2,5 \mu\text{m}$ ), które analizowano pod kątem zawartości następujących substancji: a) węgla organicznego (OC) i pierwiastkowego (EC) (analiza termooptyczna); b) frakcji węgla rozpuszczalnego w wodzie (spektroskopia w podczerwieni); c) jonów rozpuszczalnych w wodzie (chromatografia jonowa); d) markerów spalania biomasy (chromatografia jonowa z pulsacyjną detekcją amperometryczną). Głównym celem pracy była szczegółowa charakterystyka chemiczna pyłu PM<sub>2.5</sub> na obszarze badań, próba ustalenia przyczyn obserwowanych różnic oraz określenie prawdopodobnych źródeł aerozolu.

Średnie dobowe stężenia pyłu PM<sub>2.5</sub> oraz stężenia związków z nim związanych zmieniały się w szerokim zakresie wartości i wykazywały zmienność przestrzenną i sezonową. Niezależnie od pory roku udział węgla całkowitego (TC) w pyle PM<sub>2.5</sub> przekraczał na ogół 50% całkowitej masy pyłu i był zależny od wahań udziału węgla organicznego (OC), który na ogół przekraczał 40% masy pyłu PM<sub>2.5</sub>. Skład jonowy PM<sub>2.5</sub> ze wszystkich stacji pomiarowych był zdominowany przez siarczany (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), azotany (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) i jony amonowe NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Całkowity udział markerów spalania biomasy był bardzo mały i nie przekraczał 4%; przeprowadzone badania wykazały, że dominującym związkiem był lewoglucosan, którego średnie stężenie wahało się od 49,80 ng·m<sup>-3</sup> (obrzeża miasta) do 151,23 ng·m<sup>-3</sup> (centrum miasta).

**SŁOWA KLUCZOWE:** skład chemiczny, aerozol organiczny, lewoglucosan, jony wtórne

## FINANSOWANIE

Praca została zrealizowana w ramach projektu statutowego IPIŚ PAN nr 1a-146/24 („Zmienność składu fizykochemicznego zanieczyszczeń atmosferycznych na obszarach miejskich i pozamiejskich na przykładzie aglomeracji śląskiej i pogranicza polsko-czeskiego”). Praca była również wspierana przez Narodowe Centrum Nauki, Polska w ramach programu finansowania OPUS 21, projekt nr 2021/41/B/NZ9/03765 „Mikrobiom powietrza - charakterystyka mikroorganizmów żyjących w pyłe miejskim i ich wpływ na zdrowie człowieka”.

## LITERATURA

- [1] A. Pozzer, S. Bacer, S. D. Z. Sappadina, F. Predicatori, i A. Caleffi, „Long-term concentrations of fine particulate matter and impact on human health in Verona, Italy”, *Atmospheric Pollution Research*, t. 10, nr 3, s. 731–738, maj 2019, doi: 10.1016/j.apr.2018.11.012.
- [2] E. Diapouli i in., „Evolution of air pollution source contributions over one decade, derived by PM10 and PM2.5 source apportionment in two metropolitan urban areas in Greece”, *Atmospheric Environment*, t. 164, s. 416–430, wrz. 2017, doi: 10.1016/j.atmosenv.2017.06.016.

---

## **Analiza i ocena kompleksowego ryzyka nowotworowego związanego z narażeniem na zanieczyszczenia powstające w procesie wędzenia**

---

Piotr Kępa\*, Jan Białowicz, Artur Badyda, Anna Piórkowska

Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska, Politechnika Warszawska, 00-653, Nowowiejska 20, Warszawa, Polska, piotr.kepa@pw.edu.pl

### **ABSTRAKT**

Celem projektu jest ocena ryzyka rozwoju choroby nowotworowej związanej z narażeniem na zanieczyszczenia powstające w procesie wędzenia, które stanowi niedoszacowane źródło emisji atmosferycznych wpływających na zdrowie człowieka. Projekt stanowi rozwinięcie wcześniejszych badań dotyczących grillowania i uwzględnia dodatkowe rodzaje palenisk, oraz sposoby przygotowania potraw [1]. Projekt zakłada analizę nie tylko profili chemicznych substancji powstających podczas wędzenia, ale również oceny narażenia osób bezpośrednio i pośrednio zaangażowanych w te aktywności. Mimo iż profil chemiczny substancji powstających w żywności podczas grillowania oraz wędzenia i ich skutki zdrowotne są dość dobrze zbadane, kompleksowa ocena ryzyka w rzeczywistych warunkach grillowania i wędzenia nie została dotąd przeprowadzona. Badania obejmą dwie kampanie pomiarowe przeprowadzone w sezonie letnim (2024 i 2025), w trakcie których zostaną zebrane próbki powietrza, żywności oraz pyłów zawieszonych. Analizy uwzględnią oceny narażenia wziewnego (spaliny nad grillem/wędzarnią), pokarmowego (potrawy zanieczyszczone wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi, WWA) oraz dermalnego (kontakt skóry z zanieczyszczeniami i paliwem do grilla/wędzarni). Do oceny jakości powietrza zostaną wykorzystane mierniki znajdujące się w dyspozycji Politechniki Warszawskiej. Na podstawie uzyskanych danych laboratoryjnych i terenowych zostanie określone całonocne ryzyko zachorowania na choroby nowotworowe związane z procesem wędzenia. Parametry analizowane w ramach pracy obejmą: emisje z obróbki termicznej różnych potraw oraz skład chemiczny potraw, a szczególnie ich zanieczyszczenie substancjami pochodzącymi ze spalania paliw, w tym WWA. Oceniona zostanie przyswajalność benzo(a)pirenu przez uczestników wędzenia, uwzględniając różne role i nawyki podczas wędzenia. Wyniki badań posłużą zarówno celom poznawczym, jak i aplikacyjnym, umożliwiając stworzenie nowych scenariuszy narażenia oraz aktualizację istniejących. Badania przyczynią się do lepszego zrozumienia wpływu wędzenia na zdrowie człowieka.

**SŁOWA KLUCZOWE:** ryzyko nowotworowe, zanieczyszczenia atmosferyczne, wędzenie, narażenie wziewne, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA)

### **FINANSOWANIE**

Badania realizowane są w ramach grantu Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka PW na temat „Analiza i ocena kompleksowego ryzyka nowotworowego związanego z narażeniem na zanieczyszczenia powstające w procesie wędzenia” złożonego w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

## LITERATURA

- [1] A. J. Badyda, K. Widziewicz, W. Rogula-Kozłowska, G. Majewski, i I. Jureczko, „Inhalation exposure to PM-bound polycyclic aromatic hydrocarbons released from barbecue grills powered by gas, lump charcoal, and charcoal briquettes”, w *Pulmonary Disorders and Therapy*, t. 1023, w *Advances in Experimental Medicine and Biology*, vol. 1023. , Springer New York LLC, 2018, s. 27. doi: 10.1007/5584\_2017\_51.



---

## Identyfikacja związków charakterystycznych dla wtórnego aerozolu organicznego

---

Justyna Klyta\*, Katarzyna Jaworek, Katarzyna Janoszka

Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN, ul. Skłodowskiej-Curie 34, 41-819 Zabrze, Polska; justyna.klyta@ipispan.edu.pl

### ABSTRAKT

W ostatnich latach wzrasta zainteresowanie specjacją chemiczną aerozolu atmosferycznego, ponieważ wiadomo, że odgrywa on ważną rolę w lokalnej i regionalnej jakości powietrza i powoduje on niekorzystne skutki dla zdrowia ludzi oraz wpływa na zmiany klimatu. Na jakość powietrza wpływ ma przede wszystkim zawartość pyłów atmosferycznych, które są jego niejednorodnymi zanieczyszczeniami, a ich źródłem są procesy naturalne oraz antropogeniczne [1]. Wtórny aerozol organiczny (SOA), składnik aerozolu organicznego powstaje w wyniku reakcji składników pierwotnego aerozolu organicznego (POA) pod wpływem promieniowania UV z rodnikami. Prekursory wtórnego aerozolu mogą mieć pochodzenie naturalne (procesy wegetacyjne, pożary lasów, wybuchy wulkanów oraz wyładowania atmosferyczne) i antropogeniczne (spalanie do celów grzewczych w paleniskach domowych i elektrowniach, transport samochodowy i lotniczy, gospodarstwa rolne oraz przemysł) [2], [3], [4]. Do końca nie zostały jeszcze poznane wszystkie związki tworzące wtórny aerozol, ponieważ skład tego aerozolu różni się w zależności od regionu i pór roku, a większość informacji o składnikach SOA pochodzi z badań w komorach smogowych [4]. W związku z tym nie ma ujednoczonych i ustandaryzowanych metod analitycznych pozwalających na oznaczanie składników wtórnego aerozolu [4], [5].

Celem badań było opracowanie skutecznych metod identyfikacji związków charakterystycznych dla SOA, z naciskiem na pochodne izoprenu i sacharydy oraz kwasy karboksylowe. W ramach tych badań zastosowano chromatografię jonową z pulsowym detektorem amperometrycznym rozszerzając opracowaną metodę oznaczania markerów spalania biomasy o analizę pochodnych izoprenu (metylotetrole) i inne sacharydy, co pozwoliło na precyzyjniejsze określenie składu chemicznego SOA. Dodatkowo, opracowana została metoda derywatywacji i analizy instrumentalnej z zastosowaniem chromatografii gazowej sprzężonej ze spektrometrią mas do analizy tych związków, umożliwiając jeszcze dokładniejsze i bardziej szczegółowe badania. Uzyskane wyniki na przykładzie markerów spalania biomasy oraz innych monosacharydów pokazują zmienność sezonową w zawartości poszczególnych związków w pyle atmosferycznym. W sezonie niegrzewczym lewoglukoza (LG) i mannoza (MN) występuje na niskim poziomie stężeń w zakresie 0,59-13,88  $\mu\text{g}/\text{próbkę}$  dla LG oraz 0,12-2,19  $\mu\text{g}/\text{próbkę}$  dla MN, stężenie galaktozanu (GA) natomiast oscyluje w okolicy granicy oznaczalności lub poniżej tej granicy  $<0,07\text{-}0,56 \mu\text{g}/\text{próbkę}$ . Natomiast w sezonie grzewczym stężenia markerów spalania biomasy są znaczne i mieszczą się w zakresach 2,68-36,01  $\mu\text{g}/\text{próbkę}$  dla LG, 0,51-7,78  $\mu\text{g}/\text{próbkę}$  dla MN oraz 0,09-2,06  $\mu\text{g}/\text{próbkę}$  dla GA. Fruktaza (FR) oraz wyższe stężenia glukozy (GL) występują głównie wiosną oraz latem, a ich stężenia mieszczą się w zakresie 1,79-13,83  $\mu\text{g}/\text{próbkę}$  dla FR oraz 0,785-9,61  $\mu\text{g}/\text{próbkę}$  dla GL, przy czym najwyższe stężenia występowały wiosną. Od września stężenie fruktozy jest poniżej granicy oznaczalności metody ( $<0,23 \mu\text{g}/\text{próbkę}$ ), a stężenie glukozy było w przedziale 0,15-

0,485 µg/próbkę, co może potwierdzać pochodzenie tych cukrów z procesów naturalnych [2]. Również występuje sezonowa zmienność w stężeniu alkoholi cukrowych - arabitolu (AR) i mannitolu (MAN), w sezonie jesienno-zimowym stężenie mieściło się w przedziale 0,08-0,211 µg/próbkę dla AR oraz 0,04-0,077 µg/próbkę dla MAN, natomiast w sezonie wiosenno-letnim było w zakresie 0,137-0,863 µg/próbkę dla AR oraz 0,201-0,871 µg/próbkę dla MAN, co prawdopodobnie świadczy o naturalnym pochodzeniu tych związków [2].

Przeprowadzone badania wykazały, że zastosowane metody analityczne są skuteczne i mogą być wykorzystane do identyfikacji i ilościowego oznaczania składników SOA, co ma kluczowe znaczenie dla lepszego zrozumienia procesów atmosferycznych i ich wpływu na klimat. Uzyskane wyniki wskazują na potencjał opracowanych metod w kontekście badań nad jakością powietrza i ochroną środowiska.

**SŁOWA KLUCZOWE:** wtórny aerozol organiczny, chromatografia gazowa, chromatografia jonowa, pochodne izoprenu, sacharydy

#### LITERATURA

- [1] M. Kanakidou i in., „Organic aerosol and global climate modelling: a review”, *Atmos. Chem. Phys.*, t. 5, nr 4, s. 1053–1123, mar. 2005, doi: 10.5194/acp-5-1053-2005.
- [2] B. Vincenti i in., „Saccharides as Particulate Matter Tracers of Biomass Burning: A Review”, *IJERPH*, t. 19, nr 7, s. 4387, kwi. 2022, doi: 10.3390/ijerph19074387.
- [3] K. Janoszka i M. Czaplicka, „Methods for the determination of levoglucosan and other sugar anhydrides as biomass burning tracers in environmental samples – A review”, *J of Separation Science*, t. 42, nr 1, s. 319–329, sty. 2019, doi: 10.1002/jssc.201800650.
- [4] J. Klyta i M. Czaplicka, „Determination of secondary organic aerosol in particulate matter – Short review”, *Microchemical Journal*, t. 157, s. 104997, wrz. 2020, doi: 10.1016/j.microc.2020.104997.
- [5] NOAA Chemical Sciences Laboratory (CSL), „Projects: FIREX FireLab 2016”. Dostęp: 27 wrzesień 2024. [Online]. Dostępne na: <https://csl.noaa.gov/projects/firex/firelab/>

---

# Analiza rozkładu stężeń ultradrobnych cząstek pyłu zawieszonego w środowisku miejskim

---

Katarzyna Maciejewska\*, Magdalena Reizer, Michał Kapusta

Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska, Politechnika Warszawska, ul. Nowowiejska 20, 00-653 Warszawa, Polska; katarzyna.maciejewska@pw.edu.pl

## ABSTRAKT

Liczne badania epidemiologiczne prowadzone od siedmiu dekad pokazują, że pyły mają znaczący wpływ na występowanie i/lub potęgowanie wielu chorób, a notowane objawy mają bardzo szerokie spektrum [1]. Spośród wszystkich frakcji PM, pył drobny PM<sub>2.5</sub> (cząstki o średnicy aerodynamicznej  $\leq 2.5 \mu\text{m}$ ) jest uznawany za kluczowe zanieczyszczenie powietrza pod względem negatywnego wpływu na zdrowie, jednak najnowsze badania na temat charakterystyki najmniejszych ultradrobnych cząstek (UFP;  $d_a \leq 100 \text{ nm}$ ) wskazują na ich wyższą toksyczność w porównaniu z większymi cząstkami [2]. W związku z tym, że cząstki UFP mają znikomą masę, ale są dominującym składnikiem całkowitej liczby cząstek w atmosferze, są lepiej określane ilościowo na podstawie stężenia liczbowego. Tego typu badania wciąż nie są powszechne w Polsce. Celem pracy jest analiza porównawcza stężeń liczbowych ultradrobnych cząstek pyłu zawieszonego UFP obserwowanych wzdłuż dróg o zróżnicowanym natężeniu ruchu w Warszawie. Pomiary przeprowadzono w okresie marzec-kwiecień 2024, przy różnych trasach komunikacyjnych (tunel, ruchliwa droga, droga lokalna), w różnych porach dnia. Wykazano istotne różnice w stężeniach UFP w zależności od rodzaju trasy komunikacyjnej oraz pory dnia.

**SŁOWA KLUCZOWE:** pył zawieszony, cząstki ultradrobne, UFP, transport drogowy, Warszawa

## FINANSOWANIE

Praca została sfinansowana ze środków Narodowego Centrum Nauki, przyznanych w ramach konkursu SONATA-17, nr projektu 2021/43/D/ST10/02176.

## LITERATURA

- [1] J. Zhang i in., „Adverse effects of exposure to fine particles and ultrafine particles in the environment on different organs of organisms”, *Journal of Environmental Sciences*, t. 135, s. 449–473, sty. 2024, doi: 10.1016/j.jes.2022.08.013.
- [2] S. Ohlwein, R. Kappeler, M. Kutlar Joss, N. Künzli, i B. Hoffmann, „Health effects of ultrafine particles: a systematic literature review update of epidemiological evidence”, *Int J Public Health*, t. 64, nr 4, s. 547–559, maj 2019, doi: 10.1007/s00038-019-01202-7.

---

## Analiza porównawcza stężeń różnych frakcji pyłu zawieszonego w powietrzu atmosferycznym i wewnętrznym

---

Katarzyna Maciejewska\*, Magdalena Reizer, Olga Karwowska, Jerzy Sowa

Politechnika Warszawska, Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska, ul. Nowowiejska 20, 00-653 Warszawa, Polska; katarzyna.maciejewska@pw.edu.pl

### ABSTRAKT

Zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego jest złożoną mieszaniną różnych substancji chemicznych, przy czym pył zawieszony (PM, ang. Particulate Matter) jest obecnie przedmiotem intensywnych badań naukowców z różnych dziedzin na całym świecie, ze względu na jego szerokie spektrum oddziaływania [1]. Obecnie, narażenie na zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego oraz wewnątrz pomieszczeń zostało zidentyfikowane jako największe zagrożenie środowiskowe dla zdrowia ludzkiego i czwarty wiodący czynnik ryzyka przedwczesnych zgonów na świecie, po wysokim ciśnieniu krwi, paleniu tytoniu i ryzyku związanym z nawykami żywieniowymi [2]. Celem pracy była analiza stężeń masowych i liczbowych pyłu zawieszonego różnych frakcji, tj. PM10, PM2.5 oraz PM1, zmierzonych w powietrzu atmosferycznym i wewnątrz budynku przedszkola zlokalizowanego w centrum Warszawy. Pomiary przeprowadzono w okresie marzec-kwiecień 2024. Dokonano analizy porównawczej stężeń pyłu wewnątrz i na zewnątrz budynku, a także zidentyfikowano aktywności związane z nauką i zabawą, mogące znacząco wpływać na jakość powietrza wewnętrznego. Dla każdej analizowanej frakcji pyłu określono również stosunki stężeń liczbowych i masowych na zewnątrz i wewnątrz budynku przedszkola (I/O). Dodatkowo, przeprowadzono analizę przepływów powietrza oraz rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń powietrza wewnątrz pomieszczeń przedszkola. Do modelowania wykorzystano program CONTAM opracowany przez National Institute for Standard and Technology (NIST).

**SŁOWA KLUCZOWE:** PM10, PM2.5, PM1, Jakość powietrza atmosferycznego, Jakość powietrza wewnętrznego

### FINANSOWANIE

Praca została sfinansowana ze środków Narodowego Centrum Nauki, przyznanych w ramach konkursu SONATA-17, nr projektu 2021/43/D/ST10/02176.

### LITERATURA

- [1] T. Li, Y. Yu, Z. Sun, i J. Duan, „A comprehensive understanding of ambient particulate matter and its components on the adverse health effects based from epidemiological and laboratory evidence”, *Part Fibre Toxicol*, t. 19, nr 1, s. 67, lis. 2022, doi: 10.1186/s12989-022-00507-5.
- [2] M. Naghavi i in., „Global burden of 288 causes of death and life expectancy decomposition in 204 countries and territories and 811 subnational locations, 1990–2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021”, *The Lancet*, t. 403, nr 10440, s. 2100–2132, maj 2024, doi: 10.1016/S0140-6736(24)00367-2.

---

## Wpływ aerozoli atmosferycznych na wielkość dopływu energii słonecznej w południowej części Warszawy

---

Grzegorz Majewski<sup>1\*</sup>, Karolina B. Dąbrowska<sup>2</sup>, Barbara Klik<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instytut Inżynierii Środowiska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Nowoursynowska 166, 02-776 Warszawa, Polska, grzegorz\_majewski@sggw.edu.pl

<sup>2</sup> Wydział Inżynierii Produkcji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Nowoursynowska 166, 02-776 Warszawa, Polska,

### ABSTRAKT

Wydajność instalacji fotowoltaicznej zależy od wielu czynników. Aerozole mogą w istotny sposób wpływać na dostępne zasoby energii słonecznej, a co za tym idzie skuteczność działania paneli słonecznych. W badaniach naukowych ocenę wpływu aerozoli na transmisję promieniowania słonecznego wiąże się np. z zasięgiem widzialności poziomej lub z ich cechami charakterystycznymi w atmosferze w danym miejscu i czasie [1], [2]. Odniesienie widzialności przy powierzchni Ziemi do charakterystyki osłabienia promieniowania słonecznego przez aerozole ma swoje uzasadnienie w fakcie, że ich przeciętny rozkład z wysokością charakteryzuje się dużą zmiennością tuż przy powierzchni Ziemi i względną stałością powyżej 3 do 5 km. W pracy została podjęta próba oceny wpływu aerozoli atmosferycznych na transmisję promieniowania słonecznego dla wybranego obszaru w Warszawie. Wyniki pomiarów wybranych elementów meteorologicznych i stężeń zanieczyszczeń pochodzą ze stacji meteorologicznej Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego z lat 2014-2019. Do analizy została wykorzystana analiza korelacji i ścieżka modelowa MLP (Multilayer perceptron) [3]. Otrzymane wyniki i zależności pokazują, że istnieje wpływ zanieczyszczeń powietrza na natężenie promieniowania słonecznego i usłonecznienie. Wykazano także dużą zmienność badanych parametrów w zależności od zasięgu widzialności poziomej oraz wilgotności względnej powietrza. Wartość współczynnika korelacji  $r=0,80$  i porównanie natężenia promieniowania słonecznego zmierzonego i prognozowanego analizowanych parametrów upoważniają do stwierdzenia, że opracowany model MLP umożliwia dobrą prognozę natężenia promieniowania słonecznego na podstawie zaimplementowanych zmiennych wejściowych. Analiza wrażliwości modelu wykazała, że temperatura powietrza ma największy wpływ na wartość natężenie promieniowania słonecznego, a spośród zanieczyszczeń powietrza największy wpływ na obniżenie jego wartości ma stężenie pyłu zawieszonego PM10.

**SŁOWA KLUCZOWE:** natężenie promieniowania słonecznego, usłonecznienie, widzialność, aerozole atmosferyczne. ścieżka modelowa MLP

### LITERATURA

- [1] D. Calinoiu i in., „Influence of aerosols pollution on the amount of collectable solar energy”, *Energy Conversion and Management*, t. 70, s. 76–82, cze. 2013, doi: 10.1016/j.enconman.2013.02.012.
- [2] H. Kim, W. W. Walters, L. Kysela, i M. G. Hastings, „Long-term trends in inorganic aerosol chemical composition and chemistry at an urban and rural site in the northeastern US”, *Science of The Total Environment*, t. 904, s. 166848, grudz. 2023, doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.166848.
- [3] G. Majewski i K. Dąbrowska, „INFLUENCE OF ATMOSPHERIC AEROSOLS ON THE AMOUNT OF SOLAR ENERGY REACHING THE EARTH'S SURFACE IN THE SOUTHERN PART OF WARSAW”, *ZN SGSP*, t. 2, nr 88, s. 129–148, mar. 2024, doi: 10.5604/01.3001.0054.4531.

---

# Benzo(a)piren w powietrzu Polski: analiza zależności i ocena ryzyka zdrowotnego

---

Grzegorz Majewski<sup>1\*</sup>, Barbara Klik<sup>1</sup>, Andrzej Brandyk<sup>1</sup>,  
Ernesta Liniauskienė<sup>2</sup>, Maja Radziemska<sup>1</sup>, Wioletta Rogula-Kozłowska<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instytut Inżynierii Środowiska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Nowoursynowska 166, 02-776 Warszawa, Polska, grzegorz\_majewski@sggw.edu.pl

<sup>2</sup> Kaunas Forestry and Environmental Engineering University of Applied Sciences, Liepu Str. 1, Girionys, LT-53101 Šlienava, Litwa

<sup>3</sup> Akademia Pożarnicza, Stowackiego 52/54, 01-629 Warszawa, Polska

## ABSTRAKT

Zanieczyszczenie powietrza benzo(a)pirenem (BaP), obecnym w pyłe zawieszonym PM<sub>10</sub>, wywiera negatywny wpływ na zdrowie społeczeństwa wykazując działanie kancerogenne i mutagenne, zwłaszcza w krajach, gdzie dopuszczalne normy jakości powietrza są systematycznie przekraczane [1]. Dlatego celem pracy była ocena ryzyka narażenia na zdrowie związanego z inhalacją BaP oraz analiza zależności między BaP, zanieczyszczeniami powietrza i elementami meteorologicznymi. Zależność pomiędzy BaP a stężeniami innych zanieczyszczeń i elementami meteorologicznymi analizowano za pomocą modelu XGB (ang. eXtreme Gradient Boosting), łączącego wzmacnianie gradientowe z metodą drzewa decyzyjnego [2]. Szacowanie zagrożeń przeprowadzono w oparciu o metodę zalecaną przez Amerykańską Agencję Ochrony Środowiska [3]. Badaniami objęto 45 stref Polski w okresie dziesięciu lat (2013-2022). Analiza czasowa wykazała zmienność stężeń BaP z identyfikacją trendów spadkowych. Pomimo ogólnej tendencji spadkowej, w ponad 77% stref stwierdzono przekroczenia dopuszczalnych norm. Wyznaczone wartości indeksów zagrożenia, charakteryzujących ryzyko zdrowotne wykazały, że spośród badanej populacji najwyższe zagrożenie występuje na terenie Aglomeracji Rybnicko-Jastrzębskiej oraz w strefie małopolskiej, natomiast najniższe w Miastach Koszalin, Olsztyn, Płock, Aglomeracji Białostockiej i Warszawskiej. Zrozumienie ryzyka zdrowotnego związanego z inhalacją BaP pozwala na identyfikację obszarów wymagających minimalizacji ekspozycji na ten szkodliwy związek chemiczny oraz ograniczenia negatywnych konsekwencji dla zdrowia publicznego. Wyniki modelowania wskazują, że najlepszy model uzyskano dla miasta Krakowa ( $R^2=0,83$ ) natomiast najslabszy dla miasta Gdańsk ( $R^2=0,60$ ). Na zmienność stężenia BaP największy wpływ z elementów meteorologicznych ma temperatura powietrza i widzialność natomiast z parametrów imisyjnych stężenie SO<sub>2</sub> i PM<sub>10</sub>.

**SŁOWA KLUCZOWE:** zanieczyszczenie powietrza, elementy meteorologiczne, benzo(a)piren, ryzyko zdrowotne, XGB (ang. eXtreme Gradient Boosting)

## LITERATURA

- [1] C. D. Koolen i G. Rothenberg, „Air Pollution in Europe”, ChemSusChem, t. 12, nr 1, s. 164–172, sty. 2019, doi: 10.1002/cssc.201802292.
- [2] G. Majewski i in., „Machine learning analysis of PM<sub>1</sub> impact on visibility with comprehensive sensitivity evaluation of concentration, composition, and meteorological factors”, Sci Rep, t. 14, nr 1, s. 16732, lip. 2024, doi: 10.1038/s41598-024-67576-8.
- [3] US EPA, „Risk assessment guidance for superfund volume I: Human health evaluation manual—Part F, Supplemental guidance for inhalation risk assessment (No. 68-W-01-05; EPA/540/R-070/002)”, 2009.

---

## Węgiel organiczny i elementarny w wybranych frakcjach pyłu zawieszonego na terenie miejscowości uzdrowskiej Dolnego Śląska

---

Beata Merenda<sup>1</sup>, Izabela Sówka<sup>1\*</sup>, Anita Lewandowska<sup>2</sup>, Lucyna Samek<sup>3</sup>, Katarzyna Styszko<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Wrocławska, Wybrzeże Stanisława Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, Polska, izabela.sowka@pwr.edu.pl

<sup>2</sup> Wydział Oceanografii i Geografii, Uniwersytet Gdański, al. Marszałka J. Piłsudskiego 46, 81-378 Gdynia, Polska

<sup>3</sup> Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, al. Adama Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska

<sup>4</sup> Wydział Energetyki i Paliw, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, al. Adama Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska

### ABSTRAKT

Pyły zawieszone, które są nośnikami wielu związków i substancji chemicznych, mogą powodować negatywne skutki dla zdrowia i życia człowieka [1], [2], [3]. W przypadku uzdrowisk, w których przebywają osoby chore, o obniżonej odporności, podatne na negatywne oddziaływanie zanieczyszczeń pyłowych, jakość powietrza zewnętrznego i wewnętrznego ma szczególne znaczenie [4].

Celem przeprowadzonych badań było określenie zawartości węgla organicznego (OC) i elementarnego (EC) w trzech frakcjach pyłu zawieszonego w powietrzu zewnętrznym i wewnętrznym oraz identyfikacja ich potencjalnych źródeł pochodzenia.

W jednym z uzdrowisk Dolnego Śląska pyły pobierano równolegle w powietrzu zewnętrznym (PM<sub>1</sub>) oraz w powietrzu wewnętrznym w Domu Zdrojowego (PM<sub>1</sub> PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>). Pomiary prowadzono w 2 kampaniach trwających odpowiednio 21 i 11 dni.

Średniodobowe stężenia pyłu zawieszonego PM<sub>1</sub> w powietrzu zewnętrznym wynosiły od 2,5 do 9,2 µg/m<sup>3</sup> i były niższe niż w powietrzu wewnętrznym (2,9 do 18,6 µg/m<sup>3</sup>). Stężenie PM<sub>2.5</sub> w Domu Zdrojowym wyniosło od 3,8 do 19,4 µg/m<sup>3</sup>, a stężenie PM<sub>10</sub> od 6,9 do 27,7 µg/m<sup>3</sup>. We wszystkich frakcjach PM zaobserwowano wyższe stężenia OC. Udział OC w PM<sub>1</sub> w powietrzu zewnętrznym stanowił średnio 68,5%, a w powietrzu wewnętrznym 56,1%. W większych frakcjach aerozoli kolekcjonowanych w Domu Zdrojowym udział OC wyniósł odpowiednio 69,6% (PM<sub>2.5</sub>) i 64,4 % (PM<sub>10</sub>). Udział EC w pyłach, niezależnie od ich wielkości był zawsze pomijalny i wyniósł poniżej 1%, zarówno w atmosferze wewnętrznej, jak i zewnętrznej.

**SŁOWA KLUCZOWE:** pyły zawieszone, OC, EC, jakość powietrza, uzdrowisko

### LITERATURA

- [1] A. Abelsohn i D. M. Stieb, „Health effects of outdoor air pollution: approach to counseling patients using the Air Quality Health Index”, *Can Fam Physician*, t. 57, nr 8, s. 881–887, e280-287, sie. 2011.
- [2] V. V. Tran, D. Park, i Y.-C. Lee, „Indoor Air Pollution, Related Human Diseases, and Recent Trends in the Control and Improvement of Indoor Air Quality”, *IJERPH*, t. 17, nr 8, s. 2927, kwi. 2020, doi: 10.3390/ijerph17082927.
- [3] L. Samek i in., „Complex Characterization of Fine Fraction and Source Contribution to PM<sub>2.5</sub> Mass at an Urban Area in Central Europe”, *Atmosphere*, t. 11, nr 10, s. 1085, paź. 2020, doi: 10.3390/atmos11101085.
- [4] I. Sówka, D. Kobus, K. Skotak, M. Zathay, B. Merenda, i M. Paciorek, „Assessment of the Health Risk Related to Air Pollution in Selected Polish Health Resorts”, *J. Ecol. Eng.*, t. 20, nr 10, s. 132–145, lis. 2019, doi: 10.12911/22998993/113142.

---

## Określenie udziału depozycji atmosferycznej chromu, miedzi i niklu w glebach z wykorzystaniem torfowisk ombrotroficznych jako naturalnych archiwów

---

Ewa Miszczak\*, Sebastian Stefaniak, Irena Twardowska

Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN, ul. Marii Skłodowskiej – Curie 34, 41-819 Zabrze, Polska; ewa.miszczak@ipispan.edu.pl

### ABSTRAKT

Ładunki zanieczyszczeń obszarowych pochodzących z depozycji atmosferycznej od początku rewolucji przemysłowej (koniec XVIII wieku) oraz ich udział w zanieczyszczeniu gleb pozostają nieznane, zwłaszcza w przypadku potencjalnie toksycznych pierwiastków śladowych (PTP), będących powszechnym składnikiem emisji przemysłowych [1]. W tych okolicznościach, zastosowanie torfowisk ombrotroficznych stanowiących odizolowane ekosystemy zasilane jedynie przez depozycję atmosferyczną jako naturalnych archiwów ładunków PTP przenoszonych drogą powietrzną [2] wydaje się być rozwiązaniem tego problemu, aczkolwiek do tej pory nie wykorzystanym [3]. Niniejsza praca ma charakter pionierski i stanowi wkład do opracowania i weryfikacji metodyki zastosowania tych torfowisk jako wiarygodnego globalnego narzędzia do monitoringu depozycji atmosferycznej uzupełniającego brakujące dane z blisko 150 lat. Określenie całkowitych skumulowanych ładunków depozycji Cr, Cu i Ni przeprowadzono w 3 profilach torfowych o głębokości 45 cm (w tym 1 datowanym) oraz w 3 nienaruszonych profilach gleb na obszarze tzw. "Czarnego Trójkąta" w Górach Izerskich. Obszar ten w latach 1960-1980-tych był silnie dotknięty LRTP z Niemiec, Czech i Polski. Zawartość Cr, Cu i Ni oznaczono przy użyciu ICP-OES, natomiast siłę wiązania metali w matrycy określono metodą BCR. Stwierdzono bardzo dobrą zgodność wyników depozycji metali w profilach torfowych: 243,13 mg/m<sup>2</sup> Cr, 419,81 mg/m<sup>2</sup> Cu i 124,20 mg/m<sup>2</sup> Ni. Udział depozycji tych metali w profilach glebowych okazał się być zróżnicowany (śr. 7,25% Cr, 30,5% Cu i 12,8% Ni). Przeważały metale pochodzenia geogenicznego (ze skały macierzystej) związane głównie w stabilnej frakcji rezydualnej. Depozycja atmosferyczna nie stwarzała zagrożenia środowiskowego. Podsumowując, badania wykazały doskonałą przydatność torfowisk ombrotroficznych do monitoringu skumulowanej depozycji atmosferycznej PTP i jej udziału w zanieczyszczeniu gleb

**SŁOWA KLUCZOWE:** depozycja atmosferyczna, torfowiska ombrotroficzne, Potencjalnie Toksyczne Pierwiastki (PTP), monitoring ładunków skumulowanych, zanieczyszczenie gleb

### LITERATURA

- [1] W. Rogula-Kozłowska *i in.*, „PM2.5 in the central part of Upper Silesia, Poland: concentrations, elemental composition, and mobility of components”, *Environ Monit Assess*, t. 185, nr 1, s. 581–601, sty. 2013, doi: 10.1007/s10661-012-2577-1.
- [2] W. Shotyk, P. Blaser, A. Grünig, i A. K. Cheburkin, „A new approach for quantifying cumulative, anthropogenic, atmospheric lead deposition using peat cores from bogs: Pb in eight Swiss peat bog profiles”, *Science of The Total Environment*, t. 249, nr 1–3, s. 281–295, kwi. 2000, doi: 10.1016/S0048-9697(99)00523-9.
- [3] E. Miszczak, S. Stefaniak, A. Micheczyński, E. Steinnes, i I. Twardowska, „A novel approach to peatlands as archives of total cumulative spatial pollution loads from atmospheric deposition of airborne elements complementary to EMEP data: priority pollutants (Pb, Cd, Hg)”, *Science of The Total Environment*, t. 705, s. 135776, luty 2020, doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.135776.



---

## Ftalany w powietrzu salonów kosmetycznych: wstępne badania

---

Patrycja Rogula-Kopiec<sup>1\*</sup>, Katarzyna Janoszka<sup>1</sup>, Barbara Błaszczak<sup>1</sup>,  
Piotr Oskar Czechowski<sup>1</sup>, Wioletta Rogula-Kozłowska<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska, ul. Skłodowskiej-Curie 34, 41-819 Zabrze, Polska; patrycja.rogula@ipispan.edu.pl

<sup>2</sup> Akademia Pożarnicza, ul. Słowackiego 52/54, 01-629 Warszawa, Polska

### ABSTRAKT

Obecność ftalanów w powietrzu w salonach kosmetycznych może stanowić potencjalne zagrożenie dla zdrowia. Zagrożenie dla zdrowia może się różnić w zależności od ich rodzaju, indywidualnej podatności i poziomu narażenia na ftalany, zwiększając ryzyko chorób układu chorób układu oddechowego, zaburzeń ze strony układu endokrynnego i zwiększonej podatności na reakcje alergiczne. W wielu krajach UE substancje te uznano za potencjalne zagrożenie dla zdrowia i podjęto kroki w celu ograniczenia ilości ftalanów w produktach konsumenckich stosowanych w salonach kosmetycznych. Przeprowadzone badania polegały na równoległym pobraniu zanieczyszczeń powietrza na zewnątrz i wewnątrz wybranych salonów kosmetycznych na rurki ze złożem aktywnym XAD-2. Do testów wykorzystano aspiratory GilAir Plus. W powietrzu wewnętrznym salonów kosmetycznych wykazano obecność ftalanu dimetylu, ftalanu dietylu, ftalanu bis(2-etyloheksylu), a maksymalne stężenia tych związków wynosiły 5,53; 60,80 i 5,02  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Najwyższe stężenia w całym okresie pomiarowym odnotowano dla ftalanu bis 2-etyloheksylu, co budzi obawy o potencjalne zagrożenia dla zdrowia ze względu na jego status jako substancji chemicznej zaburzającej gospodarkę hormonalną [1]. Istnieją również pewne przesłanki, które sugerują, że DEHP może być rakotwórczy, szczególnie przy długotrwałym narażeniu.

**SŁOWA KLUCZOWE:** powietrze wewnętrzne, narażenie zdrowia, salony kosmetyczne, zanieczyszczenie powietrza

### FINANSOWANIE

Praca została sfinansowana przez Narodowe Centrum Nauki w ramach projektu badawczego 2021/41/B/ST10/04101

<https://repod.icm.edu.pl/dataset.xhtml?persistentId=doi:10.18150/P3W6X2&faces-redirect=true>

### LITERATURA

- [1] S. S. S. Rowdhwal i J. Chen, „Toxic Effects of Di-2-ethylhexyl Phthalate: An Overview”, *BioMed Research International*, t. 2018, s. 1–10, 2018, doi: 10.1155/2018/1750368.

---

## Węgiel organiczny i elementarny w powietrzu salonów kosmetycznych

---

Patrycja Rogula-Kopiec<sup>1\*</sup>, Kamila Widziewicz-Rzońca<sup>1</sup>, Artur Badyda<sup>2</sup>,  
Wioletta Rogula-Kozłowska<sup>3</sup>, Jan Stefan Bijałowicz<sup>3</sup>, Barbara Mathews<sup>1</sup>,  
Grzegorz Majewski<sup>4</sup>, Piotr Oskar Czechowski<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk, ul. Marii Skłodowskiej – Curie 34, 41-819 Zabrze, Polska, patrycja.rogula@ipispan.edu.pl

<sup>2</sup> Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska, ul. Nowowiejska 20, 00-653 Warszawa, Polska

<sup>3</sup> Instytut Inżynierii Bezpieczeństwa, Akademia Pożarnicza, ul. Słowackiego 52/54, 01-629 Warszawa

<sup>4</sup> Instytut Inżynierii Środowiska Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa

### ABSTRAKT

Badanie ma na celu analizę stężenia oraz potencjalnych źródeł węgla elementarnego (EC) i węgla organicznego (OC) związanych z cząstkami PM<sub>2.5</sub> w środowiskach wewnętrznych dziesięciu salonów kosmetycznych. Składniki te mogą pełnić rolę nośników różnorodnych toksycznych związków, które mogą negatywnie wpływać na zdrowie zarówno pracowników, jak i klientów tych salonów. Próbkę pobrano z trzech salonów fryzjerskich (H1-H3), trzech salonów świadczących usługi kosmetyczne (C1-C3) oraz trzech salonów stylizacji paznokci (N1-N3), zlokalizowanych w obszarach miejskich na terenie Górnego Śląska. Dzięki temu uzyskano wgląd w specyficzne warunki emisji związane z różnymi usługami oferowanymi przez każdy z salonów. Analiza próbek PM<sub>2.5</sub> wykazała, że stężenia węgla organicznego i pierwiastkowego zawierają się w zakresie od 20,44 µg/m<sup>3</sup> do 227,36 µg/m<sup>3</sup>. W przypadku węgla elementarnego, stężenie wahało się od granicy wykrywalności 0,001 µg/m<sup>3</sup> (w salonach N1, N2 oraz H1) do 3,55 µg/m<sup>3</sup> (w salonie H2). Stwierdzono, że stężenia cząstek stałych oraz węgla organicznego w środowisku wewnętrznym były wyższe niż w otoczeniu zewnętrznym. Wartości wskaźnika zawartości węgla wewnątrz/zewnątrz (I/O) różniły się pomiędzy trzema typami salonów. Salon C1 wykazał najwyższy współczynnik I/O dla PM<sub>2.5</sub> (I/O > 10) oraz OC (I/O > 3), podczas gdy salon N2 miał najwyższy współczynnik I/O dla EC (I/O > 12). Zawartość węgla organicznego w całkowitym węglu wykazała znaczną zmienność, wynosząc od 93% dla N2 do 99,8% dla H3. Wyniki te, zwłaszcza wartości dużo większe od jedności I/O świadczą o występowaniu silnych źródeł wewnętrznych, które wchodzą w interakcje z zanieczyszczeniami z powietrza atmosferycznego. Podkreśla to konieczność priorytetowej konieczności badania i wnikliwej oceny jakości powietrza w salonach kosmetycznych.

**SŁOWA KLUCZOWE:** salony kosmetyczne, stosunek I/O, pył zawieszony, węgiel organiczny, węgiel pierwiastkowy

### FINANSOWANIE

Praca została sfinansowana przez Narodowe Centrum Nauki w ramach projektu badawczego 2021/41/B/ST10/04101

<https://repod.icm.edu.pl/dataset.xhtml?persistentId=doi:10.18150/P3W6X2&faces-redirect=true>

## LITERATURA

- [1] V. M. Alaves, D. K. Sleeth, M. S. Thiese, i R. R. Larson, „Characterization of indoor air contaminants in a randomly selected set of commercial nail salons in Salt Lake County, Utah, USA”, *International Journal of Environmental Health Research*, t. 23, nr 5, s. 419–433, paź. 2013, doi: 10.1080/09603123.2012.755152.
- [2] N. M. Alharbi i H. M. Alhashim, „Beauty Salons are Key Potential Sources of Disease Spread”, *IDR*, t. Volume 14, s. 1247–1253, mar. 2021, doi: 10.2147/IDR.S303461.
- [3] S. Al-Marshad, „Assessing indoor air pollution within different areas of female beauty centers and exploring their relation to various respiratory symptoms”, *Pollution*, t. 2, nr 3, s. 357–364, 2016, doi: 10.7508/pj.2016.03.009.
- [4] J. S. Pastuszka, „Studies of particulate pollutants in indoor air in Upper Silesia”, nr 9–10, s. 1–5, 1995.
- [5] P. Rogula-Kopiec, B. Kozielska, K. Widziewicz-Rzońca, M. Tytła, i M. Błaszczak, „BTEX OCCURRENCE IN THE INDOOR AIR OF BEAUTY SALONS – PRELIMINARY RESEARCH”, *ZN SGSP*, t. 1, nr 88, s. 97–112, grudz. 2023, doi: 10.5604/01.3001.0054.1223.
- [6] P. Rogula-Kopiec, W. Rogula-Kozłowska, J. S. Pastuszka, i B. Mathews, „Air pollution of beauty salons by cosmetics from the analysis of suspended particulate matter”, *Environmental Chemistry Letters*, t. 17, nr 1, s. 551–558, mar. 2019, doi: 10.1007/s10311-018-0798-4.
- [7] A. Tsigonia, A. Lagoudi, S. Chandrinou, A. Linos, N. Evlogias, i E. C. Alexopoulos, „Indoor Air in Beauty Salons and Occupational Health Exposure of Cosmetologists to Chemical Substances”, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, t. 7, nr 1, Art. nr 1, sty. 2010, doi: 10.3390/ijerph7010314.
- [8] World Health Organization, Red., *Air quality guidelines: global update 2005: particulate matter, ozone, nitrogen dioxide, and sulfur dioxide*. Copenhagen, Denmark: World Health Organization, 2006.

---

## Niepewności oznaczenia stężeń pierwiastków w pyłe jako czynnik determinujący ocenę pochodzenia pyłu

---

Wioletta Rogula-Kozłowska<sup>1\*</sup>, Jan Stefan Białowicz<sup>1</sup>, Grzegorz Majewski<sup>2</sup>,  
Patrycja Rogula-Kopiec<sup>3</sup>, Katarzyna Grygoyć<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Akademia Pożarnicza, ul. Stowackiego 52/54, 01-629 Warszawa, Polska, wrogula@apoz.edu.pl;

<sup>2</sup> Instytut Inżynierii Środowiska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa, Polska;

<sup>3</sup> Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska, ul. M. Skłodowskiej-Curie 34, 41-819 Zabrze, Polska;

### ABSTRAKT

Jednym z podstawowych celów, dla których badany jest skład chemiczny a przede wszystkim udział w pyłe zawieszonym pierwiastków w stabilnych chemicznie formach, jest określenie pochodzenia pyłu w konkretnych receptorach. Konkretnie jest ono rozumiane jako wskazanie udziału źródeł o znanym profilu emisji w stężeniach pyłu. Profil pierwiastkowy pyłu (i nie tylko) jest w takim przypadku wektorem o długości równej liczbie pierwiastków oznaczonych w danej próbce. Jak każdy wektor, profil pierwiastkowy może zostać przedstawiony jako kombinacja liniowa wektorów, przy czym każdy z tych wektorów może pochodzić z podprzestrzeni zdefiniowanych przez profil emisji konkretnego źródła [1]. Liczba wektorów biorących udział w kombinacji liniowej nie może być większa niż wymiar wektora opisywanego. Tymczasem jest jasne, że nawet jeżeli będziemy oznaczali zawartość tylko 4 pierwiastków w pyłe to udział ten jest kształtowany przez więcej niż 4 różne źródła. Pojawia się więc następujące pytanie: ile źródeł tj., ile profili pierwiastkowych źródeł [2] należy dopasować tak aby móc opisać precyzyjnie pochodzenie pyłu w konkretnym receptorze? Dodatkowym zagadnieniem, które się nasuwa jest problem niepewności oznaczenia stężenia niektórych pierwiastków. Często mamy do czynienia z wartościami stężeń zbliżonymi do poziomów oznaczalności lub nawet niższymi, co w efekcie skutkuje tym, że tak naprawdę nie znamy dokładnie wektora, który próbujemy przedstawić za pomocą kombinacji liniowej; znamy jedynie najważniejsze jego elementy. W niniejszej pracy przeanalizowano profil pierwiastkowy próbek PM1 zebranych na terenie Warszawy i Zabrza z wykorzystaniem algorytmów EPA PMF [3] oraz EPA UNMIX [4]. Różnica między tymi algorytmami polega na tym, że do PMF dodatkowo wprowadzane są dolne granice. Jeżeli w profilu pierwiastkowym zmierzonym w receptorze stężenie było poniżej granicy oznaczalności to algorytm PMF nie dąży do wyzerowania tego elementu a jedynie do dopasowania go w ramach granicy oznaczalności. Oprócz wskazania możliwego pochodzenia PM1 w obu lokalizacjach, w których pobierano próbki przeanalizowano różnice otrzymane z użyciem obu modeli. Wnioskiem ogólnym z prowadzonych badań jest to, że prawidłowe podejście i poprawne wyznaczenie niepewności oznaczeń chemicznych – konkretnie stężeń pierwiastków w pyłe – może być (i najczęściej na pewno jest) parametrem istotniejszym dla poprawnej oceny pochodzenia pyłu w atmosferze niż dobór modelu i ilość zmiennych.

**SŁOWA KLUCZOWE:** PMF, UNMIX, pochodzenie pyłu, pył zawieszony, modelowanie

## FINANSOWANIE

Badania były finansowane w ramach projektu *Przemiany wybranych pierwiastków (metali i metaloidów) podczas migracji na drodze emitator - powietrze – gleba* 2016/23/B/ST10/02789 finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki.

## LITERATURA

- [1] P. Petersen, *Linear Algebra*. w Undergraduate Texts in Mathematics. New York, NY: Springer New York, 2012. doi: 10.1007/978-1-4614-3612-6.
- [2] D. Pernigotti, C. A. Belis, i L. Spanó, „SPECIEUROPE: The European data base for PM source profiles”, *Atmospheric Pollution Research*, 2016, doi: 10.1016/j.apr.2015.10.007.
- [3] G. Norris, R. Duvall, S. Brown, i S. Bai, „EPA Positive Matrix Factorization (PMF) 5.0 Fundamentals and User Guide”, US Environmental Protection Agency, Washington DC, EPA/600/R-14/108 (NTIS PB2015-105147), 2014.
- [4] G. Norris, R. Vedantham, R. Duvall, i R. Henry, „EPA Unmix 6.0 Fundamentals & User Guide”, US Environmental Protection Agency, Washington DC, EPA/600/R-07/089, 2007.

---

## Toksyczność miejskich pyłów drogowych

---

Justyna Rybak\*, Magdalena Wróbel

Politechnika Wrocławska, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, Polska, justyna.rybak@pwr.edu.pl

### ABSTRAKT

**WPROWADZENIE TEORETYCZNE ORAZ CEL BADAŃ:** Celem badań była ocena toksyczności miejskich pyłów drogowych generowanych przez transport samochodowy i kolejowy. W badaniach wzięto pod uwagę wpływ opadów deszczu, czyszczenia ulic na efekt toksyczny. W pyłe drogowym określono stężenia wybranych metali ciężkich (Zn, Cr, Cu, Pb, Cd i Fe). Badania pyłu drogowego przeprowadzono z wykorzystaniem gotowych testów Rapidtoxkit F, Microtox oraz Ostracodtoxkit F, oceniono także ryzyko zdrowotne, aby stwierdzić czy badane pyły mogą stwarzać zagrożenie dla osób mieszkających w sąsiedztwie dróg i kolei. Obliczono również wybrane wskaźniki oceny stopnia zanieczyszczenia (PI, PLI, Igeo, EF). Badania z wykorzystaniem organizmów testowych umożliwiły określenie wpływu zanieczyszczeń na biocenozę, uwzględniono potencjalną szkodliwość spływu toksycznych pyłów wraz z deszczem i ich wpływ na organizmy wodne. **WYNIKI:** Przeprowadzone testy ekotoksykologiczne wykorzystujące *Heterocypris incongruens* bytujące w osadzie dennym jak i organizmy wodne *Thamnocephalus platyurus* wskazują na wysoką toksyczność badanego pyłu drogowego, i znajdujących się w nim mobilnych form metali, co stwarza zagrożenie dla żyjących w wodzie i osadach organizmów od zahamowania ich wzrostu po śmierć. Stężenia metali były niższe w pyłe zebranych po opadach deszczu, niż w pyłe zebranych w okresie bezdeszczowym. Nie stwierdzono ryzyka narażenia nieraktowórczego zarówno u dzieci jak i dorosłych. W ocenie ryzyka rakotwórczego stężenie chromu w zebranych pyłach przekroczyło wartość  $\leq 1 \cdot 10^{-4}$  (wskaźnik ECR). **WNIOSKI:** W celu redukcji toksyczności miejskiego pyłu drogowego istotne wydaje się prowadzenie nasadzeń roślinności przy ciągach komunikacyjnych, zmniejszenie ruchu pojazdów oraz propagowanie innych, bardziej ekologicznych form transportu i wprowadzenie restrykcji związanych z wykorzystywaniem starych samochodów.

**SŁOWA KLUCZOWE:** miejski pył drogowy, ekotoksyczność, komunikacja, kolej, spływy

### LITERATURA

- [1] S. Abbasi, A. Jansson, U. Sellgren, i U. Olofsson, „Particle Emissions From Rail Traffic: A Literature Review”, *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, t. 43, nr 23, s. 2511–2544, sty. 2013, doi: 10.1080/10643389.2012.685348.
- [2] P. Aggarwal i S. Jain, „Impact of air pollutants from surface transport sources on human health: A modeling and epidemiological approach”, *Environment International*, t. 83, s. 146–157, paź. 2015, doi: 10.1016/j.envint.2015.06.010.
- [3] K. Juda-Rezler, *Oddziaływanie zanieczyszczeń powietrza na środowisko*. Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2000.
- [4] C. Men i in., „Temporal variations of levels and sources of health risk associated with heavy metals in road dust in Beijing from May 2016 to April 2018”, *Chemosphere*, t. 270, s. 129434, maj 2021, doi: 10.1016/j.chemosphere.2020.129434.
- [5] B. Wiłkomirski, B. Sudnik-Wójcikowska, H. Galera, M. Wierzbicka, i M. Malawska, „Railway transportation as a serious source of organic and inorganic pollution”, *Water Air Soil Pollut*, t. 218, nr 1–4, s. 333–345, cze. 2011, doi: 10.1007/s11270-010-0645-0.

- [6] C. L. S. Wiseman, C. Levesque, i P. E. Rasmussen, „Characterizing the sources, concentrations and resuspension potential of metals and metalloids in the thoracic fraction of urban road dust”, *Science of The Total Environment*, t. 786, s. 147467, wrz. 2021, doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.147467.
- [7] M. Wróbel, J. Rybak, i W. Rogula-Kozłowska, „Przykłady wykorzystania testu OSTRACODTOXKIT F™ do oceny zanieczyszczenia pyłów drogowych metalami w aglomeracji wrocławskiej”, *srees*, t. 29, nr 1, s. 27–36, mar. 2020, doi: 10.22630/PNIKS.2020.29.1.3.

---

## Potencjał sieci pomiarowej Projektu LIFE-MAPPINGAIR/PL w analizach klimatu miasta na przykładzie Wrocławia

---

Tymoteusz Sawiński\*, Anetta Drzeniecka-Osiadacz, Magdalena Korzystka-Muskata,  
Marek Kowalczyk, Joanna Kubicka, Piotr Modzel, Sandra Nguyen Van, Michał Dudek

Uniwersytet Wrocławski, Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego, Zakład Klimatologii i Ochrony Atmosfery, ul. Kosiby 8,  
51-621 Wrocław, Polska, tymoteusz.sawinski@uwr.edu.pl

### ABSTRAKT

W ostatnich latach obserwujemy znaczący rozwój sieci pomiarowych, opartych o urządzenia niskokosztowe [1], [2], [3], [4]. Wśród nich istotne miejsce zajmują sieci przeznaczone do pomiarów parametrów jakości powietrza, organizowane w ramach działań komercyjnych (np. Airly), w tym w ramach społecznych akcji podejmowanych przez takie firmy (np. InPost), z inicjatywy władz lokalnych (np. miejska sieć pomiarowa Warszawy, sieć pomiarowa w woj. opolskim), czy wreszcie w ramach działań edukacyjnych (np. ESA NASK, Bydgoski Włacznik Antysmogowy). Cechą jest relatywnie duża liczba urządzeń, rozlokowanych w różnych punktach miasta. Zwykle urządzenia takie wyposażone są dodatkowo w czujniki do pomiaru temperatury i wilgotności powietrza. Niestety, jakość pozyskiwanych danych meteorologicznych może pozostawiać wiele do życzenia. Przyczyną mogą być uwarunkowania konstrukcyjne, zaburzające wyniki pomiarów (np. instalacja czujników we wnętrzu ciemnej obudowy urządzenia), czy też niewłaściwa lokalizacja czujników, powodująca brak reprezentatywności danych. Jednocześnie, doświadczenia zdobyte podczas projektowania, budowy i eksploatacji sieci pomiarowej Projektu LIFE-MAPPINGAIR/PL wskazują, że przy zachowaniu pewnych standardów konstrukcyjnych (zastosowanie osłony radiacyjnej typu meteorologicznego, zachowanie odpowiedniego dystansu między urządzeniem a podłożem), urządzenia te mogą dostarczyć przydatnych informacji o środowisku klimatycznym miast, w szczególności atmosferycznej miejskiej wyspy ciepła. Ilustrują to wyniki pomiarów, uzyskane na obszarze Wrocławia, w sezonie ciepłym 2024, dokumentujące wyraźne uprzywilejowanie termiczne centrum miasta względem jego peryferii, zaznaczające się zwłaszcza w nocy i nad ranem i uzależnione od warunków pokrycia terenu w otoczeniu czujników. Wskazuje to na potencjał istniejących sieci pomiarowych, zwłaszcza w kontekście analiz związanych ze skutkami zmian klimatu w przestrzeni miast, czy budowy systemów publicznej informacji, ostrzegających o niekorzystnych zjawiskach wywołanych tymi zmianami.

**SŁOWA KLUCZOWE:** pomiary, czujniki niskokosztowe, sieć pomiarowa, miejska wyspa ciepła

### LITERATURA

- [1] C.-Y. Sun, S. Kato, i Z. Gou, „Application of Low-Cost Sensors for Urban Heat Island Assessment: A Case Study in Taiwan”, *Sustainability*, t. 11, nr 10, s. 2759, maj 2019, doi: 10.3390/su11102759.
- [2] F. Campo i in., „CLEAN - Collaborative low-cost environmental and air-quality network”, *Environmental Modelling & Software*, t. 163, s. 105664, maj 2023, doi: 10.1016/j.envsoft.2023.105664.
- [3] L. Romero Rodríguez, J. Sánchez Ramos, i S. Álvarez Domínguez, „Simplifying the process to perform air temperature and UHI measurements at large scales: Design of a new APP and low-cost Arduino device”, *Sustainable Cities and Society*, t. 95, s. 104614, sie. 2023, doi: 10.1016/j.scs.2023.104614.
- [4] WMO, „Integrating Low-cost Sensor Systems and Networks to Enhance Air Quality Applications”, *World Meteorological Organization, GAW Report No. 293*, 2024.



---

# Metody poprawy efektywności usuwania związków z grupy BTEX ze strumienia powietrza w biofiltrach ze złożem zraszanym

---

Bartosz Szulczyński<sup>1\*</sup>, Piotr Rybarczyk<sup>1</sup>, Karolina Kucharska<sup>1</sup>, Krzysztof Cichon<sup>2,3</sup>,  
Dominik Dobrzyniewski<sup>1</sup>, Jacek Gębicki<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Katedra Inżynierii Procesowej i Technologii Chemicznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Gdańska, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk, Polska, bartosz.szulczynski@pg.edu.pl

<sup>2</sup> Zakład Utylizacyjny Sp. z o.o., ul. Jabtoniowa 55, 80-180 Gdańsk, Polska

<sup>3</sup> Szkoła Doktorska Wdrożeniowa, Politechnika Gdańska, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk, Polska

## ABSTRAKT

W pracy zbadano usuwanie benzenu, toluenu, etylobenzenu i ksylenu (BTEX) z powietrza w dwóch podobnych biofiltrach ze złożem zraszanym (BTF) wypełnionych pianką poliuretanową (PU), różniących się procedurą zasiedlania (BTF A wypełniono wstępnie zasiedlonymi krążkami PU, a BTF B zaszczepiono poprzez ciągłą recyrkulację płynnej pożywki). Zbadano wpływ dodatku ekstraktu enzymatycznego grzybów na odpowiedź układu przy zmiennym obciążeniu złoża, częstotliwości zraszania i pH cieczy zraszającej. Zidentyfikowano pozytywne efekty zarówno metody zasiedlenia, jak i dodatku enzymu na wydajność biofiltracji. BTF A wykazywał krótszy okres rozruchu (około 20 dni) i niższy spadek ciśnienia ( $75 \pm 6$  mm H<sub>2</sub>O) niż BTF B (30 dni;  $86 \pm 5$  mm H<sub>2</sub>O), co wskazuje na lepsze efekty wcześniejszego zasiedlenia wypełnienia nad cyrkulacją pożywki podczas rozruchu biofiltra. Nowe podejście polegające na wykorzystaniu ekstraktu z grzybów spowodowało szybszą regenerację systemu i zwiększoną wydajność procesu po epizodzie zakwaszenia BTF. Średnie zdolności usuwania BTEX wynoszące  $28,8 \pm 0,4$  g/(m<sup>3</sup>·h) i  $23,1 \pm 0,4$  g/(m<sup>3</sup>·h) zostały osiągnięte odpowiednio dla BTF A i BTF B. W niniejszym badaniu przedstawiono nowe strategie kontrolowania i poprawy efektywności usuwania związków z grupy BTEX w biofiltrach ze złożem zraszanym.

**SŁOWA KLUCZOWE:** biofiltracja, oczyszczanie powietrza, BTEX, ekstrakty grzybów

## FINANSOWANIE

Badania finansowane ze środków Politechniki Gdańskiej w ramach grantu DEC-9/2022/IDUB/II.2/Sc w ramach programu Scandium Baltic Region Research Grants – „Inicjatywa Doskonałości - Uczelnia Badawcza”

## LITERATURA

- [1] P. Rybarczyk, K. Cichon, K. Kucharska, D. Dobrzyniewski, B. Szulczyński, i J. Gębicki, „Packing Incubation and Addition of Rot Fungi Extracts Improve BTEX Elimination from Air in Biotrickling Filters”, *Molecules*, t. 29, nr 18, s. 4431, wrz. 2024, doi: 10.3390/molecules29184431.
- [2] P. Rybarczyk, B. Szulczyński, J. Gębicki, i J. Hupka, „Treatment of malodorous air in biotrickling filters: A review”, *Biochemical Engineering Journal*, t. 141, s. 146–162, sty. 2019, doi: 10.1016/j.bej.2018.10.014.
- [3] K. Barbusinski, K. Kalemba, D. Kasperczyk, K. Urbaniec, i V. Kozik, „Biological methods for odor treatment – A review”, *Journal of Cleaner Production*, t. 152, s. 223–241, maj 2017, doi: 10.1016/j.jclepro.2017.03.093.

---

## Metale w pokrywie śnieżnej na obszarze miejskim

---

Malwina Tytła\*, Katarzyna Grygoyć

Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk, ul. M. Skłodowskiej-Curie 34, 41-819 Zabrze, Polska

### ABSTRAKT

Skład chemiczny pokrywy śnieżnej stanowi ważne źródło informacji o zanieczyszczeniu atmosfery oraz wpływie działalności człowieka na środowisko [1] (Ociepa i in. 2015). Jedną z ważniejszych grup zanieczyszczeń, które mogą przedostawać się do środowiska w wyniku topnienia śniegu są metale. Zanieczyszczenia te, po przeniknięciu do wód i gleb, mogą stwarzać zagrożenie zarówno w wymiarze ekologicznym, jak i zdrowotnym [2], [3].

Przedmiotowe badania miały na celu określenie zawartości wybranych metali w wodzie pochodzącej z roztopionej pokrywy śnieżnej, w kontekście transportu tych zanieczyszczeń z atmosfery do środowiska.

Próbki śniegu pobierano w 3 punktach zlokalizowanych na obszarze jednego z większych miast województwa śląskiego, tj. na parkingu w pobliżu dużego sklepu (A); osiedlu domów jednorodzinnych (B) i ulicy o średnim natężeniu ruchu drogowego (C). Po roztopieniu śniegu, próbki poddano analizie z wykorzystaniem spektrometrii mas z plazmą indukcyjnie sprzężoną, celem oznaczenia wybranych metali (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn i Mn).

Przeprowadzane analizy wykazały, że sumarycznie najwyższe stężenia metali odnotowano w punkcie A, tj. na parkingu dużego sklepu (43,1 µg/L). W największych stężeniach występowały Zn, Mn, Cu i Cr, wyniosły one średnio: 22,4; 3,2; 2,7 i 1,3 µg/L. Dominujący udział ww. metali w pokrywie śnieżnej, w miejscu o nasilonym ruchu pojazdów, może oznaczać, że jednym z głównych źródeł emisji tych zanieczyszczeń jest transport drogowy, m.in. ścieranie się opon w samochodach czy spalanie paliw, w wyniku czego pierwiastki te przenikają wraz z depozycją morką do środowiska gruntowo-wodnego.

Podsumowując, analiza stężeń metali w pokrywie śnieżnej jest ważnym narzędziem do monitorowania oraz identyfikacji dróg transportu tych zanieczyszczeń z atmosfery do środowiska. Biorąc pod uwagę ciągłe zmiany klimatu oraz postępującą industrializację, ważność tej metody będzie nabierała coraz większego znaczenia.

**SŁOWA KLUCZOWE:** metale, pokrywa śnieżna, depozycja atmosferyczna, środowisko gruntowo-wodne, obszary miejskie

### LITERATURA

- [1] E. Ociepa, M. Mrowiec, I. Deska, i E. Okoniewska, „Pokrywa śnieżna jako ośrodek depozycji zanieczyszczeń”, t. 17, s. 560–575.
- [2] F. Zhang i in., „Levels, Inventory, and Risk Assessment of Heavy Metals in Wetland Ecosystem, Northeast China: Implications for Snow Cover Monitoring”, *Water*, t. 13, nr 16, s. 2161, sie. 2021, doi: 10.3390/w13162161.
- [3] J. Kujawska i in., „Concentration and risk assessment of metals in snow cover monitoring in urban and rural areas”, *Ann Agric Environ Med.*, t. 31, nr 2, s. 205–211, cze. 2024, doi: 10.26444/aaem/190317.

---

# Znaczenie marketingowe proekologicznych rozwiązań w zarządzaniu przedsiębiorstwem hotelarskim

---

Marzena Wanagos

Wydział Zarządzania i Nauk o Jakości, Uniwersytet Morski w Gdyni, ul. Morska 81-87, 81-225 Gdynia, Polska, m.wanagos@wznj.umg.edu.pl

## ABSTRAKT

Przedmiotem niniejszej pracy jest przedstawienie proekologicznych rozwiązań w zarządzaniu przedsiębiorstwem hotelarskim i pokazanie ich znaczenia marketingowego. Działania proekologiczne stały się koniecznością w zarządzaniu wielu przedsiębiorstw. Wynika to z gwałtownych zmian w środowisku przyrodniczym. Między innymi zmian klimatycznych i jakości powietrza. Branża hotelarska również wpisuje się w tą rzeczywistość.

Celem niniejszej pracy jest pokazanie jak działania proekologiczne w obiektach hotelarskich mogą wpływać na marketing hotelu. Wiele z tych działań wynika z obowiązującego prawa, nowych wymagających kosztownych inwestycji rozwiązań technologicznych, ale okazuje się, że w hotelarstwie mogą być wykorzystane dla celów marketingowych. Działania proekologiczne wpływają na jakość produktu w hotelu, kreują pozytywny wizerunek i markę. Praca została oparta na krytycznej analizie literatury, a także case study wybranych obiektów hotelarskich. Case study oparte jest na źródłach wtórnych i pierwotnych.

Wyniki badań pokazują na wybranych przykładach, w jaki sposób rozwiązania proekologiczne w hotelarstwie wykorzystywane są w celach marketingowych.

**SŁOWA KLUCZOWE:** hotele, działania proekologiczne, marketing

## LITERATURA

- [1] B. Marciszewska i M. Wanagos, „Jakość usług turystycznych a koncepcja ekonomii doświadczeń”, w *The role of commodity science in quality management in a knowledge-based economy: management in commodity science - theoretical and practical aspects*, 2022, s. 108–125.
- [2] M. Wanagos i T. Studzieniecki, „The development of the tourist product of the city and the information needs of tourism entities”, w *Economic and Social Development: 32nd International Scientific Conference on Economic and Social Development*, A. V. Kovrov, O. A. Popov, i A. C. Casni, Red., Odessa, cze. 2018, s. 262–268.

## SESJA POSTEROWA 2



---

## Wzrost ryzyka wystąpienia nowotworu a przekroczenia poziomów substancji w powietrzu w sytuacji pożaru składowiska odpadów

---

Jan Stefan Białowicz\*, Wioletta Rogula-Kozłowska

Akademia Pożarnicza, ul. Stowackiego 52/54, 01-629 Warszawa, Polska, jbialowicz@apoz.edu.pl

### ABSTRAKT

Pożary stanowią zagrożenie dla bezpieczeństwa publicznego, które nie może być zniwelowane z powodu dyspersji emitowanych substancji w atmosferze. W przypadku takich incydentów konieczne jest określenie kierunku rozprzestrzeniania się emitowanych substancji, ocena ich stężenia w powietrzu, zmienności tego stężenia oraz ustalenie, czy istnieje potrzeba podjęcia dodatkowych działań w celu ochrony zdrowia publicznego [1], [2]. W pracy przedstawiono możliwość wykorzystania modelowania komputerowego do identyfikacji obszarów narażonych na przekroczenie poziomów odniesienia i poziomów dopuszczalnych niektórych substancji w powietrzu. Na bazie tych wyników określono także możliwość wzrostu całonocnego ryzyka kancerogenności. Przeprowadzono studium przypadku wybranych zanieczyszczeń emitowanych w pożarze składowiska odpadów, który miał miejsce 29 kwietnia 2018 roku w województwie lubelskim [3]. Wyznaczono, że zdarzenie to miało niepomijalny wpływ na jakość powietrza rozumianą jako stężenia analizowanych zanieczyszczeń oraz zdrowie mieszkańców. Pożar charakteryzował się dużym zasięgiem, a stężenia PM<sub>10</sub> powyżej 1000 µg/m<sup>3</sup> notowano na obszarze większym i częściej niż dla innych pożarów w 2018 roku. Pył PM<sub>10</sub> wyemitowany w analizowanym pożarze spowodował wzrost stężenia o ponad 1 µg/m<sup>3</sup> nie tylko w Polsce, ale także w Litwie, Łotwie, Białorusi i Rosji. Zanieczyszczeniem z najdłużej przekroczonym poziomem odniesienia [4] przekraczającym stężeniem dopuszczalnym był benzo(a)piren, który ma działanie rakotwórcze. Jego stężenie przekraczało wartość odniesienia przez aż 18 godzin. Wzrost stężenia benzenu, styrenu i acetaldehydu również był znaczący, z maksymalnym czasem przekroczenia wynoszącym odpowiednio 15, 15 i 13 godzin. Pożar wpłynął na zdrowie około 7800 osób, z nadmiarowym ryzykiem kancerogennym wynoszącym 0,008. Pomimo krótkotrwałych przekroczeń, skutki zdrowotne były dla analizowanego przypadku pożaru niepomijalne, a dobowe średnie stężenia dla czterech związków przekroczyły wartości odniesienia, wpływając na lokalne społeczności.

**SŁOWA KLUCZOWE:** poziomy odniesienia, poziomy dopuszczalne, ekspozycja, zdrowie publiczne

### FINANSOWANIE

Praca została zrealizowana w ramach projektu NCN Preludium 19 *Wpływ pożarów składowisk odpadów na jakość powietrza atmosferycznego – metodyka oraz oszacowanie wartości emisji* 2020/37/N/ST10/02997

## LITERATURA

- [1] J. S. Białowicz, W. Rogula-Kozłowska, i A. Krasuski, „Contribution of landfill fires to air pollution – An assessment methodology”, *Waste Management*, t. 125, s. 182–191, kwi. 2021, doi: 10.1016/j.wasman.2021.02.046.
- [2] J. S. Białowicz, W. Rogula-Kozłowska, A. Krasuski, i Z. Salamonowicz, „The critical factors of landfill fire impact on air quality”, *Environ. Res. Lett.*, t. 16, nr 10, s. 104026, paź. 2021, doi: 10.1088/1748-9326/ac27cd.
- [3] J. S. Białowicz i W. Rogula-Kozłowska, „Pożary odpadów jako źródło emisji odpowiedzialnej za narażenie inhalacyjne ludności”, w *Funkcjonowanie Krajowego Systemu Wykrywania Skażeń i Alarmowania w Świetle Zagrożeń Skażeniami oraz Skażeń*, Wojskowa Akademia Techniczna, 2023, s. 19–42.
- [4] Dz.U., Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 26 stycznia 2010 r. w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu. 2010.

---

## Pył zawieszony podczas przygotowywania potraw na grillu elektrycznym

---

Jan Stefan Białowicz<sup>1\*</sup>, Artur Badyda<sup>1</sup>, Wioletta Rogula-Kozłowska<sup>2</sup>, Kamila Widziwicz-Rzońca<sup>3</sup>, Patrycja Rogula-Kopiec<sup>3</sup>, Dmytro Chyzyhkov<sup>3</sup>, Grzegorz Majewski<sup>4</sup>, Mariusz Pecio<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska, ul. Nowowiejska 20, 00-653 Warszawa, Polska, jan.bialowicz@pw.edu.pl;

<sup>2</sup> Akademia Pożarnicza, ul. Słowackiego 52/54, 01-629 Warszawa, Polska,

<sup>3</sup> Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska, ul. Skłodowskiej-Curie 34, 41-819 Zabrze, Polska,

<sup>4</sup> Instytut Inżynierii Środowiska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa, Polska

### ABSTRAKT

Rozkład masy i liczby cząstek determinuje respirabilność danego pyłu a przez to możliwe skutki zdrowotne wynikające z oddychania danym powietrzem [1]. Jedną z popularnych aktywności w okresie letnim jest przygotowywanie potraw na grillu. Grillowanie jest jednym z nielicznych źródeł pyłu powstającego w procesach spalania w okresie letnim, sezonie niegrzewczym. W literaturze są pojedyncze publikacje dotyczące emisji wybranych zanieczyszczeń gazowych oraz wybranych frakcji pyłu [2], [3] jednak nie ma jak dotąd szczegółowych informacji dotyczących wglądu w rozkład masowy i liczbowy tego pyłu. Celem niniejszych badań jest określenie składu frakcyjnego pyłu emitowanego podczas przygotowywania potraw na grillu elektrycznym i zestawienie tych wartości z tłem pomiarowym. Stężenia pyłu przy grillu były określane za pomocą spektrometru optycznego Palas AQGuard [4] a tło zostały zmierzone stężenia zmierzone za pomocą spektrometru optycznego zgodnego z normą EN16450 Palas Fidas 200 [5]. Udział poszczególnych frakcji pyłu zmierzonych w otoczeniu grilla był inny niż dla powietrza atmosferycznego. Pomiaru tła charakteryzowały się dość określonym i stabilnym rozkładem, w którym frakcja PM<sub>1</sub> obejmowała od 10 do 30% masy pyłu, a frakcja PM<sub>4-1</sub> stanowiła jedynie 10 do 20%. Innymi słowy mówiąc masa frakcji PM<sub>4</sub> nie przekraczała 50% masy pyłu. W przypadku analizowania cząstek wyemitowanych w procesie grillowania. Frakcja PM<sub>1</sub> potrafiła stanowić nawet ponad 90% masy pyłu. Trend związany z frakcją PM<sub>4-1</sub> został zachowany, jednakże granica maksymalnej zawartości tej frakcji wzrosła do 40% pyłu. Wyniki pokazują, że sam proces grillowania, z użyciem grilla bez paliwa emisyjnego, może stanowić istotny czynnik wpływający na udziału pyłu submikronowego.

**SŁOWA KLUCZOWE:** rozkład mas cząstek, pył submikronowy, spektrometria aerozolu, grillowanie

### FINANSOWANIE

Badania były finansowane ze środków Politechniki Warszawskiej w ramach Programu Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza (IDUB), w ramach konkursu POSTOC V PW.



## LITERATURA

- [1] W. C. Hinds i Y. Zhu, *Aerosol technology: properties, behavior, and measurement of airborne particles*, Third edition. Hoboken, NJ: Wiley, 2022.
- [2] A. J. Badyda i in., „Inhalation risk to PAHs and BTEX during barbecuing: The role of fuel/food type and route of exposure”, *Journal of Hazardous Materials*, t. 440, s. 129635, paź. 2022, doi: 10.1016/j.jhazmat.2022.129635.
- [3] A. Badyda i in., „Are BBQs Significantly Polluting Air in Poland? A Simple Comparison of Barbecues vs. Domestic Stoves and Boilers Emissions”, *Energies*, t. 13, nr 23, s. 6245, lis. 2020, doi: 10.3390/en13236245.
- [4] Palas GmbH, „AQ Guard”, Palas. Dostęp: 17 wrzesień 2024. [Online]. Dostępne na: <https://www.palas.de/en/product/aq-guard>
- [5] PALAS GmbH, „Fidas® 200 EN 16450 approved fine dust measurement device for simultaneous measurement of PM2.5 and PM10”. Dostęp: 15 wrzesień 2023. [Online]. Dostępne na: <https://www.palas.de/en/product/fidas200>

---

# Evaluating the Mass Stability of PM Filters Under Controlled Conditions: Insights for Enhanced Air Quality Measurement

---

Dmytro Chyzykov<sup>1,2\*</sup>, Kamila Widziewicz-Rzońca<sup>1</sup>, Piotr Oskar Czechowski<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institute of Environmental Engineering, Polish Academy of Sciences, 34 M. Skłodowskiej-Curie St., 41-819 Zabrze, Poland

<sup>2</sup> Silesian University of Technology, Faculty of Energy and Environmental Engineering, 22B Konarskiego St., 44-100 Gliwice, Poland

## ABSTRAKT

The long-term stability of particulate matter (PM) filter measurements is a critical factor in ensuring the accuracy and reliability of air quality monitoring systems. While environmental conditions such as temperature and humidity are typically controlled during filter weighing procedures, the influence of prolonged exposure and repeated measurements on filter mass remains an underexplored area even under stable conditions [1], [2], [3]. This study investigates the mass stability of different types of PM filters: glass, quartz, and PTFE O-ring subjected to extended measurements under controlled conditions (22°C and 45% relative humidity) using a robotic weighing system.

Understanding the long-term behavior of PM filters is essential for environmental engineering, as it directly impacts the precision of air quality data. Filters are often used in continuous monitoring systems, where even minor mass drift over time could lead to significant inaccuracies in assessing particulate pollution levels [3]. By comparing blank filters and filters loaded with PM<sub>1</sub> and PM<sub>2.5</sub> particles, this research evaluates the effect of long-term measurements on filter mass stability. It highlights any material-specific tendencies for mass drift.

The results will provide valuable insights into selecting filter materials for long-term air monitoring applications, offering guidance on the most stable options for precise mass measurements. This knowledge can improve the reliability of air quality monitoring, which plays a crucial role in regulatory compliance, public health assessments, and pollution control strategies. Ensuring that filters maintain stable mass over time will ultimately enhance the overall quality of air monitoring systems, helping to ensure accurate reporting of particulate matter levels and improving decision-making for environmental protection policies.

**KEYWORDS:** particulate matter filters, air quality monitoring, long-term measurement stability, robotic weighing system, filter material analysis

## FUNDING

The research was financed by the project “Water - a great matter of aerosol mass uncertainty” (2021/42/E/ST10/00209) SONATA BIS.

## BIBLIOGRAPHY

- [1] K. Widziewicz-Rzońca, P. Rogula-Kopiec, S. Janas, P. O. Czechowski, i S. Stefaniak, „Automated Weighing of PM Filters: Impact of Equilibration Duration”, zaprezentowano na The 10th World Congress on New Technologies, sie. 2024. doi: 10.11159/icepr24.162.
- [2] D. Chyzykov, K. Widziewicz-Rzońca, M. Błaszczak, P. Rogula-Kopiec, i K. Słaby, „Automatic weighing system vs. manual weighing precision comparison in PM-loaded filter measurements under different humidity conditions”, *Environ Monit Assess*, t. 195, nr 11, s. 1393, lis. 2023, doi: 10.1007/s10661-023-11939-7.
- [3] K. Widziewicz-Rzońca i in., „ADVANCING THE UNDERSTANDING OF PM FILTER MASS STABILITY: UNVEILING THE INFLUENCE OF HUMIDITY AND TEMPERATURE”, *Zeszyty Naukowe Pro Publico Bono*, t. 1, nr 1, s. 7–26, lis. 2023, doi: 10.5604/01.3001.0053.9741.

---

## Model wpływu zanieczyszczeń powietrza i innych czynników środowiskowych na ceny nieruchomości w Warszawie w latach 2010-2020

---

Piotr O. Czechowski<sup>1,2\*</sup>, Anna Romanowska<sup>3</sup>, Tomasz Owczarek<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN w Zabrze, ul. M. Skłodowskiej-Curie 34, 41-819 Zabrze, Polska; piotr.czechowski@ipispan.edu.pl

<sup>2</sup> Wydział Zarządzania i Nauk o Jakości, Uniwersytet Morski w Gdyni, ul. Morska 81-87, 81-225 Gdynia, Polska

<sup>3</sup> Wydział Zarządzania, Wyższa Szkoła Administracji i Biznesu w Gdyni, ul. Kielecka 7, 81-303 Gdynia, Polska

<sup>4</sup> Wydział Informatyki, Uniwersytet Morski w Gdyni, ul. Morska 81-87, 81-225 Gdynia, Polska

### ABSTRAKT

Zanieczyszczenia środowiska naturalnego, w tym zanieczyszczenia powietrza mają wpływ na wiele dziedzin życia człowieka. Wpływają na zdrowie i jakość życia człowieka, ale również na jego otoczenie społeczne, ekonomiczne i gospodarcze. Zwiększająca się świadomość ekologiczna społeczeństwa powoduje, że coraz częściej ludzie uświadamiają sobie te związki i reagują na nie. Można przypuszczać, że zanieczyszczenia powietrza wpływają na wybór lokalizacji i determinację przy zakupie mieszkań. Celem niniejszego badania jest potwierdzenie wpływu stężeń zanieczyszczeń powietrza w Warszawie na ceny i liczbę oferowanych mieszkań. Do identyfikacji wpływu zanieczyszczeń powietrza na ceny mieszkań zastosowano modelowanie ekonometryczne wykorzystujące GLM i GRM z metodą regresji krokowej. Badanie przeprowadzono dla danych miesięcznych pochodzących z lat 2010-2020 z Warszawy. Dotyczyły one stężeń podstawowych zanieczyszczeń powietrza, warunków klimatycznych i liczby oferowanych mieszkań na rynku pierwotnym i wtórnym, oraz ceny transakcyjnych za jeden metr kwadratowy kupowanego mieszkania. Dane dotyczące mieszkań pochodzą z bazy umów sprzedaży nieruchomości. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że istniejące zanieczyszczenie powietrza i warunki klimatyczne w Warszawie mają wpływ na liczbę sprzedawanych mieszkań i ich ceny. We wszystkich istotnych modelach cen transakcyjnych i liczby oferowanych mieszkań współczynniki strukturalne dla zanieczyszczeń mają wartości ujemne. Świadczy to o odwrotnej zależności stężeń zanieczyszczeń oraz cen i liczby mieszkań. Odnotowano silną zależność cen mieszkań na rynku pierwotnym ze stężeniami NO<sub>2</sub>. Dla lokali o powierzchni poniżej 40 m<sup>2</sup> wraz ze wzrostem stężenia NO<sub>2</sub> o 1 µg/m<sup>3</sup> ceny rosną przeciętnie o 175 zł/m<sup>2</sup>. W przypadku lokali o pow. 60-80 m<sup>2</sup> zmiany ceny mieszkań można wytłumaczyć aż w 41% zmianami stężeń NO<sub>2</sub>. Na rynku wtórnym odnotowano dodatkowo istotny wpływ stężeń PM<sub>2,5</sub>. Np. dla mieszkań o powierzchni 40-60 m<sup>2</sup> z rynku wtórnego wzrost stężeń PM<sub>2,5</sub> o 1 µg/m<sup>3</sup> powoduje spadek ceny przeciętnie o 83 zł/m<sup>2</sup>. Można zatem stwierdzić, że świadomość zanieczyszczeń powietrza u kupujących i sprzedających mieszkania w Warszawie jest duża, a stężenia zanieczyszczeń powietrza istotnie wpływają na rynek mieszkaniowy w tym mieście.

**SŁOWA KLUCZOWE:** zanieczyszczenie powietrza; analiza danych; ogólny model liniowy; ogólny model regresyjny, ceny nieruchomości

## LITERATURA

- [1] A. Badyda i H. Mazurek, Red., *Smog: konsekwencje zdrowotne zanieczyszczeń powietrza*, Wydanie I. Warszawa: Wydawnictwo Lekarskie PZWL, 2018.
- [2] K. Weir, „Smog in our brains”, <https://www.apa.org>. Dostęp: 28 wrzesień 2024. [Online]. Dostępne na: <https://www.apa.org/monitor/2012/07-08/smog>
- [3] C. Sun, X. Chen, S. Zhang, i T. Li, „Can Changes in Urban Form Affect PM2.5 Concentration? A Comparative Analysis from 286 Prefecture-Level Cities in China”, *Sustainability*, t. 14, nr 4, s. 2187, luty 2022, doi: 10.3390/su14042187.
- [4] P. O. Czechowski i in., „Financing Costs and Health Effects of Air Pollution in the Tri-City Agglomeration”, *Front. Public Health*, t. 10, s. 831312, mar. 2022, doi: 10.3389/fpubh.2022.831312.
- [5] B. Kryk, „Ekorozwój jako przyjęta koncepcja rozwoju społeczno-ekonomicznego a inwestycje ekologiczne”, *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Prace Katedry Mikroekonomii*, t. 8, s. 5–16, 2004.
- [6] Z. Huang i X. Du, „Does air pollution affect investor cognition and land valuation? Evidence from the Chinese land market”, *Real Estate Economics*, t. 50, nr 2, s. 593–613, cze. 2022, doi: 10.1111/1540-6229.12344.
- [7] M. A. Boyle i K. A. Kiel, „A Survey of House Price Hedonic Studies of the Impact of Environmental Externalities”, *Journal of Real Estate Literature*, t. 9, nr 2, s. 117–144, 2001.
- [8] U. K. De i V. Vupru, „Location and neighbourhood conditions for housing choice and its rental value: Empirical examination in an urban area of North-East India”, *IJHMA*, t. 10, nr 4, s. 519–538, wrz. 2017, doi: 10.1108/IJHMA-10-2016-0072.
- [9] R. Liu, C. Yu, C. Liu, J. Jiang, i J. Xu, „Impacts of Haze on Housing Prices: An Empirical Analysis Based on Data from Chengdu (China)”, *IJERPH*, t. 15, nr 6, s. 1161, cze. 2018, doi: 10.3390/ijerph15061161.
- [10] P. O. Czechowski, A. Romanowska, E. Czermański, A. Oniszczyk-Jastrzębek, i M. Wanagos, „An Attempt to Determine the Relationship between Air Pollution and the Real Estate Market in 2010–2020 in Gdańsk Using GLM and GRM Statistical Models”, *Sustainability*, t. 15, nr 3, s. 2471, sty. 2023, doi: 10.3390/su15032471.

---

## Usuwanie barwnika anionowego Acid Black 1 z roztworów wodnych za pomocą rudy darniowej

---

Agnieszka Dzieniszewska\*, Magdalena Pająk, Joanna Kyzioł-Komosińska

Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk, ul. Marii Skłodowskiej-Curie 34, 41-819 Zabrze, Polska; agnieszka.dzieniszewska@ipispan.edu.pl

### ABSTRAKT

Jednym z głównych problemów w ochronie środowiska jest generowanie znacznych ilości ścieków przemysłowych. Ścieki wytwarzane przez takie gałęzie przemysłu jak farbiarski, włókienniczy, kosmetyczny, papierniczy i skórzanym, powodują zanieczyszczenie środowiska syntetycznymi barwnikami organicznymi [1], [2]. Do negatywnych skutków obecności barwników w zbiornikach wodnych należą nieestetyczny wygląd, ograniczenie dyfuzji tlenu, zmniejszenie dostępu światła słonecznego, a tym samym utrudnienie i zahamowanie procesów fotosyntezy. Ponadto barwniki wykazują działanie toksyczne, kancerogenne i mutagenne [3], [4]. Skuteczną metodą usuwania barwników z wód i ścieków jest adsorpcja, a jednym z kierunków poszukiwania alternatywnych adsorbentów do powszechnie używanego węgla aktywnego jest wykorzystanie materiałów naturalnych i odpadowych, w tym materiałów bogatych w tlenki żelaza [5], [6], [7], [8].

Celem badań było określenie zdolności adsorpcyjnych rudy darniowej w stosunku do anionowego barwnika kwasowego Acid Black 1 (ABk 1). Badania adsorpcji przeprowadzono metodą „batch” w zakresie stężeń początkowych 1-1000 mg/l i przy trzech dawkach adsorbentu wynoszących 5, 10 i 20 g/l. Przeprowadzono także badania kinetyki procesu przy dwóch stężeniach początkowych równych 25 i 250 mg/l i dawce 10 g/l. Do interpretacji uzyskanych danych wykorzystano modele izoterm adsorpcji (Langmuira, Freundlicha, Dubinina-Raduszkiewicza, Sipsa) oraz równania kinetyczne (pseudo-pierwszego rzędu, pseudo-drugiego rzędu, model dyfuzji wewnątrzcząsteczkowej).

Uzyskane rezultaty wskazały, że maksymalna pojemność adsorpcyjna rudy darniowej malała wraz ze wzrostem dawki adsorbentu i wyniosła 38,72 mg/g, 20,78 mg/g i 5,79 mg/g odpowiednio dla dawki 5, 10 i 20 g/l. Badania kinetyki wskazały na chemiczny charakter procesu adsorpcji oraz na istotną rolę dyfuzji wewnątrzcząsteczkowej. Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że ruda darniowa jest obiecującym materiałem adsorpcyjnym do usuwania barwników organicznych.

**SŁOWA KLUCZOWE:** adsorpcja, ruda darniowa, barwnik Acid Black 1, izoterm adsorpcji, kinetyka adsorpcji

## LITERATURA

- [1] A. Soltani, M. Faramarzi, i S. A. Mousavi Parsa, „A review on adsorbent parameters for removal of dye products from industrial wastewater”, *Water Quality Research Journal*, t. 56, nr 4, s. 181–193, lis. 2021, doi: 10.2166/wqrj.2021.023.
- [2] C. Zaharia i D. Suteu, „Textile Organic Dyes – Characteristics, Polluting Effects and Separation/Elimination Procedures from Industrial Effluents – A Critical Overview”, w *Organic Pollutants Ten Years After the Stockholm Convention - Environmental and Analytical Update*, T. Puzyn, Red., InTech, 2012. doi: 10.5772/32373.
- [3] B. Lellis, C. Z. Fávaro-Polonio, J. A. Pamphile, i J. C. Polonio, „Effects of textile dyes on health and the environment and bioremediation potential of living organisms”, *Biotechnology Research and Innovation*, t. 3, nr 2, s. 275–290, lip. 2019, doi: 10.1016/j.biori.2019.09.001.
- [4] L. D. Ardila-Leal, R. A. Poutou-Piñales, A. M. Pedroza-Rodríguez, i B. E. Quevedo-Hidalgo, „A Brief History of Colour, the Environmental Impact of Synthetic Dyes and Removal by Using Laccases”, *Molecules*, t. 26, nr 13, s. 3813, cze. 2021, doi: 10.3390/molecules26133813.
- [5] C. R. Holkar, A. J. Jadhav, D. V. Pinjari, N. M. Mahamuni, i A. B. Pandit, „A critical review on textile wastewater treatments: Possible approaches”, *Journal of Environmental Management*, t. 182, s. 351–366, lis. 2016, doi: 10.1016/j.jenvman.2016.07.090.
- [6] S. Dutta, B. Gupta, S. K. Srivastava, i A. K. Gupta, „Recent advances on the removal of dyes from wastewater using various adsorbents: a critical review”, *Mater. Adv.*, t. 2, nr 14, s. 4497–4531, 2021, doi: 10.1039/D1MA00354B.
- [7] V. K. Gupta i Suhas, „Application of low-cost adsorbents for dye removal – A review”, *Journal of Environmental Management*, t. 90, nr 8, s. 2313–2342, cze. 2009, doi: 10.1016/j.jenvman.2008.11.017.
- [8] S. Khelifi, A. Choukchou-Braham, M. H. Oueslati, H. M. Sbihi, i F. Ayari, „Identification and use of local iron-ores deposit as adsorbent: adsorption study and photochemical regeneration”, *Desalination and Water Treatment*, t. 206, s. 429–438, grudz. 2020, doi: 10.5004/dwt.2020.26307.

---

## Antymon jako wskaźnik wpływu antropogenicznego na jakość powietrza atmosferycznego

---

Katarzyna Grygoyć

Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN, ul. Skłodowskiej-Curie 34, 41-819 Zabrze, Polska; katarzyna.grygoyc@ipispan.edu.pl

### ABSTRAKT

Antymon odgrywa ważną rolę w światowej gospodarce i jest nieocenionym elementem nowoczesnych technologii. Dlatego rządy wielu państw w tym Stanów Zjednoczonych Ameryki i Unii Europejskiej zaklasyfikowały go jako surowiec krytyczny. Ze względu na swoje właściwości zmniejszające palność związki antymonu są stosowane w różnych produktach, takich jak zabawki, osłony samochodowe, silnikowe, odzież dziecięca i odzież ochronna [1]. Antymon wykorzystywany jest jako katalizator w produkcji tworzyw sztucznych, pigmentów farb oraz w stopach metali do produkcji amunicji i baterii. Ponadto znajduje zastosowanie w produkcji półprzewodników, zwłaszcza diod i czujników IR [2]. Sb i jego związki są uważane za potencjalnie rakotwórcze i mają szkodliwy wpływ na zdrowie człowieka. Wykazują właściwości toksyczne, wpływając niekorzystnie na ośrodkowy układ nerwowy [3]. Długotrwały kontakt z pyłami zawierającymi Sb może powodować infekcje dróg oddechowych, mięśnia sercowego i wątroby [4]. Źródła Sb w pyle zawieszonym można podzielić na naturalne (aktywność wulkaniczna, wietrzenie skał) oraz antropogeniczne obejmujące głównie spalanie paliw kopalnych, emisje z ruchu drogowego, wydobywanie, hutnictwo czy spalanie odpadów [3]. Rosnące wykorzystanie tego pierwiastka we współczesnym przemyśle powoduje wzrost jego emisji i stężenia w cząstkach atmosferycznych. Obecnie większość całkowitej atmosferycznej emisji antymonu pochodzi z działalności antropogenicznej, przy czym wyższe stężenia tego pierwiastka odnotowywane są na obszarach zurbanizowanych [5]. W związku z szerokim zastosowaniem w przemyśle, a także właściwościami toksycznymi należy on do grupy tak zwanych zanieczyszczeń priorytetowych mogących stanowić zagrożenie dla ekosystemów i życia ludzi [3], [6].

**SŁOWA KLUCZOWE:** Antymon (Sb), meta(loid), zanieczyszczenie powietrza

### LITERATURA

- [1] M. Filella, P. Hennebert, G. Okkenhaug, i A. Turner, „Occurrence and fate of antimony in plastics”, *Journal of Hazardous Materials*, t. 390, s. 121764, maj 2020, doi: 10.1016/j.jhazmat.2019.121764.
- [2] S. Diquattro i in., „Insights into the fate of antimony (Sb) in contaminated soils: Ageing influence on Sb mobility, bioavailability, bioaccessibility and speciation”, *Science of The Total Environment*, t. 770, s. 145354, maj 2021, doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.145354.
- [3] N. Bolan i in., „Antimony contamination and its risk management in complex environmental settings: A review”, *Environment International*, t. 158, s. 106908, sty. 2022, doi: 10.1016/j.envint.2021.106908.
- [4] Z. Lai, M. He, C. Lin, W. Ouyang, i X. Liu, „Interactions of antimony with biomolecules and its effects on human health”, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, t. 233, s. 113317, mar. 2022, doi: 10.1016/j.ecoenv.2022.113317.
- [5] C. Yang i in., „Spatiotemporal Distributions and Source Apportionment of PM<sub>2.5</sub>-Bound Antimony in Beijing, China”, *JGR Atmospheres*, t. 127, nr 16, s. e2021JD036401, sie. 2022, doi: 10.1029/2021JD036401.
- [6] P. A. Nishad i A. Bhaskarapillai, „Antimony, a pollutant of emerging concern: A review on industrial sources and remediation technologies”, *Chemosphere*, t. 277, s. 130252, sie. 2021, doi: 10.1016/j.chemosphere.2021.130252.



---

## Impact of intensive poultry farming on atmospheric (PM) pollution in rural environments

---

Goran Gržinić<sup>1\*</sup>, Artur Łopatka<sup>2</sup>, Ewa Olkowska<sup>1</sup>, Agnieszka Klimkowicz-Pawlas<sup>2</sup>, Lidia Wolska<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Medical University of Gdansk, Faculty of Health Sciences, Department of Environmental Toxicology, Dębowa Str. 23A, 80-204 Gdansk, Poland; goran.grziniac@gumed.edu.pl

<sup>2</sup> Institute of Soil Science and Plant Cultivation - State Research Institute, Department of Soil Science Erosion and Land Protection, Czartoryskich Str. 8, 24-100 Puławy, Poland

### ABSTRACT

Poultry farming is a cornerstone of modern agriculture and is one of the most widespread animal husbandry methods globally. Modern intensive poultry farming techniques provide a very efficient and cost effective way to safeguard the nutritional security of a significant proportion of the world population. However, such intensive farming methods can likewise be a source of environmental pollution as well affect human health. Within the framework of the larger research project, a multidisciplinary study of the effects and broader impact of intensive poultry farming on the environment and human health in a Polish rural setting, we have studied air pollution emissions, including particulate matter (PM), from a selected intensive poultry farm over a multi-seasonal time period. PM concentrations were measured using optical-scattering aerosol particle spectrometry, within a range of 500 m from the farm in order to map its emissions profile and ascertain the impact on farm employees and nearby population. The results have shown seasonality in PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>1</sub> measured values, the influence of meteorological conditions as well as a strong impact of the use of forced ventilation in the poultry houses due to hot weather on overall emissions. This may result in emission values above current air quality standards on the area of the farm and the immediate surroundings. Therefore, appropriate mitigation strategies should be implemented to limit negative environmental and human health effects in such situations [1-3].

### FUNDING

This study has been financially supported by a grant from the Polish National Science Centre (Grant No. UMO-2019/35/B/NZ7/04394)

**KEYWORDS:** Intensive Poultry Farming, Air Pollution, Particulate Matter, Rural Development

### BIBLIOGRAPHY

- [1] R. B. Bist and L. Chai, 'Advanced Strategies for Mitigating Particulate Matter Generations in Poultry Houses', *Applied Sciences*, vol. 12, no. 22, p. 11323, Nov. 2022, doi: 10.3390/app122211323.
- [2] Q. Yao et al., 'Assessment of particulate matter and ammonia emission concentrations and respective plume profiles from a commercial poultry house', *Environmental Pollution*, vol. 238, pp. 10–16, Jul. 2018, doi: 10.1016/j.envpol.2018.02.039.
- [3] G. Gržinić et al., 'Intensive poultry farming: A review of the impact on the environment and human health', *Science of The Total Environment*, vol. 858, p. 160014, Feb. 2023, doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.160014.

---

## Pierwiastki krytyczne dla technologii jako nowe zanieczyszczenia powietrza

---

Magdalena Jabłońska-Czapla

Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN, ul. M. Skłodowskiej-Curie 34, 41-819, Zabrze, Polska, magdalena.czapla@ipispan.edu.pl

### ABSTRAKT

W ostatnich dziesięcioleciach postęp technologiczny doprowadził do wzrostu wykorzystania tak zwanych pierwiastków krytycznych dla technologii (TCE Technology Critical Element). Do TCE zaliczamy Ga, Ta, Te, Tl, Ge, In, Nb, jak również pierwiastki ziem rzadkich czy grupy platynowców [1]. Działania związane z wydobyciem TCE mogą uwalniać pył zawierający TCE, toksyczne metale do powietrza i otaczających zbiorników wodnych, co w konsekwencji ma negatywny wpływ na glebę, dziką przyrodę, roślinność i ludzi [2], [3]. TCE i inne toksyczne związki mogą być uwalniane podczas otwartego spalania e-odpadów [4]. TCE są uważane za niezbędne pierwiastki zdekarbonizowanej gospodarki, szczególnie w ich zastosowaniach w pojazdach elektrycznych, energii wiatrowej i słonecznej oraz oświetleniu. Ich wydobycie wiąże się z przetwarzaniem dużych ilości materiału, powodując szkody dla środowiska, w tym emisję gazów cieplarnianych ze spalania paliw kopalnych, lasów oraz z przetwarzania rudy [5]. Zminimalizowanie wykorzystania pierwotnych TCE poprzez recykling może potencjalnie złagodzić ten wpływ. Trimmel i in. zbadali rozkład TCE i pierwiastki ziem rzadkich, w tym itr w aerozolu miejskim w Wiedniu, który był deponowany na liściach roślin fasadowych [6]. Zaobserwowany wzrost zawartości TCE, takich jak Li, V, Ga, Ge, Tl, Bi i REYs w marcowych próbkach sugeruje szeroki związek z ładunkami pierwiastków z pyłu miejskiego. Mimo, że Li, V, Ga, Ge, Bi i większość REY mają ogólnie niską toksyczność, to ich długoterminowy wpływ na zdrowie w połączeniu z różnymi substancjami jest słabo poznany. Pracownicy wytwarzający tlenek indowo-cynowy (ITO) są narażeni na podwyższone stężenie indu we krwi i chorobę płuc wywołaną przez ind, a spośród TCE w ultradrobnym frakcjach pyłu miejskiego znaleziono Tl [7] czy Sb [8].

**SŁOWA KLUCZOWE:** TCE, Technology Critical Elements, Pierwiastki Krytyczne dla Technologii

### LITERATURA

- [1] N. Amiel, I. Dror, A. Zurieli, Y. Livshitz, G. Reshef, i B. Berkowitz, „Selected technology-critical elements as indicators of anthropogenic groundwater contamination”, *Environmental Pollution*, t. 284, s. 117156, wrz. 2021, doi: 10.1016/j.envpol.2021.117156.
- [2] V. Balaram, „Rare earth elements: A review of applications, occurrence, exploration, analysis, recycling, and environmental impact”, *Geoscience Frontiers*, t. 10, nr 4, s. 1285–1303, lip. 2019, doi: 10.1016/j.gsf.2018.12.005.
- [3] D. Mirakovski, M. Hadzi-Nikolova, N. Doneva, Z. Despodov, i S. Mijalkovski, „Air pollutants emission estimation from mining industry in Macedonia”, w *Anthropogenic Effects on the Human Environment in the Neogene Basins in the SE Europe*, T. Serafimovski i B. Boev, Red., Štip, North Macedonia, 2011, s. 63–70.
- [4] C. Gangwar, R. Choudhari, A. Chauhan, A. Kumar, A. Singh, i A. Tripathi, „Assessment of air pollution caused by illegal e-waste burning to evaluate the human health risk”, *Environment International*, t. 125, s. 191–199, kwi. 2019, doi: 10.1016/j.envint.2018.11.051.
- [5] T. Norgate i N. Haque, „Energy and greenhouse gas impacts of mining and mineral processing operations”, *Journal of Cleaner Production*, t. 18, nr 3, s. 266–274, luty 2010, doi: 10.1016/j.jclepro.2009.09.020.

- [6] S. Trimmel i in., „Green and blue infrastructure as model system for emissions of technology-critical elements”, *Science of The Total Environment*, t. 934, s. 173364, lip. 2024, doi: 10.1016/j.scitotenv.2024.173364.
- [7] H. Weggeberg, T. F. Benden, S. Lierhagen, E. Steinnes, i T. P. Flaten, „Characterization and bioaccessibility assessment of elements in urban aerosols by extraction with simulated lung fluids”, *Environmental Chemistry and Ecotoxicology*, t. 1, s. 49–60, 2019, doi: 10.1016/j.eneco.2019.10.001.
- [8] S. Mbengue, L. Y. Alleman, i P. Flament, „Size-distributed metallic elements in submicronic and ultrafine atmospheric particles from urban and industrial areas in northern France”, *Atmospheric Research*, t. 135–136, s. 35–47, sty. 2014, doi: 10.1016/j.atmosres.2013.08.010.

---

## Badanie emisji amoniaku i siarkowodoru w rejonie obiektów intensywnej hodowli drobiu

---

Krzysztof Klejnowski\*, Barbara Błaszczak, Krzysztof Stąby

Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk, ul. M. Skłodowskiej-Curie 34, 41-819 Zabrze;  
krzysztof.klejnowski@ipispan.edu.pl

### ABSTRAKT

Produkcja dobrej jakości żywności dla rosnącej populacji światowej są od wielu lat źródłem ożywionych dyskusji [1]. Wyzwaniem pozostaje znalezienie konsensusu pomiędzy wzrostem zapotrzebowania na produkty pochodzenia zwierzęcego, a łagodzeniem negatywnych skutków środowiskowych (m.in. produkcja gazów cieplarnianych, zanieczyszczenie atmosfery) jakie może powodować hodowla zwierzęca [2].

Głównym celem pracy była ocena jakości powietrza na terenie i w otoczeniu ferm drobiu, należących do firmy Wipasz S.A. (tzw. Zielone Fermy), zlokalizowanych w północnej części województwa lubelskiego. W rocznej kampanii pomiarowej (marzec 2023 – marzec 2024) skoncentrowano się na pomiarach stężeń amoniaku ( $\text{NH}_3$ ) i siarkowodoru ( $\text{H}_2\text{S}$ ), gazów emitowanych w trakcie rozkładu substancji organicznych zawierających azot i siarkę. W pomiarach wykorzystano metody wskaźnikowe: a) czujniki niskokosztowe, umożliwiające monitoring ciągły automatyczny stężeń  $\text{NH}_3$  i  $\text{H}_2\text{S}$ ; b) pasywne próbniki dyfuzyjne, pozwalające na scharakteryzowanie przestrzennej zmienności stężeń analizowanych substancji gazowych.

Na podstawie pomiarów prowadzonych w rocznym okresie pomiarowym stwierdzono, że stężenia amoniaku i siarkowodoru na terenie ferm drobiu były relatywnie niskie. Stężenia średnie wynosiły: a)  $\text{NH}_3$ :  $9.48 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  (Kwasówka) i  $8.74 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  (Leszczanka); b)  $\text{H}_2\text{S}$ :  $0.030 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  (Kwasówka) i  $0.054 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  (Leszczanka). Uwagę zwracała wyraźna zmienność sezonowa stężeń amoniaku, z wysokimi poziomami w okresie wiosenno-letnim, w związku z występowaniem wysokich temperatur powietrza, sprzyjających powstawaniu gazowego  $\text{NH}_3$ . Uzyskane wyniki potwierdziły występowanie na terenie badanego obszaru aktywnych źródeł emisji amoniaku, jakkolwiek działalność Zielonych Ferm nie wpłynęła negatywnie na jakość powietrza sąsiadujących obszarów, w zakresie występowania podwyższonych stężeń  $\text{NH}_3$ . Podobny wniosek dotyczy siarkowodoru, którego stężenia na terenie ferm były bardzo niskie, wskazując na niski poziom emisji tej substancji.

**SŁOWA KLUCZOWE:** hodowla zwierzęca, Zielone Fermy, zanieczyszczenie powietrza, amoniak, siarkowodór

### FINANSOWANIE

Pomiary realizowano w ramach pracy nr C2-309/2023/NP-I pt. „Badanie emisji amoniaku i siarkowodoru w rejonie fermy”. Autorzy artykułu składają podziękowania firmie Wipasz S.A. za możliwość opublikowania wyników badań.

## LITERATURA

- [1] J. Lunghi, M. Malpede, i L. Aleluia Reis, „Exploring the impact of livestock on air quality: A deep dive into Ammonia and particulate matter in Lombardy”, *Environmental Impact Assessment Review*, t. 105, s. 107456, mar. 2024, doi: 10.1016/j.eiar.2024.107456.
- [2] D. De Pue, A. Bral, i J. Buysse, „Abatement of ammonia emissions from livestock housing fine-tuned according to impact on protected habitats”, *Agricultural Systems*, t. 176, s. 102667, lis. 2019, doi: 10.1016/j.agsy.2019.102667.

---

## Stężenie wybranych lotnych związków organicznych w kabinach używanych samochodów

---

Barbara Kozielska\*, Anna Poloczek

Katedra Ochrony Powietrza, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, Politechnika Śląska, ul. Konarskiego 22B, 44-100 Gliwice, Polska; barbara.kozielska@polsl.pl

### ABSTRAKT

Osoby regularnie korzystające z pojazdów prywatnych, ale również dojeżdżające do pracy, korzystające z transportu publicznego, mogą być narażone na działanie toksycznych substancji zanieczyszczających, w tym na lotne związki organiczne (LZO) [1], [2]. Poziom tego narażenia jest związany ze środkiem transportu, a różnice w stężeniach LZO są uzależnione od wielu czynników, głównie od emisji par z silnika, rodzaju i składu paliwa, wysokości pojazdu, wyboru pasa ruchu, natężenia ruchu, emisji z materiałów wykończeniowych, stopnia wentylacji, warunków meteorologicznych, ale również nawyków samych użytkowników [3], [4]. Praca miała na celu określenie stężenia wybranych LZO takich jak benzen, toluen, etylobenzen, ksyleny (BTEX), styren, n- i izo-propylobenzen oraz 1,3,5-trimetylobenzen we wnętrzu używanych samochodów osobowych w okresie jesienno-zimowym (2023/2024) i wiosenno-letnim (2024). Do poboru prób powietrza wykorzystano pasywne próbniki rurkowe, które następnie analizowano w układzie desorpcja termiczna – chromatografia gazowa.

Średnia suma stężeń wybranych LZO wahała się w granicach od 20,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  do 71,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  zimą oraz od 43,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  do 148,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  latem. W jednym z badanych samochodów odnotowano niepokojąco wysokie stężenie benzenu wynoszące 15,46  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (12,21  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  - 21,38  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), podczas, gdy w pozostałych samochodach średnie stężenia benzenu mieściły się w zakresie od 1,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  do 8,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Z kolei stężenia toluenu wahały się od 17,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  do 46,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  zimą i od 36,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  do 136,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  latem i miały najwyższy udział spośród wszystkich LZO (ok. 80%).

We wszystkich pojazdach odnotowano od 1,5 do 4 razy wyższe stężenia badanych związków w okresie ciepłym w stosunku do okresu zimnego. Niezależnie od pory roku średnie stężenia wybranych LZO były wyższe ok. 2 razy wewnątrz kabin pojazdów niż w powietrzu atmosferycznym. W średniej sumie stężeń badanych LZO ponad 90% stanowią BTEX, które są uważane za wskaźniki narażenia ludzi na tę grupę związków [5].

**SŁOWA KLUCZOWE:** BTEX, jakość powietrza w pojazdach, próbniki pasywne, TD-GC

### FINANSOWANIE

Praca częściowo wykonana w ramach badań statutowych realizowanych na Wydziale Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej

## LITERATURA

- [1] A. Basis, T. Katsaros, i C. Samara, „Concentrations of volatile organic compounds in vehicular cabin air – Implications to commuter exposure”, *Environmental Pollution*, t. 330, s. 121763, sie. 2023, doi: 10.1016/j.envpol.2023.121763.
- [2] X. Chen, L. Feng, H. Luo, i H. Cheng, „Health risk equations and risk assessment of airborne benzene homologues exposure to drivers and passengers in taxi cabins”, *Environ Sci Pollut Res*, t. 23, nr 5, s. 4797–4811, mar. 2016, doi: 10.1007/s11356-015-5678-x.
- [3] J. Faber, K. Brodzik, i Chemical Laboratory, Materials Testing Department, BOSMAL Automotive Research and Development Institute Ltd, 43-300 Bielsko-Biała, Poland, „Air quality inside passenger cars”, *AIMS Environmental Science*, t. 4, nr 1, s. 112–133, 2017, doi: 10.3934/environsci.2017.1.112.
- [4] B. Xu, X. Chen, i J. Xiong, „Air quality inside motor vehicles’ cabins: A review”, *Indoor and Built Environment*, t. 27, nr 4, s. 452–465, kwi. 2018, doi: 10.1177/1420326X16679217.
- [5] A. Kumar, B. P. Singh, M. Punia, D. Singh, K. Kumar, i V. K. Jain, „Determination of volatile organic compounds and associated health risk assessment in residential homes and hostels within an academic institute, New Delhi”, *Indoor Air*, t. 24, nr 5, s. 474–483, paź. 2014, doi: 10.1111/ina.12096.

---

## Zastosowanie procesu fluidyzacji w oczyszczaniu gazów

---

Urszula Miller<sup>1\*</sup>, Jacek Dziubek<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Katedra Inżynierii Ochrony Środowiska, Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Wrocławska, Wyb. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, Polska, urszula.miller@pwr.edu.pl

<sup>2</sup> INSTAL WARSZAWA S.A., ul. Kosmatki 82, 03-982 Warszawa, Polska

### ABSTRAKT

Współczesne problemy związane z zanieczyszczeniem powietrza wymagają zastosowania efektywnych metod oczyszczania gazów, niezbędnych dla ochrony środowiska oraz zdrowia ludzkiego. Jednymi z najczęściej wykorzystywanych procesów w dezodoryzacji gazów są absorpcja i adsorpcja. Kolumny absorpcyjne ze złożem fluidalnym łączą zalety mokrego skrubera i procesu fluidyzacji, umożliwiając lepszy kontakt między strumieniem gazu a cieczą, co poprawia absorpcję zanieczyszczeń. Złoże fluidalne zapewnia większą powierzchnię wymiany masy i lepsze mieszanie, co zwiększa również skuteczność reakcji chemicznych, jeśli są stosowane. Skrubery fluidalne są skutecznym narzędziem w redukcji emisji związków zapachowych, takich jak amoniak i siarkowodór, szczególnie problematycznych w obiektach gospodarki komunalnej. Dzięki intensywnemu mieszanemu i kontaktowi z reagentami chemicznymi, skrubery te efektywnie neutralizują niepożądane związki, co jest kluczowe dla dezodoryzacji gazów w oczyszczalniach ścieków i zakładach przetwórstwa odpadów.

Perspektywy zastosowania skrubierów ze złożem fluidalnym są obiecujące. Badania wskazują, że skuteczność usuwania amoniaku i siarkowodoru przy użyciu skrubierów fluidalnych może sięgać 99%. Większość badań obejmuje zarówno optymalizację parametrów procesowych, takich jak czas kontaktu i stężenie reagentów, maksymalna wydajność instalacji, cechy wypełnienia, jak i udoskonalenie systemu opomiarowania i sterowania układem. Ponadto, dalsze badania mogą skupić się na integracji technologii skrubierów fluidalnych z innymi metodami oczyszczania gazów, co pozwoli na tworzenie hybrydowych systemów oczyszczania, które mogą lepiej odpowiadać na złożone potrzeby przemysłu i gospodarki komunalnej.

**SŁOWA KLUCZOWE:** dezodoryzacja, skrubier, złoże fluidalne, zanieczyszczania powietrza

### LITERATURA

- [1] C.-W. Kim, J.-S. Park, S.-K. Cho, K.-J. Oh, Y. Kim, i D. Kim, „Removal of hydrogen sulfide, ammonia, and benzene by fluidized bed reactor and biofilter”, *Journal of Microbiology and Biotechnology*, t. 13, s. 301–304, kwi. 2003.
- [2] Y.-C. Chung, C. Huang, C. H. Liu, i H. Bai, „Biotreatment of Hydrogen Sulfide- and Ammonia-Containing Waste Gases by Fluidized Bed Bioreactor”, *Journal of the Air & Waste Management Association*, t. 51, nr 2, s. 163–172, luty 2001, doi: 10.1080/10473289.2001.10464265.



---

## Lotne związki organiczne wchodzące w skład powietrza wewnątrz budynków gospodarczych przeznaczonych do hodowli drobiu

---

Ewa Olkowska\*, Lidia Wolska

Zakład Toksykologii Środowiska, Wydział Nauk o Zdrowiu z IMMiT, Gdański Uniwersytet Medyczny, ul. Dębowa 23A, 80-204 Gdańsk, Polska; ewa.olkowska@gumed.edu.pl

### ABSTRAKT

Rosnące zapotrzebowanie na drób wśród konsumentów prowadzi do intensyfikacji hodowli zwierząt, gdzie stada hodowlane liczą kilka lub kilkanaście tysięcy ptaków. Przemysłowa hodowla drobiu wiąże się z emisją szeregu zanieczyszczeń do różnych elementów środowiska (powietrze, gleba, woda) [1]. Przykładem takich zanieczyszczeń stanowią lotne związki organiczne (LZO), które są generowane podczas różnych etapów produkcji drobiu (m.in. wydechy zwierząt, stosowanie mieszanek paszowych, wentylacja budynków gospodarczych, składowanie i usuwanie odchodów itp.). LZO mogą wpływać na lokalną jakość powietrza stanowiąc potencjalne zagrożenie dla zdrowia pracowników i osób mieszkających w pobliżu ferm [2]. Celem przeprowadzonych badań była identyfikacja LZO występujących w powietrzu wewnątrz budynków hodowli drobiu. Określanie zagrożeń związanych z intensywną produkcją drobiu pozwala na pozyskanie danych m.in. do oceny ich wpływu na środowisko i zdrowie człowieka. Podczas prac badawczych na terenie wytypowanej fermy pobrano próbki powietrza wewnętrznego wykorzystując rurki wypełnione sorbentem Tenax. Desorpcję i analizę LZO przeprowadzono wykorzystując desorber termiczny TD-20 (Shimadzu, Japonia) i chromatograf gazowy sprzężony ze spektrometrem mas (GCMS-QP2010 Ultra, Shimadzu, Japonia). Suma LZO zmierzona dla powietrza wewnątrz kurnika wynosiła ponad 2 mg/m<sup>3</sup>. Największy udział procentowy w badanych próbkach stanowiły związki z grupy ketonów (31%), alkoholi (21%) oraz kwasów (19%). Wewnątrz pomieszczeń gospodarczych na najwyższych poziomach zidentyfikowano następujące związki: kwas octowy, acetoina, 2-butanol. Narażenie na nie może powodować m.in. podrażnienie oczu, skóry i dróg oddechowych. Kolejnym krokiem powinno być oszacowanie ryzyka narażenia na zidentyfikowane związki przy uwzględnieniu ich współoddziaływania.

**SŁOWA KLUCZOWE:** lotne związki organiczne, powietrze wewnętrzne, kurnik, intensywny chów drobiu

### FINANSOWANIE

Badania naukowe zostały sfinansowane ze środków Narodowego Centrum Nauki (2019/35/B/NZ7/04394).

### LITERATURA

- [1] G. Gržinić i in., „Intensive poultry farming: A review of the impact on the environment and human health”, *Science of The Total Environment*, t. 858, s. 160014, luty 2023, doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.160014.
- [2] D. Konkol i in., „Recent innovations in various methods of harmful gases conversion and its mechanism in poultry farms”, *Environmental Research*, t. 214, s. 113825, lis. 2022, doi: 10.1016/j.envres.2022.113825.

---

## Pył metalurgiczny jako skuteczny adsorbent do usuwania barwnika Acid Black 1 z roztworów wodnych

---

Magdalena Pająk\*, Agnieszka Dzieniszewska

Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk, ul. Marii Skłodowskiej-Curie 34, 41-819 Zabrze, Polska;  
magdalena.pajak@ipispan.edu.pl

### ABSTRAKT

Usuwanie barwników włókienniczych z wód i ścieków jest wyzwaniem technologicznym i środowiskowym [1], [2]. Obecnie znanych i powszechnie stosowanych jest wiele metod oczyszczania ścieków zawierających barwniki, m.in.: adsorpcja, filtracja membranowa, wymiana jonowa, koagulacja i flokulacja, zaawansowane utlenianie itp. Każda z tych metod ma swoje zalety i wady, jednak często to efektywność, a przede wszystkim względy ekonomiczne decydują o zastosowaniu odpowiedniej metody [3], [4], [5]. Spośród nich adsorpcja jest najbardziej obiecująca [6], [7], [8], [9]. Obecnie najczęściej stosowany jako adsorbent jest węgiel aktywny, jednak wysokie koszty jego wytwarzania i problemy z regeneracją wymuszają poszukiwanie alternatywnych materiałów. Jednym z takich materiałów jest pył metalurgiczny [8], [9], [10], [11], [12], [13]. Ponadto współczesne działania ukierunkowane na gospodarkę o obiegu zamkniętym, dodatkowo przemawiają za prowadzeniem badań nad możliwością wykorzystania pyłów hutniczych jako adsorbentów.

Celem badań było określenie właściwości adsorpcyjnych pyłu metalurgicznego w stosunku do barwnika anionowego – Acid Black 1 (ABk 1). Doświadczenia laboratoryjne prowadzono metodą statyczną przy 3 różnych dawkach adsorbentu (20, 10, 5 g/l), dla stężeń barwnika w zakresie 1-1000 mg/l. Maksymalna pojemność adsorpcyjna pyłu w stosunku do ABk 1 wynosiła 47,08 mg/g dla dawki 2 g/l. W celu interpretacji danych doświadczalnych wykorzystano trzy modele izoterm adsorpcji, tj. Freundlicha, Langmuira i Dubinina-Raduszkiewicza, a parametry w równaniach wyznaczono metodą regresji liniowej. Do określenia wpływu czasu na adsorpcję barwnika z roztworu zastosowano równania pseudo-pierwszego i pseudo-drugiego rzędu. Największe wartości współczynników determinacji zaobserwowano dla modelu pseudo-drugiego rzędu, co sugeruje chemiczny charakter procesu adsorpcji.

Wyniki wykazały, że pył z huty stali, zawierający tlenki żelaza, można zastosować jako tani i skuteczny adsorbent do usuwania anionowego barwnika z roztworów wodnych.

**SŁOWA KLUCZOWE:** adsorpcja, pył metalurgiczny, barwnik anionowy, izotermy

### LITERATURA

- [1] G. Crini, „Non-conventional low-cost adsorbents for dye removal: A review”, *Bioresource Technology*, t. 97, nr 9, s. 1061–1085, cze. 2006, doi: 10.1016/j.biortech.2005.05.001.
- [2] A. Bhatnagar i A. K. Jain, „A comparative adsorption study with different industrial wastes as adsorbents for the removal of cationic dyes from water”, *Journal of Colloid and Interface Science*, t. 281, nr 1, s. 49–55, sty. 2005, doi: 10.1016/j.jcis.2004.08.076.
- [3] M. R. Gadekar i M. M. Ahammed, „Coagulation/flocculation process for dye removal using water treatment residuals: modelling through artificial neural networks”, *Desalination and Water Treatment*, t. 57, nr 55, s. 26392–26400, lis. 2016, doi: 10.1080/19443994.2016.1165150.

- [4] H. Najafi Saleh i in., „Data on the acid black 1 dye adsorption from aqueous solutions by low-cost adsorbent- *Cerastoderma lamarecki* shell collected from the northern coast of Caspian Sea”, *Data in Brief*, t. 17, s. 774–780, kwi. 2018, doi: 10.1016/j.dib.2018.01.107.
- [5] H. Dargo Beyene, „The Potential of Dyes Removal from Textile Wastewater by Using Different Treatment Technology, a Review”, *IJEMA*, t. 2, nr 6, s. 347, 2014, doi: 10.11648/j.ijema.20140206.18.
- [6] A. Genc i A. Oguz, „Sorption of acid dyes from aqueous solution by using non-ground ash and slag”, *Desalination*, t. 264, nr 1–2, s. 78–83, grudz. 2010, doi: 10.1016/j.desal.2010.07.007.
- [7] C. N. R. Amaral, F. N. Feiteira, R. C. Cruz, V. O. Cravo, Ricardo. J. Cassella, i Wagner. F. Pacheco, „Removal of basic violet 3 dye from aqueous media using a steel industry residue as solid phase”, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, t. 4, nr 4, s. 4184–4193, grudz. 2016, doi: 10.1016/j.jece.2016.09.023.
- [8] M. Pająk i A. Dzieniszewska, „Evaluation of the Metallurgical Dust Sorbent Efficacy in Reactive Blue 19 Dye Removal from Aqueous Solutions and Textile Wastewater”, *Environmental Engineering Science*, t. 37, nr 7, s. 509–518, lip. 2020, doi: 10.1089/ees.2019.0410.
- [9] M. Pająk, A. Dzieniszewska, J. Kyzioł-Komosińska, i M. Chrobok, „Use of metallurgical dust for removal chromium ions from aqueous solutions”, *E3S Web of Conferences*, t. 28, s. 01029, 2018, doi: 10.1051/e3sconf/20182801029.
- [10] D. A. Fungaro, „Adsorption of anionic dyes from aqueous solution on zeolite from fly ash-iron oxide magnetic nanocomposite”, *JAMS*, t. 2, nr 4, s. 305–316, cze. 2011, doi: 10.4208/jams.032211.041211a.
- [11] N. Dizge, C. Aydiner, E. Demirbas, M. Kobya, i S. Kara, „Adsorption of reactive dyes from aqueous solutions by fly ash: Kinetic and equilibrium studies”, *Journal of Hazardous Materials*, t. 150, nr 3, s. 737–746, luty 2008, doi: 10.1016/j.jhazmat.2007.05.027.
- [12] M. Dehghani, M. Nozari, A. Fakhraei Fard, M. Ansari Shiri, i N. Shamsedini, „Direct red 81 adsorption on iron filings from aqueous solutions; kinetic and isotherm studies”, *Environmental Technology*, t. 40, nr 13, s. 1705–1713, cze. 2019, doi: 10.1080/09593330.2018.1428228.
- [13] A. Dalvand, R. Nabizadeh, M. Reza Ganjali, M. Khoobi, S. Nazmara, i A. Hossein Mahvi, „Modeling of Reactive Blue 19 azo dye removal from colored textile wastewater using L-arginine-functionalized Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles: Optimization, reusability, kinetic and equilibrium studies”, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, t. 404, s. 179–189, kwi. 2016, doi: 10.1016/j.jmmm.2015.12.040.

---

## Zawartość ftalanów w próbkach śniegu pobranych z terenów miejskich

---

Alina Pohl\*, Katarzyna Janoszka, Zuzanna Bernaś

Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk, ul. M. Skłodowskiej-Curie 34, 41-819 Zabrze, Polska

### ABSTRAKT

Ftalan (estry kwasu ftalowego), znalazły szerokie zastosowanie w przemyśle, szczególnie jako plastyfikatory tworzyw sztucznych [1]. Do środowiska przedostają się one z licznych źródeł, w tym wraz z oczyszczonymi ściekami odprowadzanymi do odbiorników wodnych, wraz z odciekami i spływami powierzchniowymi z terenów rolniczych, czy poprzez depozycję z atmosfery [2].

Celem przeprowadzonych badań była analiza obecności wybranych ftalanów w próbkach śniegu, które stanowią jedną z możliwych dróg transportu tych związków z atmosfery do środowiska wodno-glebowo-gruntowego.

Próbki śniegu do badań pobrano w trzech punktach pomiarowych zlokalizowanych na terenie dużej aglomeracji miejskiej na Śląsku (południowa Polska): 1) parking przy dużym markecie, 2) osiedle domków jednorodzinnych, 3) lokalna ulica. Próbki rozpuszczono i poddano ekstrakcji w rozpuszczalniku organicznym. Analizę wybranych ftalanów (ftalan dimetylu, ftalan dietylu, ftalan dibutyli, ftalan benzylu butylu, ftalan bis(2-etyloheksylu), ftalan di-n-oktylu) przeprowadzono z wykorzystaniem chromatografii gazowej sprzężonej ze spektrometrią mas.

Suma oznaczanych ftalanów wyniosła 58.9 µg/L, 10.0 µg/L oraz 21.8 µg/L odpowiednio w punktach pomiarowych 1, 2 i 3. Dominował ftalan dibutyli, ftalan bis(2-etyloheksylu) oraz ftalan di-n-oktylu. Są to ftalany o dużej masie cząsteczkowej, często stosowane w przetwórstwie tworzyw sztucznych, przy czym dwa pierwsze są najczęściej oznaczanymi ftalanami w próbkach środowiskowych [3]. Wysokie stężenia badanych ftalanów w śniegu, szczególnie w próbkach pobranych na obszarze o wzmożonym ruchu samochodowym, wskazują, że mokra depozycja stanowi jedno ze źródeł wprowadzania tych związków do środowiska wodno-glebowo-gruntowego. Analiza śniegu może stanowić efektywną metodę monitorowania zanieczyszczeń powietrza, szczególnie w zimnym klimacie, zarówno w ramach badań krótkoterminowych, jak i długoterminowych.

**SŁOWA KLUCZOWE:** ftalany, śnieg, depozycja atmosferyczna

### LITERATURA

- [1] W. Zhang, X. Li, C. Guo, i J. Xu, „Spatial distribution, historical trend, and ecological risk assessment of phthalate esters in sediment from Taihu Lake, China”, *Environ Sci Pollut Res*, t. 28, nr 20, s. 25207–25217, maj 2021, doi: 10.1007/s11356-021-12421-y.
- [2] P. Koszelnik, S. Ziembowicz, i M. Kida, „Analysis of concentrations of selected phthalic acid esters in aquatic ecosystems - Poland's case study”, *Desalination and Water Treatment*, t. 186, s. 56–64, maj 2020, doi: 10.5004/dwt.2020.25458.
- [3] Z. Weizhen i in., „Distribution and risk assessment of phthalates in water and sediment of the Pearl River Delta”, *Environ Sci Pollut Res*, t. 27, nr 11, s. 12550–12565, kwi. 2020, doi: 10.1007/s11356-019-06819-y.

---

## Podatność magnetyczna pyłów drogowych z dróg o różnych nawierzchniach

---

Marzena Rachwał<sup>1\*</sup>, Magdalena Penkata<sup>2</sup>, Wioletta Rogula-Kozłowska<sup>1</sup>,  
Małgorzata Wawer-Liszka<sup>3</sup>, Aneta Łukaszek-Chmielewska<sup>1</sup>, Joanna Rakowska<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Akademia Pożarnicza, ul. Słowackiego 52/54, 01-629 Warszawa, Polska; mrachwal@apoz.edu.pl

<sup>2</sup> Państwowa Akademia Nauk Stosowanych, ul. Pocztowa 54, 22-100 Chetm, Polska

<sup>3</sup> Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN, ul. M. Curie-Skłodowskiej 34, 41-800 Zabrze, Polska

### ABSTRAKT

Podatność magnetyczna jest stosowanym od dawna parametrem geofizycznym, którego wartość zależy od ilości minerałów magnetycznych w próbce [1], [2]. Pyły drogowe w swoim składzie zawierają różne pierwiastki i minerały, pochodzące nie tylko z emisji samochodowych, ale głównie z korozji karoserii, ścierania opon oraz ruchomych elementów mechanizmu samochodów, a także ze ścierania powierzchni drogi [3], [4].

Celem badań było określenie wpływu rodzaju nawierzchni (asfalt i beton) oraz obecności ekranów akustycznych na podatność magnetyczną i zawartość wybranych pierwiastków w pyłe drogowym pobranym z dróg krajowych i autostrad w centralnej i południowej części Polski. Próbkę pobrano z przestrzeni między ekranami dźwiękochłonnymi, przestrzeni bez ekranów i przy zjazdach z drogi. Specyficzną podatność magnetyczną ( $\chi$ ) określono przy pomocy brytyjskiej aparatury MS2 Bartington z zastosowaniem sondy laboratoryjnej MS2B, umożliwiającej pomiary w dwóch częstotliwościach pola elektromagnetycznego (0,47 i 4,7 kHz). Dodatkowo, określony został skład frakcyjny oraz pierwiastkowy badanych próbek pyłu.

Wyniki badań wykazały duże zróżnicowanie pod względem wartości podatności magnetycznej oraz zawartości pierwiastków w pyłe drogowym, przy czym nie stwierdzono jednoznacznych różnic między próbkami pobranymi z dróg asfaltowych i betonowych. Na uzyskane wyniki badań większy wpływ miała lokalizacja miejsca pobierania próbek. Najwyższe wartości  $\chi$  stwierdzono w próbkach pobieranych na tzw. wolnej przestrzeni, a najniższe w pobliżu zjazdów z autostrady. Istotne znaczenie dla uzyskanych wyników miało również natężenie ruchu samochodowego oraz wielkość frakcji pyłu.

**SŁOWA KLUCZOWE:** pył drogowy, podatność magnetyczna, nawierzchnia asfaltowa, nawierzchnia betonowa, ekran akustyczny

### LITERATURA

- [1] E. Petrovský i B. B. Ellwood, „Magnetic monitoring of air- land- and water-pollution”, w *Quaternary Climates, Environments and Magnetism*, B. A. Maher i R. Thompson, Red., Cambridge University Press, 1999, s. 279–322.
- [2] Z. Strzyszczyński i T. Magiera, „Pomiary podatności magnetycznej tońowisk wysokich w monitoringu imisji przemysłowych”, *Archives of Environmental Protection*, t. 27, nr No 2. Polish Academy of Sciences, s. 141–167, 2001.
- [3] M. S. Bućko, T. Magiera, B. Johanson, E. Petrovský, i L. J. Pesonen, „Identification of magnetic particulates in road dust accumulated on roadside snow using magnetic, geochemical and micro-morphological analyses”, *Environmental Pollution*, t. 159, nr 5, s. 1266–1276, maj 2011, doi: 10.1016/j.envpol.2011.01.030.
- [4] M. Wawer, T. Magiera, M. Jabłońska, J. Kowalska, i M. Rachwał, „Geochemical characteristics of solid particles deposited on experimental plots established for traffic pollution monitoring in different countries”, *Chemosphere*, t. 260, s. 127575, grudz. 2020, doi: 10.1016/j.chemosphere.2020.127575.

---

## Właściwości mutagenne pyłu w garażach podziemnych

---

Wioletta Rogula-Kozłowska<sup>1\*</sup>, Jan Stefan Białowicz<sup>1</sup>, Joanna Białowicz<sup>1</sup>, Justyna Rybak<sup>2</sup>,  
Magdalena Wróbel<sup>2</sup>, Maja Radziemska<sup>3,4</sup>, Martin Brtnický<sup>4</sup>, Jiri Holatko<sup>4</sup>, Agata Walczak<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Akademia Pożarnicza, ul. Słowackiego 52/54, 01-629 Warszawa, Polska, wrogula@apoz.edu.pl;

<sup>2</sup> Politechnika Wrocławska, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, Polska

<sup>3</sup> Instytut Inżynierii Środowiska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Nowoursynowska 166, 02-776 Warszawa, Polska

<sup>4</sup> Department of Agrochemistry, Soil Science, Microbiology and Plant Nutrition, Faculty of AgriSciences, Mendel University in Brno, Zemedelska 1, Brno, 61300, Brno, Czech Republic

### ABSTRAKT

Złożona struktura chemiczna pyłu emitowanego ze źródeł komunikacyjnych sprawia, że oszacowanie możliwego oddziaływania tego pyłu na zdrowie czy środowisko bazujące na danych o zawartości w nim konkretnych związków czy/i pierwiastków jest trudna a wręcz niemożliwa. Sprawa jest jeszcze bardziej skomplikowana, jeśli dotyczy pyłu drogowego a konkretnie pyłu osiadłego już na podłożu. Pył taki jest mieszaniną cząstek pyłu zawieszzonego z wielu różnych źródeł (ścieranie opon, hamulców, elementów karoserii, nawierzchni drogowej, produkty spalania paliw i olejów, cząsteczki smarów i wiele innych źródeł oprócz emisji komunikacyjnej), które mogą osadzać się na powierzchni drogi i w zależności od warunków lokalnych podlegać bądź nie różnym zjawiskom jak resuspensja, depozycja, itd. [1], [2]. Dodatkowym problemem jest fakt, że w sprzyjających temu warunkach właściwości fizykochemiczne przydrożnej gleby czy pyłu nawiewanego z sąsiednich/pobliskich rejonów może wręcz determinować właściwości materiału pobieranego z konkretnej drogi [3]. Jest jednak pewne, że bezpośrednie badania oddziaływania pyłu czy innych zanieczyszczeń na organizmy żywe czy komórki dają jasną odpowiedź co do własności tej materii, w tym jego potencjału toksycznego czy mutagennego. Uproszczeniem takiego badania są różnego rodzaju testy komercyjnie w tym m.in. test Ames [4]. W ramach niniejszej propozycji oceniono właściwości mutagenne próbek pyłu drogowego pobranego w siedmiu typowych dla nowoczesnej zabudowy wielorodzinnej garażach podziemnych na terenie Warszawy. Na bazie uzyskanych wyników określono współczynnik mutagenności (M) wyrażony jako liczbę kolonii rewertantów na mg pyłu. Najwyższe zaobserwowane wartości to 174 rev/mg pyłu dla TA98 bez frakcji S9 (-F) i 172 rev/mg pyłu z frakcją S9 (+F). Dla TAmix najwyższe wartości były na poziomie 110 i 109 rev/mg pyłu odpowiednio dla S9 (-F) i S9 (+F). Uzyskane informacje i wnioski będą pomocne we wszelkich działaniach podejmowanych na rzecz zmniejszenia emisji pyłów gromadzących się w miejscach częstego przebywania ludzi a także dla obszarów, z których pył drogowy o podobnym pochodzeniu i własnościach z łatwością migruje do innych komponentów środowiska.

**SŁOWA KLUCZOWE:** test Ames, mutagenność, genotoksyczność, emisja komunikacyjna, TA98, TAmix

## LITERATURA

- [1] M. Penkała, P. Ogrodnik, i W. Rogula-Kozłowska, „Particulate Matter from the Road Surface Abrasion as a Problem of Non-Exhaust Emission Control”, *Environments*, t. 5, nr 1, s. 9, sty. 2018, doi: 10.3390/environments5010009.
- [2] M. Penkała, W. Rogula-Kozłowska, P. Ogrodnik, J. S. Białowicz, i N. Iwanicka, „Exploring the Relationship between Particulate Matter Emission and the Construction Material of Road Surface: Case Study of Highways and Motorways in Poland”, *Materials*, t. 16, nr 3, s. 1200, sty. 2023, doi: 10.3390/ma16031200.
- [3] W. Rogula-Kozłowska, J. Rybak, M. Wróbel, J. S. Białowicz, A. Krasuski, i M. Majder-Lopatka, „Site environment type – The main factor of urban road dust toxicity?”, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, t. 218, s. 112290, lip. 2021, doi: 10.1016/j.ecoenv.2021.112290.
- [4] J. Rybak, M. Wróbel, R. Krzyżyńska, W. Rogula-Kozłowska, i T. Olszowski, „Is Poland at risk of urban road dust? Comparison studies on mutagenicity of dust”, *Environ. Pollut.*, t. 314, 2022, doi: 10.1016/j.envpol.2022.120337.

---

## Ocena różnic stężeń pierwiastków w pyłe pobranym z nawierzchni dróg w Polsce w punktach przy i poza ekranami akustycznymi

---

Wioletta Rogula-Kozłowska<sup>1\*</sup>, Magdalena Penkała<sup>2</sup>,  
Jan Stefan Białowicz<sup>1</sup>, Patrycja Rogula-Kopiec<sup>3</sup>, Joanna Białowicz<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Akademia Pożarnicza, ul. Stowackiego 52/54, 01-629 Warszawa, Polska, wrogula@apoz.edu.pl;

<sup>2</sup> Państwowa Akademia Nauk Stosowanych w Chełmie. Poczтовая 54; 22-100 Chełm; Polska;

<sup>3</sup> Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN, M. Skłodowskiej-Curie 34; 41-800 Zabrze, Polska

### ABSTRAKT

Zarówno sama infrastruktura drogowa jak i eksploatujące ją pojazdy mają negatywny wpływ na środowisko. Wpływ ten jest identyfikowany ze zmianą zagospodarowania terenu w kierunku zmniejszania udziału terenów zielonych, hałasem, wibracjami, zakłócaniem funkcjonowania ekosystemów i szeroko pojętego zanieczyszczenia środowiska [1]. Ekranry akustyczne z definicji są wykorzystywane przy drogach i autostradach do ograniczania rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń powietrza emitowanych w związku z eksploatacją pojazdów jak i pochłaniania fal dźwiękowych. Badania prowadzone na całym świecie wykazały jednak, że mogą one wpływać na obszarowe zwiększanie stężeń niektórych zanieczyszczeń [2], [3], [4] [2-4]. W tej pracy pokazano wyniki pierwszego w Polsce badania, które miało na celu analizę składu pierwiastkowego pyłu zebranego z dróg ekspresowych i autostrad. Materiał do badań pobrano po obu stronach określonych odcinków autostrady/drogi ekspresowej w trzech punktach kontrolnych: w przestrzeni między ekranami dźwiękochłonnymi, w przestrzeni bez ekranów i na zjazdach z drogi. Punkty kontrolne były oddalone od siebie o około 5 km. Pył wstępnie rozfrakcjonowano i próbki frakcji rozmiarowej odpowiadającej z definicji rozmiarom pyłu zawieszonego (<100 μm) zbadano za pomocą spektrometru fluorescencji rentgenowskiej z dyspersją energii, a wyniki poddano analizie statystycznej. Badanie wykazało, że pył drogowy zebrany na obszarach bez barier wykazywał znacznie wyższe zawartości pierwiastków takich jak wapń, chrom, miedź, nikiel, ołów, siarka i cyrkon. Z kolei pył zebrany z obszarów z ekranami akustycznymi ogólnie był mniej zanieczyszczony pierwiastkami toksycznymi. Wyniki te pokazały skuteczność ekranów akustycznych w zmniejszaniu poziomu zanieczyszczeń drobnego pyłu drogowego toksycznymi pierwiastkami na obszarach przylegających do dróg. Zebrane w badaniu informacje mogą być wykorzystane do zweryfikowania narzędzi i środków używanych w celu zmniejszenia emisji pyłu w pobliżu dróg i promowania rozwiązań przyjaznych dla środowiska o sprawdzonej skuteczności.

**SŁOWA KLUCZOWE:** cząstki stałe, pył zawieszony, pył drogowy, ekranry dźwiękochłonne, emisja spalin

### LITERATURA

- [1] A. J. Badyda, „Zagrożenia środowiskowe ze strony transportu”, *Nauka*, t. 4, nr 2010, s. 117, 2010.
- [2] S. Amini, F. E. Ahangar, N. Schulte, i A. Venkatram, „Using models to interpret the impact of roadside barriers on near-road air quality”, *Atmospheric Environment*, t. 138, s. 55–64, sie. 2016, doi: 10.1016/j.atmosenv.2016.05.001.
- [3] G. S. W. Hagler i in., „Field investigation of roadside vegetative and structural barrier impact on near-road ultrafine particle concentrations under a variety of wind conditions”, *Science of The Total Environment*, t. 419, s. 7–15, mar. 2012, doi: 10.1016/j.scitotenv.2011.12.002.
- [4] R. Baldauf i in., „Impacts of noise barriers on near-road air quality”, *Atmospheric Environment*, t. 42, nr 32, s. 7502–7507, paź. 2008, doi: 10.1016/j.atmosenv.2008.05.051.



---

## Numeryczne symulacje rozprzestrzeniania metanu po awaryjnym uwolnieniu z rurociągu

---

Zdzisław Salamonowicz\*, Bartosz Kierepka, Anna Dmochowska, Rafał Matuszkiewicz

Akademia Pożarnicza, ul. Stowackiego 52/54, 01-629 Warszawa, Polska, zsalamonowicz@apoz.edu.pl;

### ABSTRAKT

Awaryjne uwolnienia metanu (gazu ziemnego) w obszarze zabudowanym stanowią duże zagrożenia dla bezpieczeństwa ludzi i budynków. Zdarzenia awaryjne w trakcie prac ciężkim sprzętem w obrębie rurociągów z gazem w przypadku spowodowania nieszczelności i emisji gazu generują zagrożenie obłokiem palnym, który w przypadku zaistnienia odpowiedniego bodźca energetycznego może ulec zapłonowi, a w niesprzyjających warunkach wybuchowi. W artykule zawarto analizę historycznych zdarzeń z towarzyszącymi skutkami, stanowiących podłoże do podjęcia tematu badawczego. Artykuł przedstawia wyniki symulacji numerycznych zrealizowanych przy użyciu oprogramowania ANSYS dla różnego rodzaju zabudowy mieszkaniowej przy różnej konfiguracji warunków atmosferycznych (klasa stabilności atmosfery, prędkość wiatru, zachmurzenie, pora dnia). Zawarto analizę oddziaływania zasięgu obłoku palnego w przestrzeni którego możliwy jest zapłon w zależności o rodzaju zabudowy, stabilności atmosferycznej i parametrów emisji. Symulacje numeryczne w przestrzeni 3D uwidoczniają lokalne przeszkody i umożliwiają realistyczne przedstawienie rozprzestrzeniania obłoku w rzeczywistych warunkach topograficznych. Rozwiązanie takie uwzględnia gęstość gazu, mieszanie w obrębie przeszkód i pozwala zwizualizować przestrzeń obłoku z miejscami zalegania, stężeniem w obłoku i w efekcie końcowym przestrzeń w której przekroczona jest dolna granica wybuchowości. Szczegółowe zobrazowanie zjawisk zachodzących po emisji substancji niebezpiecznych do powietrza jest istotne dla Kierującego Działaniami Ratowniczymi i znacząco przekłada się na podejmowane przez niego decyzje, mające ratować zagrożone środowisko i życie ludzkie.

**SŁOWA KLUCZOWE:** symulacje numeryczne, awaryjne uwolnienie, metan, strefa zagrożenia wybuchem

### LITERATURA

- [1] Q. Zhang, S. Mo, i D. Liang, „Numerical Simulation of Natural Gas Release and Risk Zone Forecast in Urban Areas”, *Procedia Engineering*, t. 71, s. 470–475, sty. 2014, doi: 10.1016/j.proeng.2014.04.067.
- [2] Z. Salamonowicz, A. Krauze, M. Majder-Lopatka, A. Dmochowska, A. Piechota-Polanczyk, i A. Polanczyk, „Numerical Reconstruction of Hazardous Zones after the Release of Flammable Gases during Industrial Processes”, *Processes*, t. 9, nr 2, Art. nr 2, luty 2021, doi: 10.3390/pr9020307.
- [3] Z. Salamonowicz, M. Majder-Lopatka, A. Dmochowska, A. Piechota-Polanczyk, i A. Polanczyk, „Numerical Simulation of Emergency Release of Liquid Petroleum Gas on a Car Gas Station”, *RoczOchrSrod*, t. 23, s. 65–77, 2021, doi: 10.54740/ros.2021.004.
- [4] M. Pontiggia, M. Derudi, M. Alba, M. Scaioni, i R. Rota, „Hazardous gas releases in urban areas: Assessment of consequences through CFD modelling”, *Journal of Hazardous Materials*, t. 176, nr 1, s. 589–596, kwi. 2010, doi: 10.1016/j.jhazmat.2009.11.070.
- [5] A. Polanczyk i in., „3D Simulation of Chlorine Dispersion in Rural Area”, *Rocznik Ochrona Środowiska*, t. 20, nr 2, s. 1035–1048, 2018.
- [6] Z. Salamonowicz, M. Majder-Lopatka, A. Dmochowska, W. Rogula-Kozłowska, A. Piechota-Polanczyk, i A. Polanczyk, „Ammonia Dispersion in the Closed Space of an Ammonia Engine Room with Forced Ventilation in an Industrial Plant”, *Atmosphere*, t. 13, nr 7, Art. nr 7, lip. 2022, doi: 10.3390/atmos13071062.

---

## VOCs detection using molecularly imprinted polymers

---

Tomasz Wasilewski

Medical University of Gdansk, Department of Inorganic Chemistry, Faculty of Pharmacy, Medical University of Gdansk, Poland, Hallera 107, 80-416, Gdansk, Poland, tomasz.wasilewski@gumed.edu.pl

### ABSTRACT

Progress in consumer electronics, together with the improvement in microflow techniques, nano-technology, and data processing led to the implementation of cost-effective, user-friendly portable devices, which play the role of not only gadgets but also reliable detection tools. A combination of conventional and novel methods of digital and traditional detection of VOCs with portable, autonomous, and miniaturized devices can revolutionize air quality monitoring over the coming years. Among the range of options, electrochemical sensors emerge as particularly appealing for various fields owing to their cost-effectiveness, simplicity, and promising analytical performance. There is a growing interest in molecularly imprinted polymer (MIPs) applications as promising recognition elements in electrochemical gas sensors. MIPs as a leading technology for sensing analytes where there is no suitable bioreceptor are commonly used in artificial sensing and can be applied in key fields like air quality monitoring and detection of particular VOCs. MIPs are highly cross-linked polymers synthesized in the presence of template (target) molecules. Once the template is removed, the binding sites retain their affinity and selectivity for the template. This gives MIPs high sensitivity and selectivity akin to antibodies, but with superior thermal and mechanical stability. Detection of air pollutants is still challenging and limited by various factors. Hence, devices based on sensors are receiving enormous attention due to relatively low costs, and rapid detection. Techniques for coating thin MIP layers on gold electrodes of quartz crystal microbalance sensors were previously established. Aim of our work was to test and define the metrological parameter of MIP-based sensors against long-chain aldehyde – nonanal. MIPs and gold nanoparticles synthesized in organic solvent were combined using a simple process to form a conductive composite, which was then drop-cast onto the surface of Quartz Crystal Microbalance (QCM) electrode. Frequency changes in the presence of the target analyte were measured. The sensor demonstrated a limit of detection (LOD) of 6.5 ppm and a linear range of 3–100 ppm. Selectivity was evaluated, and analytes were successfully classified using partial least squares discriminant analysis (PLS-DA) [1-4].

**KEYWORDS:** Sensors, MIPs, VOCs, QCM, aldehydes

### BIBLIOGRAPHY

- [1] T. Wasilewski *et al.*, ‘Molecularly imprinted polymers for the detection of volatile biomarkers’, *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, vol. 177, p. 117783, Aug. 2024, doi: 10.1016/j.trac.2024.117783.
- [2] T. Wasilewski, J. Gębicki, and W. Kamysz, ‘Bio-inspired approaches for explosives detection’, *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, vol. 142, p. 116330, Sep. 2021, doi: 10.1016/j.trac.2021.116330.
- [3] B. Szulczyński *et al.*, ‘Different Ways to Apply a Measurement Instrument of E-Nose Type to Evaluate Ambient Air Quality with Respect to Odour Nuisance in a Vicinity of Municipal Processing Plants’, *Sensors*, vol. 17, no. 11, p. 2671, Nov. 2017, doi: 10.3390/s17112671.
- [4] T. Wasilewski, W. Kamysz, and J. Gębicki, ‘AI-Assisted Detection of Biomarkers by Sensors and Biosensors for Early Diagnosis and Monitoring’, *Biosensors*, vol. 14, no. 7, p. 356, Jul. 2024, doi: 10.3390/bios14070356.

---

## Poprawa jakości powietrza w sezonie zimowym – miasto vs. tereny podmiejskie aglomeracji warszawskiej

---

Dominika M. Szczepanik<sup>1\*</sup>, Karol Deptuła<sup>1,2</sup>, Joanna Rakowska<sup>2</sup>, Iwona S. Stachlewska<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski, Ludwika Pasteura 5, 02-093 Warszawa, Polska; dominika.szczepanik@fuw.edu.pl

<sup>2</sup> Akademia Pożarnicza, Juliusza Słowackiego 52/54, 01-629 Warszawa, Polska

### ABSTRAKT

Począwszy od lat 90-tych ubiegłego wieku notuje się spadek emisji zanieczyszczeń z sektora przemysłu, związany zarówno ze zmniejszeniem produkcji jak również z filtrowaniem emitowanych spalin [1]. Rosnąca świadomość społeczna dotycząca szkodliwych skutków oddychania zanieczyszczonym powietrzem, w połączeniu z zaostrzaniem norm jego jakości, powinny przyczynić się do dalszych redukcji emisji głównie z sektora komunalnego i komunikacyjnego. Czy jednak rzeczywiście obserwujemy poprawę jakości powietrza? Czy występują różnice pomiędzy stężeniami zanieczyszczeń na obszarach miejskich i podmiejskich?

Przeprowadzono analizę ogólnodostępnych danych pomiarowych stacji monitorowania jakości powietrza Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Warszawie i okolicach [2]. Porównywano indeksy jakości powietrza (PM, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, B(a)P) dla siedmiu stacji pomiarowych zlokalizowanych na obszarze miasta (stacja komunikacyjna i stacje tła miejskiego), jak i na obszarach podmiejskich (po jednej stacji w każdym z kierunków geograficznych). W analizie uwzględniono sezony zimowe (grudzień-luty) na przestrzeni lat 2016-2023 z uwzględnieniem warunków meteorologicznych.

Przeprowadzona analiza wskazuje na poprawę jakości powietrza zarówno na obszarach miejskich, jak i podmiejskich w zakresie większości badanych zanieczyszczeń. Zaobserwowano spadek ilości wystąpień umiarkowanego (i gorszego) indeksu jakości powietrza dla pyłów PM<sub>10</sub> (PM<sub>2,5</sub>) w obszarze miejskim z 48% (46%) wystąpień w sezonie 2016/2017 do 10% (11%) w sezonie 2019/2020. W obszarze podmiejskim od 26% (36%) w sezonie 2017/2018 do 11% (22%) w sezonie 2019/2020. W przypadku niektórych zanieczyszczeń (np. benzo(a)pirenu) stężenia nadal pozostają na bardzo wysokim poziomie.

Poprawa jakości powietrza jest niewątpliwie powiązana z ograniczeniem emisji z sektora przemysłu, a także ze stosowaniem coraz lepszych technologii ogrzewania domów i stosowania termoizolacji. Natomiast nie bez znaczenia jest zapewne występowanie coraz cieplejszych zim [3].

**SŁOWA KLUCZOWE:** jakość powietrza, zanieczyszczenia, stacje monitoringu, GIOŚ

### LITERATURA

- [1] A. K. Wiech i in., „Stan Środowiska w Polsce: Raport 2022”, Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, Warszawa, 2022. [Online]. Dostępne na: <https://www.gov.pl/attachment/8193fbd1-9302-4d30-a483-bde6c8f5564a>
- [2] GIOŚ, „Portal Jakość Powietrza GIOŚ”. Dostęp: 30 wrzesień 2024. [Online]. Dostępne na: <http://powietrze.gios.gov.pl/pjp/home>
- [3] A. M. Tomczyk, E. Bednorz, i K. Szyga-Pluta, „Changes in Air Temperature and Snow Cover in Winter in Poland”, *Atmosphere*, t. 12, nr 1, s. 68, sty. 2021, doi: 10.3390/atmos12010068.

---

## Identification of causes of sulphur dioxide air pollution in Český Těšín (in the CZ-PL border area)

---

Vladimíra Volná\*, Daniel Hladký, Radim Seibert, Blanka Krejčí

Czech Hydrometeorological Institute, K Myslivně 3/2182, 708 00 Ostrava – Poruba, Czech Republic, vladimira.volnat@chmi.cz

### ABSTRAKT

Short-term elevated sulphur dioxide concentrations were detected at the station in Český Těšín. The causes of these elevated concentrations were identified by the Czech Hydrometeorological Institute within the ARAMIS project ([www.projekt-aramis.cz](http://www.projekt-aramis.cz)).

For this purpose, measurements were carried out in Český Těšín (Pod Zvonek), from 24 October 2023 to 15 January 2024, where, in addition to SO<sub>2</sub>, concentrations of other gaseous pollutants and black carbon were measured. Data from measurements in Karviná, Český Těšín, Trinec-Kosmos, Trinec-Kanada were used for the evaluation too. The highest concentrations were in Český Těšín (Pod Zvonek), but they were manifested in different intensities under different conditions in all measuring locations.

The SO<sub>2</sub> emission source area was identified based on the evaluation of the wind direction and wind speed and the correlation of the measured parameters. Concentration plots and back trajectories of wind consistently pointed to a source located approximately in the middle of the premises of Trinecké železářny a. s. Given the observed composition of emissions (concurrency of SO<sub>2</sub> and CO without correlation with other gases typical for combustion processes), peak SO<sub>2</sub> concentrations are likely to originate from a source related to crude iron production.

**SŁOWA KLUCZOWE:** Black Carbon, Back Trajectories, Český Těšín, SO<sub>2</sub>, Trinec

### LITERATURA

- [1] ČHMÚ, 'Znečištění ovzduší a atmosférická depozice v datech, Česká republika.', 2022. Accessed: Sep. 30, 2024. [Online]. Available: [https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab\\_roc/2022\\_enh/pdf/CZ\\_2022\\_kom.pdf](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2022_enh/pdf/CZ_2022_kom.pdf)
- [2] A. Cuesta-Mosquera *et al.*, 'Intercomparison and characterization of 23 Aethalometers under laboratory and ambient air conditions: procedures and unit-to-unit variabilities', *Atmos. Meas. Tech.*, vol. 14, no. 4, pp. 3195–3216, Apr. 2021, doi: 10.5194/amt-14-3195-2021.
- [3] K. Cowen, T. Kelly, and A. Dindal, 'Environmental Technology Verification Report, ETV Advanced Monitoring Systems Center, Magee Scientific Model AE33 Aethalometer', Battelle, Columbus, Ohio, EPA/600/R-15/011, 2011.
- [4] J. Sandradewi, A. S. H. Prévôt, E. Weingartner, R. Schmidhauser, M. Gysel, and U. Baltensperger, 'A study of wood burning and traffic aerosols in an Alpine valley using a multi-wavelength Aethalometer', *Atmospheric Environment*, vol. 42, no. 1, pp. 101–112, Jan. 2008, doi: 10.1016/j.atmosenv.2007.09.034.
- [5] E. Martinková *et al.*, 'Winter-time pollution in Central European cities shifts the 208Pb/207Pb isotope ratio of atmospheric PM<sub>2.5</sub> to higher values: Implications for lead source apportionment', *Atmospheric Environment*, vol. 310, p. 119941, Oct. 2023, doi: 10.1016/j.atmosenv.2023.119941.
- [6] V. Volná, R. Seibert, D. Hladký, and B. Krejčí, 'Identification of Causes of Air Pollution in a Specific Industrial Part of the Czech City of Ostrava in Central Europe', *Atmosphere*, vol. 15, no. 2, p. 177, Jan. 2024, doi: 10.3390/atmos15020177.
- [7] R. Seibert, I. Nikolova, V. Volná, B. Krejčí, and D. Hladký, 'Air Pollution Sources' Contribution to PM<sub>2.5</sub> Concentration in the Northeastern Part of the Czech Republic', *Atmosphere*, vol. 11, no. 5, p. 522, May 2020, doi: 10.3390/atmos11050522.
- [8] Y. Xie and C. M. Berkowitz, 'The use of conditional probability functions and potential source contribution functions to identify source regions and advection pathways of hydrocarbon emissions in Houston, Texas', *Atmospheric Environment*, vol. 41, no. 28, pp. 5831–5847, Sep. 2007, doi: 10.1016/j.atmosenv.2007.03.049.

---

## VOCs detection using molecularly imprinted polymers

---

Tomasz Wasilewski

Medical University of Gdansk, Department of Inorganic Chemistry, Faculty of Pharmacy, Medical University of Gdansk, Poland, Hallera 107, 80-416, Gdansk, Poland, tomasz.wasilewski@gumed.edu.pl

### ABSTRACT

Progress in consumer electronics, together with the improvement in microflow techniques, nano-technology, and data processing led to the implementation of cost-effective, user-friendly portable devices, which play the role of not only gadgets but also reliable detection tools. A combination of conventional and novel methods of digital and traditional detection of VOCs with portable, autonomous, and miniaturized devices can revolutionize air quality monitoring over the coming years. Among the range of options, electrochemical sensors emerge as particularly appealing for various fields owing to their cost-effectiveness, simplicity, and promising analytical performance. There is a growing interest in molecularly imprinted polymer (MIPs) applications as promising recognition elements in electrochemical gas sensors. MIPs as a leading technology for sensing analytes where there is no suitable bioreceptor are commonly used in artificial sensing and can be applied in key fields like air quality monitoring and detection of particular VOCs. MIPs are highly cross-linked polymers synthesized in the presence of template (target) molecules. Once the template is removed, the binding sites retain their affinity and selectivity for the template. This gives MIPs high sensitivity and selectivity akin to antibodies, but with superior thermal and mechanical stability. Detection of air pollutants is still challenging and limited by various factors. Hence, devices based on sensors are receiving enormous attention due to relatively low costs, and rapid detection. Techniques for coating thin MIP layers on gold electrodes of quartz crystal microbalance sensors were previously established. Aim of our work was to test and define the metrological parameter of MIP-based sensors against long-chain aldehyde – nonanal. MIPs and gold nanoparticles synthesized in organic solvent were combined using a simple process to form a conductive composite, which was then drop-cast onto the surface of Quartz Crystal Microbalance (QCM) electrode. Frequency changes in the presence of the target analyte were measured. The sensor demonstrated a limit of detection (LOD) of 6.5 ppm and a linear range of 3–100 ppm. Selectivity was evaluated, and analytes were successfully classified using partial least squares discriminant analysis (PLS-DA) [1-4].

**KEYWORDS:** Sensors, MIPs, VOCs, QCM, aldehydes

### BIBLIOGRAPHY

- [1] T. Wasilewski *et al.*, ‘Molecularly imprinted polymers for the detection of volatile biomarkers’, *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, vol. 177, p. 117783, Aug. 2024, doi: 10.1016/j.trac.2024.117783.
- [2] T. Wasilewski, J. Gębicki, and W. Kamysz, ‘Bio-inspired approaches for explosives detection’, *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, vol. 142, p. 116330, Sep. 2021, doi: 10.1016/j.trac.2021.116330.
- [3] B. Szulczyński *et al.*, ‘Different Ways to Apply a Measurement Instrument of E-Nose Type to Evaluate Ambient Air Quality with Respect to Odour Nuisance in a Vicinity of Municipal Processing Plants’, *Sensors*, vol. 17, no. 11, p. 2671, Nov. 2017, doi: 10.3390/s17112671.
- [4] T. Wasilewski, W. Kamysz, and J. Gębicki, ‘AI-Assisted Detection of Biomarkers by Sensors and Biosensors for Early Diagnosis and Monitoring’, *Biosensors*, vol. 14, no. 7, p. 356, Jul. 2024, doi: 10.3390/bios14070356.

---

## Fly Ash as a Source of Germanium: Advances and Challenges

---

George Yandem

Institute of Environmental Engineering of Polish Academy of Sciences, M. Skłodowskiej-Curie 34 St., 41-819 Zabrze, Poland;  
george.yandem@ipispan.edu.pl

### ABSTRACT

Fly ash, a by-product of thermal power plants, contains trace elements, including germanium, which is a valuable element found in coal and subsequently in fly ash within a wide range of particle sizes [1], [2], [3], [4]. The recovery of germanium from fly ash has been explored through various processes such as the vacuum reduction metallurgical process (VRMP) and hydrometallurgical procedures, achieving high recovery ratios up to 94.64% [2], [5], [6]. Environmentally friendly recovery methods have been proposed to minimize water usage and prevent secondary pollution [2], [6]. Despite the promising recovery rates and eco-friendly advancements, challenges remain in the selective extraction of germanium and the co-extraction of impurities [7]. Therefore, further research and development are essential to optimize efficient and economical recovery methods, such as solvent extraction, to overcome these challenges and fully harness the potential of fly ash as a source of germanium.

**KEYWORDS:** Fly ash, Trace elements, Secondary pollution, Coal by-products, Germanium recovery

### BIBLIOGRAPHY

- [1] L. Panda and S. Dash, 'Characterization and utilization of coal fly ash: a review', *Emerging Materials Research*, vol. 9, no. 3, pp. 921–934, Sep. 2020, doi: 10.1680/jemmr.18.00097.
- [2] L. Zhang and Z. Xu, 'An environmentally-friendly vacuum reduction metallurgical process to recover germanium from coal fly ash', *Journal of Hazardous Materials*, vol. 312, pp. 28–36, Jul. 2016, doi: 10.1016/j.jhazmat.2016.03.025.
- [3] D. Makowska, F. Wierońska, A. Strugała, and K. Kosowska, 'Germanium content in Polish hard coals', *E3S Web Conf.*, vol. 10, p. 00121, 2016, doi: 10.1051/e3sconf/20161000121.
- [4] M. Fan, Y. Zhao, Z. Long, and W. Liu, 'Recovery of valuable elements from Chinese coal byproducts', *Mining Engineering*, vol. 70, no. 3, pp. 16–16, Mar. 2018.
- [5] F. Arroyo, C. Fernández-Pereira, and P. Bermejo, 'Demonstration Plant Equipment Design and Scale-Up from Pilot Plant of a Leaching and Solvent Extraction Process', *Minerals*, vol. 5, no. 2, pp. 298–313, May 2015, doi: 10.3390/min5020298.
- [6] L. Zhang and Z. Xu, 'Application of vacuum reduction and chlorinated distillation to enrich and prepare pure germanium from coal fly ash', *Journal of Hazardous Materials*, vol. 321, pp. 18–27, Jan. 2017, doi: 10.1016/j.jhazmat.2016.08.070.
- [7] M. Patel and A. K. Karamalidis, 'Germanium: A review of its US demand, uses, resources, chemistry, and separation technologies', *Separation and Purification Technology*, vol. 275, p. 118981, Nov. 2021, doi: 10.1016/j.seppur.2021.118981.

