



<https://doi.org/10.32056/KOMAG/KOMEKO2021.7>

Możliwość zastosowania urządzenia odpylająco-dezynfekującego w celu zwalczania szkodliwych czynników środowiskowych

Michał Szelka – Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Marek Szygła – Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Krzysztof Mazurek – Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Streszczenie: Jednym z głównych czynników wpływających na samopoczucie człowieka i jego wydajność jest jakość powietrza w miejscu pracy. Na jakość powietrza oprócz temperatury i wilgotności wpływają również różnego typu zanieczyszczenia, które możemy podzielić na: chemiczne, pyłowe oraz biologiczne. W rozdziale zaprezentowano koncepcję małogabarytowego urządzenia odpylającego, rozbudowanego o moduł dezynfekujący oparty na działaniu promieni ultrafioletowych. Dodatkowy moduł dezynfekujący ma za zadanie zneutralizować zanieczyszczenia biologiczne występujące w powietrzu w postaci tzw. aerozoli biologicznych mogących przeniknąć do układu oddechowego człowieka.

Słowa kluczowe: pył, zwalczanie zapylenia, górne drogi oddechowe, bioaerozol, odpylacz

The possibility of using a dedusting and disinfecting device to combat harmful environmental factors

Abstract: One of the main factors determining human well-being and productivity is air quality in the workplace. Apart from temperature and humidity, air quality is also influenced by various types of pollution, which can be divided into: chemical, dust and biological. The article presents the concept of a small-size dedusting device with a disinfecting module based on the action of ultraviolet rays. The additional disinfection module is designed to neutralize biological contamination in the air in the form of the so-called biological aerosols that can penetrate the human respiratory system.

Keywords: dust, dust control, upper respiratory tract, bioaerosol, dust collector

1. Wprowadzenie

Szkodliwe czynniki na stanowisku pracy mogą negatywnie wpłynąć na stan zdrowia człowieka i jego samopoczucie [1]. Jednym z głównych czynników wpływających na samopoczucie człowieka i jego zdrowie jest jakość powietrza w miejscu pracy. Na jakość powietrza oprócz temperatury, wilgotności i ciśnienia wpływają również różnego typu zanieczyszczenia, które możemy podzielić na: chemiczne, pyłowe i biologiczne [2, 3]. W rozdziale przedstawiono koncepcję małogabarytowego urządzenia odpylającego, rozbudowanego o moduł dezynfekujący oparty na działaniu promieni ultrafioletowych.

Dodatkowy moduł dezynfekujący ma za zadanie zneutralizować zanieczyszczenia biologiczne występujące w powietrzu w postaci tzw. aerozoli biologicznych [4] mogących przeniknąć do układu oddechowego człowieka. Poza wymienionymi wcześniej czynnikami mającymi wpływ na jakość powietrza, należy dodać jeszcze obecność drobnoustrojów, wchodzących w skład bioaerozolu. Bioaerozolem nazywamy zbiór cząsteczek biologicznych rozproszonych w powietrzu lub innej fazie gazowej. W jego skład mogą wchodzić: pojedyncze spory, komórki, produkty lub fragmenty grzybní, zarodników grzybów i komórek bakteryjnych, materiał biologiczny unoszony samoistnie lub transportowany przez większe cząstki niebiologiczne np. pył [5, 6]. Zanieczyszczenia biologiczne



występujące w powietrzu w postaci tzw. aerozoli biologicznych mogą odgrywać istotną rolę w przenoszeniu chorób alergicznych, zakaźnych a nawet przyczynić się do epidemii [7].

2. Zwalczanie szkodliwych czynników środowiskowych – aseptyka/antyseptyka

Pojęcia: sterylizacja oraz dezynfekcja powszechnie stosowane są równoważnie, jednakże w praktyce opisują dwa różne procesy. Sterylizacja (aseptyka) jest procesem, w wyniku którego zniszczone zostają wszelkiego typu drobnoustroje w formie wegetatywnej oraz zarodniki, natomiast dezynfekcja (antyseptyka) jest procesem mającym za zadanie unieszkodliwienie bakterii i wirusów do poziomu bezpiecznego dla człowieka. Procesu sterylizacji/dezynfekcji można dokonać na wiele sposobów: mechaniczny, chemiczny bądź najczęściej stosowany fizyczny [8]. Sterylizacja, jak i dezynfekcja stosowane są w wielu gałęziach przemysłu, począwszy od branży spożywczej, przez farmaceutyczną, po gospodarstwa domowe [9].

Stan sterylny ze względu na panujące warunki może być bardzo trudny do uzyskania [10], ponadto samo osiągnięcie dezynfekcji powinno już pozytywnie wpłynąć na warunki pracy. Jedną z najtańszych i najskuteczniejszych metod sterylizacji bądź dezynfekcji (w zależności od pasma promieniowania) jest promieniowanie ultrafioletowe [11]. Promieniowanie ultrafioletowe UV należy do falowego promieniowania elektromagnetycznego, podobnie jak promieniowanie rentgenowskie, fale radiowe czy światło [12].

Zakres promieniowania ultrafioletowego można podzielić na trzy obszary:

- UV - A - długofalowe 400 nm - 315 nm,
- UV - B - średniofalowe 315 nm - 280 nm,
- UV - C - krótkofalowe 280 nm - 100 nm.

Promieniowanie ultrafioletowe w zależności od długości fali oraz czasu narażenia na jego działanie może mieć różny, zarówno pozytywny jak i negatywny wpływ na organizmy żywe [13].

- Promieniowanie UV-A - ma najmniej szkodliwy wpływ na organizm człowieka. Prowadzi do uszkodzenia włókien kolagenowych w skórze, przyspiesza tym samym proces starzenia, podnosi stopień pigmentaryzacji skóry. Długotrwały kontakt niesie ze sobą ryzyko zaćmy.
- Promieniowanie UV-B - podobnie jak UV-A indukuje pigmentaryzację skóry, wysokie dawki mogą prowadzić do oparzeń czy rumienia skóry. Ten rodzaj promieniowania może również odpowiadać za wywołanie alergii, zmian nowotworowych jak np. czerniak – złośliwy rak skóry oraz innych typów nowotworów płasko nabłonkowych [14].
- Promieniowanie grupy UV-C – rozkłada wiązania chemiczne i wpływa na struktury białek, RNA oraz DNA (co uniemożliwia reprodukcje bakteriom i wirusom), u człowieka podobnie jak UV-B wywołuje oparzenia skóry oraz podnosi stopień ryzyka choroby nowotworowej [15].

Mechanizm bakteriobójczy polega na absorbowaniu, przez DNA wirusa, energii promieniowania UV-C, która wywołuje reakcje fotochemiczne niszczące zapis genetyczny. W wyniku tego procesu zahamowany zostaje podział komórek, co jest równoznaczne z utratą zdolności reprodukcji [13]. Promieniowanie UV-C w szczególności jest szkodliwe dla: bakterii i wirusów oraz w mniejszym stopniu dla drożdży oraz pleśni [16, 17]. W Komunikacie Głównego Inspektora Sanitarnego z 4 marca 2020 roku czytamy: „Wirus osłonięty jest cienką warstwą tłuszczową, którą niszczą detergenty, mydło, środki dezynfekcyjne, promienie UV.”. W przypadku urządzeń odpylających oprócz promieniowania UV stosowane mogą być również chemiczne metody dezynfekcji/sterylizacji nie wymagające energii



elektrycznej do działania, można wśród nich wyróżnić metody wykorzystujące następujące substancje chemiczne [18]:

- alkohole,
- aldehydy,
- fenole,
- środki utleniające,
- chlorowce,
- sole metali ciężkich,
- barwniki.

Ze względu na swoje działanie, w przypadku urządzeń wentylacyjnych chemiczne metody nie są zalecanym środkiem dezynfekcji, ponadto aby były użyteczne, muszą spełniać wiele wymagań: szerokie spektrum działania, krótki czas ekspozycji, wysoka skuteczność działania w obecności białek, brak nieprzyjemnego zapachu, nie podrażniać skóry i śluzówek, być przyjazne dla środowiska, a przede wszystkim powinny być ekonomiczne.

3. Możliwość zaaplikowania rozwiązania w urządzeniu odpylającym

W przypadku urządzeń odpylających [19], zastosowanie lamp ultrafioletowych, w zamkniętej obudowie jaką jest wnętrze urządzenia odpylającego, pozwoli na pracę urządzenia w obecności ludzi. Oficjalne oświadczenie dotyczące stanowiska CIE (International Commission on Illumination) jasno klasyfikuje promieniowanie ultrafioletowe jako skuteczny środek ograniczający ryzyko rozprzestrzeniania się chorób zakaźnych [20]. Promieniowanie UV-C o długości fali 280-100 nm wykazuje najefektywniejsze działanie, eliminując bądź neutralizując: wirusy, bakterie, pleśnie a także grzyby. Zastosowanie odpowiedniego czasu oraz dawki promieniowania prowadzi do zmiany budowy DNA (zmienia się struktura białek cytoplazmatycznych a także kwasów nukleinowych), co w konsekwencji prowadzi do unieszkodliwienia patogenu. Za niskie dawki oraz za krótki czas działania lampy, mogą doprowadzić do nasilonych mutacji w komórkach i tym samym wywołać odmienny skutek [21].

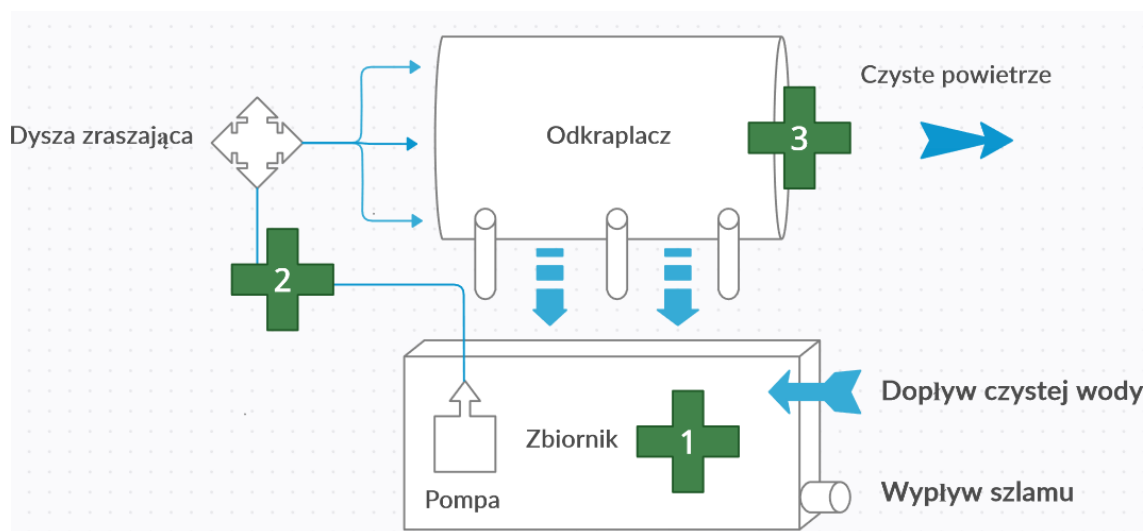
Źródłem promieniowania ultrafioletowego w lampie bakteriobójczej jest promiennik ultrafioletowy. Do wytworzenia promienników wykorzystuje się szkło kwarcowe posiadające wysoki współczynnik transmisji dla promieniowania bakteriobójczego, jego zaletą jest absorpcja promieniowania ultrafioletowego o długości fali poniżej 200 nm, dzięki czemu ograniczono powstawanie produktu ubocznego jakim jest ozon.

Odpylacz dyspersyjny OD-400/Z jest zmodernizowaną wersją małogabarytowego urządzenia przeznaczonego do usuwania pyłów z przepływającego przez nie powietrza, szczególnie powstających lokalnie pyłów węglowych, kamiennie-węglowych oraz kamiennych. Usuwanie pyłów odbywa się metodą moką.

W przypadku rozpatrywanego urządzenia odpylającego OD-400/Z istnieje kilka możliwości lokacji instalacji dezynfekującej. Jako medium przepływające mogą być poddane dezynfekcji wzięto pod uwagę: wodę znajdującą się w obiegu zamkniętym oraz przepływające przez urządzenie medium gazowe (powietrze). Na rysunku 1 przedstawiono ogólny schemat obiegu wody i powietrza przez urządzenie odpylające.

Strumień zapyłonego powietrza, zasysany jest do odpylacza przez współpracujący z nim wentylator lutniowy. Następnie strumień dopływa do komory zraszania, gdzie za pomocą dysz zraszających dostarczana jest woda. W wyniku czego następuje wstępny kontakt zapyłonego powietrza z wodą.

Struga powietrza z kroplami wody i cząstkami pyłu przedostaje się na wypełnienie komórkowe skośne, gdzie następuje intensywny kontakt pyłu z wodą i jego wnikanie do kropelek wody. Efekt ten jest potęgowany przez krzyżowanie się i przenikanie strug wodnych, wypływających z wypełnienia, do obszaru stanowiącego część węzła dyspersji wtórnej. Następnie struga ulega zawirowaniu na łopatkach kierownicy, gdzie powietrzu nadawany jest kręt. Wirujący strumień z zawartymi w nim kroplami wody związanymi z cząstkami pyłu, wpływa do przestrzeni wewnętrznej odkraplacza, gdzie wskutek tarcia kropelek o powierzchnie pierścieni odkraplających, wywołanego wirum strumienia zasadniczego, następuje intensywne wytrącenie fazy stałej i ciekłej z powietrza. W przypadku zastosowania wypełnienia odkraplającego, zabudowanego wewnątrz odkraplacza następuje zintensyfikowanie procesu odkroplenia. Wytrącona z powietrza woda oraz zawarte w niej cząstki pyłu są odprowadzane do kieszeni spływowej odkraplacza, a następnie przewodami spływowymi kierowane są do zbiornika [19].



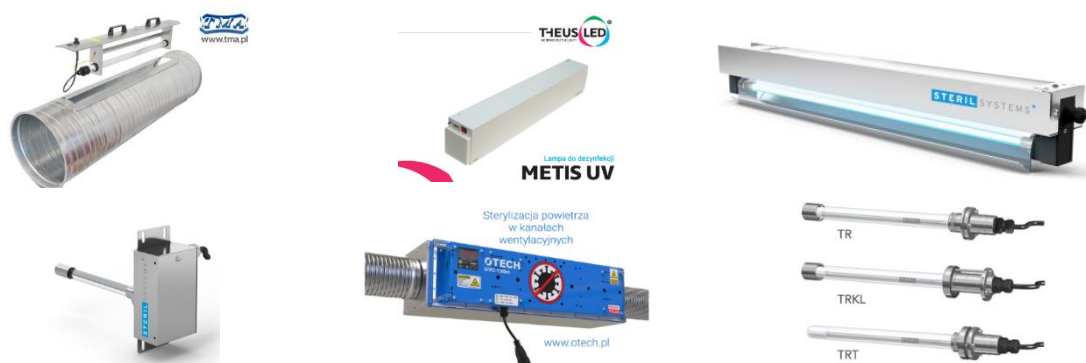
Rys. 1. Ogólny schemat obiegu wody i powietrza przez urządzenie wraz z możliwymi lokalizacjami aparatury dezynfekująco/sterylizującej. Punktami 1 do 3 oznaczono możliwe miejsca usytuowania systemu dezynfekującego

W punkcie pierwszym (rys. 1) specjalnej konstrukcji promienniki zanurzone są w zamkniętym zbiorniku, przepływająca przez niego woda poddana jest dezynfekcji. Ze względu na niewielkie prędkości przepływu rozwiązanie to nie wymaga zastosowania dużej liczby promienników UV. Natomiast wadą rozwiązania jest fakt, iż wraz z czasem pracy urządzenia w zbiorniku nastąpi coraz większe zanieczyszczenie w postaci mułu, który niekorzystnie wpływa na przenikanie przez ciecz promieni ultrafioletowych.

Punkt drugi umiejscowiony jest w przewodzie wodnym między pompą a dyszą zraszającą. W przypadku przewodu wodnego mamy do czynienia z ograniczoną przestrzenią działania promiennika, zwiększonym przepływem medium w stosunku do zbiornika oraz możliwością szkodliwego oddziaływania na promiennik drobnych cząsteczek przepływających przez przewód pod ciśnieniem 1-3 bar (możliwość ścierania się obudowy lampy).

Punkt trzeci umiejscowiony jest w komorze zraszania, pomiędzy kierownicą a wypełnieniem odkraplającym. W tym przypadku promieniowanie UV bezpośrednio działa na czynnik gazowy przepływający przez urządzenie odpylające.

W przypadku promieniowania ultrafioletowego uzyskanie stanu zdezynfekowanego jest łatwiejsze w przypadku powietrza niż wody, szczególnie przy zanieczyszczeniu cząstkami stałymi w wodzie, utrudniającymi przenikanie promieniowania ultrafioletowego. U wylotu z komory odkraplającej czystość powietrza określana jest na poziomie 99%. Ważnym aspektem jest także dobranie promienników, aby przy przepływie $140 \text{ m}^3/\text{min}$ zdołały one wyeliminować 90-100% zanieczyszczenia biologicznego. Obecnie na rynku istnieje wielu producentów produkujących specjalne lampy ultrafioletowe (rys. 2). W rozdziale zaproponowano kilka rodzajów lamp odpowiadających parametrom przepływowym urządzenia.



Rys. 2. Przykłady rozwiązań lamp ultrafioletowych dostępnych na rynku [22, 23, 24, 25]

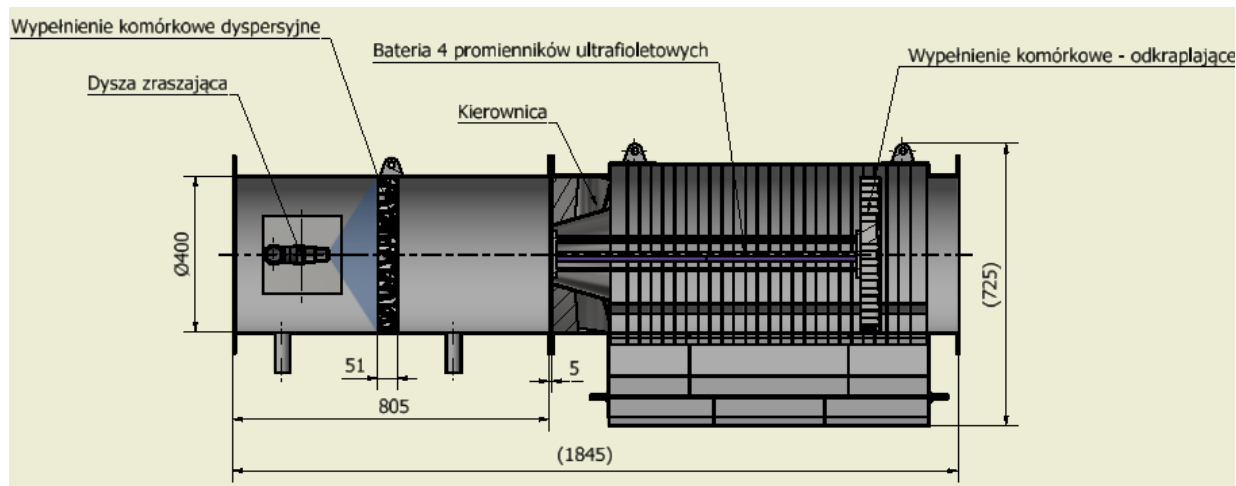
Na rysunku 3 przedstawiono urządzenie odpylające OD-400/Z z zaproponowaną lokalizacją niskociśnieniowych promienników ultrafioletowych. Na podstawie parametrów technicznych urządzenia należy określić niezbędną liczbę promienników.

Parametry techniczne urządzenia odpylającego OD-400/Z

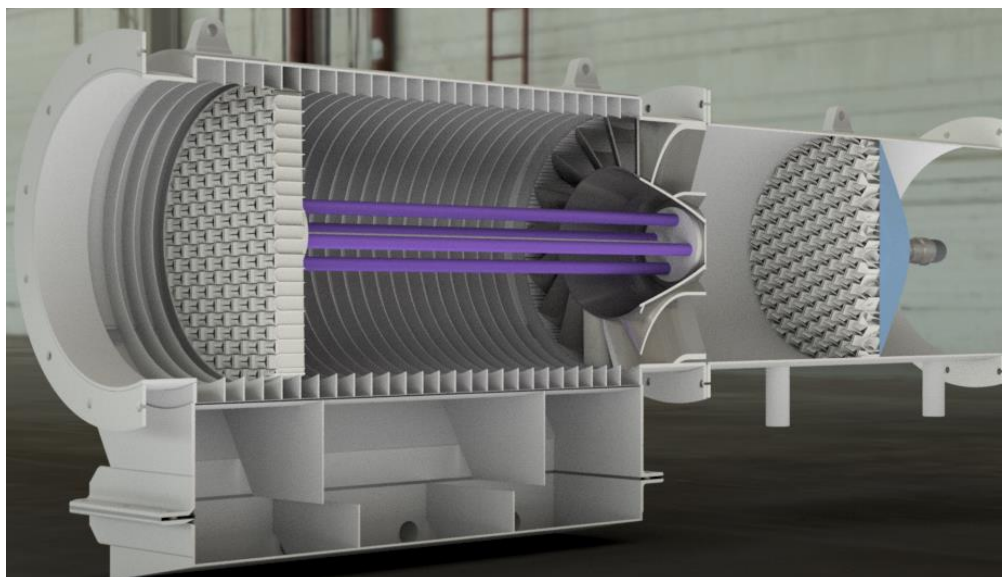
Tabela 1

| Parametr | Wartość |
|---------------------|--|
| Wydajność nominalna | $140 \text{ m}^3/\text{min}$ |
| Zakres wydajności | $80\text{-}180 \text{ m}^3/\text{min}$ |
| Szerokość odpylacza | 580 mm |
| Wysokość odpylacza | 725 mm |
| Długość całkowita | 1845 mm |

Na podstawie analizy dostępnych promienników zaproponowano rozwiązanie marki PHILIPS. Cztery promienniki o mocy $4 \times 150 \text{ W}$ (rys. 4.), pozwalają na pracę przy wydajności $10\,000 \text{ m}^3/\text{h}$. W promiennikach wykorzystano promieniowanie o długości fali 254 nm. Zastosowanie mniejszej długości fali zwiększyłoby energię fotonów, co byłoby korzystnym zjawiskiem, lecz w tym przypadku dochodziłoby również do rozerwania wiązań tlenu O_2 i w konsekwencji prowadziłyby do powstawania szkodliwego ozonu O_3 [18].



Rys. 3. Przekrój modelu odpylacza OD-400/Z wraz z zabudowanym zespołem promienników ultrafioletowych



Rys. 4. Trójwymiarowy model urządzenia odpylającego wraz z baterią promienników ultrafioletowych

Na podstawie analizy norm zharmonizowanych z dyrektywą ATEX [26], zastosowanie promienników ultrafioletowych wprost, w zaproponowanej konfiguracji (rys. 4) byłoby niemożliwe. Promienniki powinny zostać obudowane i zabezpieczone w specjalnego typu oprawy spełniające wymogi iskrobezpieczności oraz szczelności. Na rynku istnieją różnego typu oprawy zabezpieczające promienniki, w tym promienniki ultrafioletowe. Oprócz fizycznych zabezpieczeń promienników, należy również zastosować inne zabezpieczenia typu elektrycznego [27].

4. Wnioski/Podsumowanie

W rozdziale przeanalizowano dwie możliwości zastosowania dezynfekcji czynnika przepływającego przez urządzenie odpylające. Zaproponowano trzy lokalizacje dla ww. procesu: zbiornik, przewód wodny oraz odkraplacz. Jako optymalną lokalizację wybrano punkt trzeci znajdujący się wewnątrz odkraplacza. Zespół 4 promienników fal ultrafioletowych o mocy całkowitej 600 W, zabudowany został pomiędzy kierownicą a wypełnieniem komórkowym odkraplającym. Uniemożliwia to dostanie się osób trzecich do pracującego urządzenia, jak i wydostanie się promieniowania poza jego



obręb. W wyniku przeprowadzonej analizy wybrano promieniowanie ultrafioletowe o długości fal promieniowania 254 nm, ze względu na wysoką wydajność oraz brak negatywnego wpływu na działanie urządzenia i otoczenie. Zaproponowano również zabudowanie promienników w specjalnej obudowie spełniającej standardy ATEX oraz IP [28].

Zaproponowane rozwiązanie dezynfekcji czynnika przepływającego przez urządzenie odpylające, pozytywnie wpłynie na jakość powietrza i zdrowie ludzi pracujących w jego otoczeniu, eliminując zanieczyszczenia typu pyłowego oraz mikrobiologicznego [29]. Kompaktowa budowa urządzenia pozwala na łatwą jego relokalizację [30]. Urządzenie świetnie się sprawdzi w przypadku: zakładów przerobczych, dużych hal, magazynów oraz imprez masowych [31].

Literatura

1. Gołofit-Szymczak M., Ławniczek-Wałczyk A., Górny R. L.: Ilościowa i jakościowa kontrola szkodliwych czynników biologicznych w środowisku pracy. *Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy* 2013; 2(76): 5–17.
2. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych (Dz. U. Nr 139, poz. 1169 z późn. zm.).
3. Wyższy Urząd Górniczy: Stan bezpieczeństwa i higieny pracy w górnictwie w 2012 roku, Katowice, 2013.
4. Górny R. L.: Aerozole biologiczne – rola normatywów higienicznych w ochronie środowiska i zdrowia. *Med. Środow.* 2010; 13 (1): 41- 51.
5. Gołofit-Szymczak M., Ławniczek-Wałczyk A., Górny R. L.: Bioaerozole w pomieszczeniach pracy źródła i zagrożenia. *Bezpieczeństwo Pracy: nauka i praktyka* 2013, 9-11.
6. Gąska-Jędruch U., Dudzińska M.R.: Zanieczyszczenia mikrobiologiczne w powietrzu wewnętrznym, *Polska Inżynieria Środowiska pięć lat po wstąpieniu do Unii Europejskiej*, tom 2.
7. Augustyńska D., Pośniak M.: Czynniki szkodliwe w środowisku pracy wartości dopuszczalne 2014. CIOP- PIB. Warszawa, 2014.
8. Rutala W.A., Weber D.J.: New disinfection and sterilization methods. *Emerg Infect Dis.* 2001;7(2):348–353. doi: 10.3201/eid0702.010241
9. Rutala W.A., Weber D.J.: The healthcare infection control practices advisory committee (HICPAC). Guideline for disinfection and sterilization in healthcare facilities. Atlanta (GA): 2008.
10. Michałkiewicz M.: Formation, Transmission and Harmfulness of Bioaerosols released Into the Air, *Ochrona Środowiska* ISSN 1230-6169, 2018, 40, 4, 21-30.
11. Duquenne P., Marchand G., Duchaine C.: Measurement of endotoxins in bioaerosols at workplace: A critical review of literature and a standardization issue. *The Annals of Occupational Hygiene* 2012, Vol. 57, No. 2, pp. 137–172.
12. International Ultraviolet Association (IUVA) UV disinfection for COVID-19. <http://iuva.org/iuva-covid-19-faq> [dostęp: 01.05.2021].
13. Kowalski W. J., Walsh T.J, Petraitis V.: 2020 COVID-19 Coronavirus Ultraviolet Susceptibility. March 2020, ResearchGate.
14. Borkowska B., Kardynał A., Słowińska M. i in.: Czerniak u osób korzystających z urządzeń opalających emitujących promienie UV (solariów). *Przeegl Dermatol* 2013, 100, 345-352.
15. Ramirez C., Federman D., Kirsner R.: Skin cancer as an occupational disease: the effect ultraviolet and other forms of radiation. *Int J Dermatol* 2005, 44: 95-100. DOI: 10.1111/j.1365-4632.2005.02301.x



16. Bianco A., Biasin M., Pareschi G., Cavalieri A., Cavatorta C., Fenizia C., Galli P., Lessio L., Lualdi M., Redaelli E., Saulle I., Trabattoni D., Zanutta A., Clerici M.: UV-C irradiation is highly effective in inactivating and inhibiting SARS-CoV-2 replication.
17. James E. Cruver, Ph.D.: Spotlight on Ultraviolet Disinfection, *Water Technology*, June 1984.
18. Dr. Robert W. Legan: Alternative Disinfection Methods-A Comparison of UV and Ozone, *Industrial Water Engineering*, Mar/Apr 1982.
19. Jedziniak M., Loster-Mańka A.: Ochrona środowiska pracy przed zapyleniem w zakładach przeróbki mechanicznej węgla. KOMEKO 2010.
20. Oświadczenie dotyczące stanowiska CIE w sprawie promieniowania nadfioletowego (UV) jako środka ograniczającego ryzyko rozprzestrzeniania się COVID-19: https://www.steryliailed.pl/wp-content/uploads/2020/06/CIE-Position-Statement-UV-radiation-2020_PL_0.pdf [dostęp 01.05.2021].
21. Ata P, Majewski S.: Fotostarzenie skóry. *Przeegl Dermatol* 2013, 100, 178-183.
22. <https://tma.pl/> [dostęp 01.05.2021].
23. <https://www.theusled.com/produkty/lampy-do-dezynfekcji/> [dostęp 01.05.2021].
24. <https://www.sterilsystems.at/en.html> [dostęp 01.05.2021].
25. <https://www.otech.pl/> [dostęp 01.05.2021].
26. PN-EN 1710+A1:2010 Urządzenia i podzespoły przeznaczone do stosowania w przestrzeniach zagrożonych wybuchem w podziemnych wyrobiskach zakładów górniczych.
27. PN-G-52002:2009 Urządzenia odpylające w górnictwie podziemnym – Wymagania i badania.
28. Figiel A.: Zasady stosowania elektrycznych urządzeń prostych w obwodach iskrobezpiecznych. KOMTECH 2020, Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. Bezpieczeństwo - Efektywność - Niezawodność, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2020 s. 111-119, ISBN 978-83-65593-22-1.
29. Chmielniak T., Otte J., Frydel W., Roj L.: Instalacja badawcza urządzeń odpylających. *Maszyny Górnicze* 1992 nr 37.
30. Jedziniak M.: Małogabarytowe urządzenie odpylające. *Masz. Gór.* 2013 nr 4 s. 34-38.
31. Olejnik M.: Testing the equipment used in ventilation of mine workings. *Mining Machines* 2020 No. 2 pp. 26-37, DOI:10.32056/KOMAG2020.2.3; ISSN 2719-3306.