

Jacek Zając, Piotr Kowalski, Małgorzata Rejman

Zalecenia do profilaktyki

drgań mechanicznych na stanowiskach pracy
związanych z przeróbką surowców mineralnych



Materiały informacyjne CIOP-PIB

Zalecenia do profilaktyki drgań mechanicznych na stanowiskach pracy związanych z przeróbką surowców mineralnych

Opracowano na podstawie wyników IV etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, sfinansowanego w latach 2017-2019 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej.

Koordinator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Zadanie 2.G.03: Analiza narażenia na drgania ogólne na stanowiskach pracy związanych z przeróbką surowców mineralnych oraz zalecenia do profilaktyki

Autorzy:

mgr inż. Jacek Zając, dr inż. Piotr Kowalski, mgr inż. Małgorzata Rejman – Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Zagrożeń Wibroakustycznych, Pracownia Drgań Mechanicznych

Zdjęcie na okładce: CIOP-PIB

© Copyright by

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
Warszawa 2019

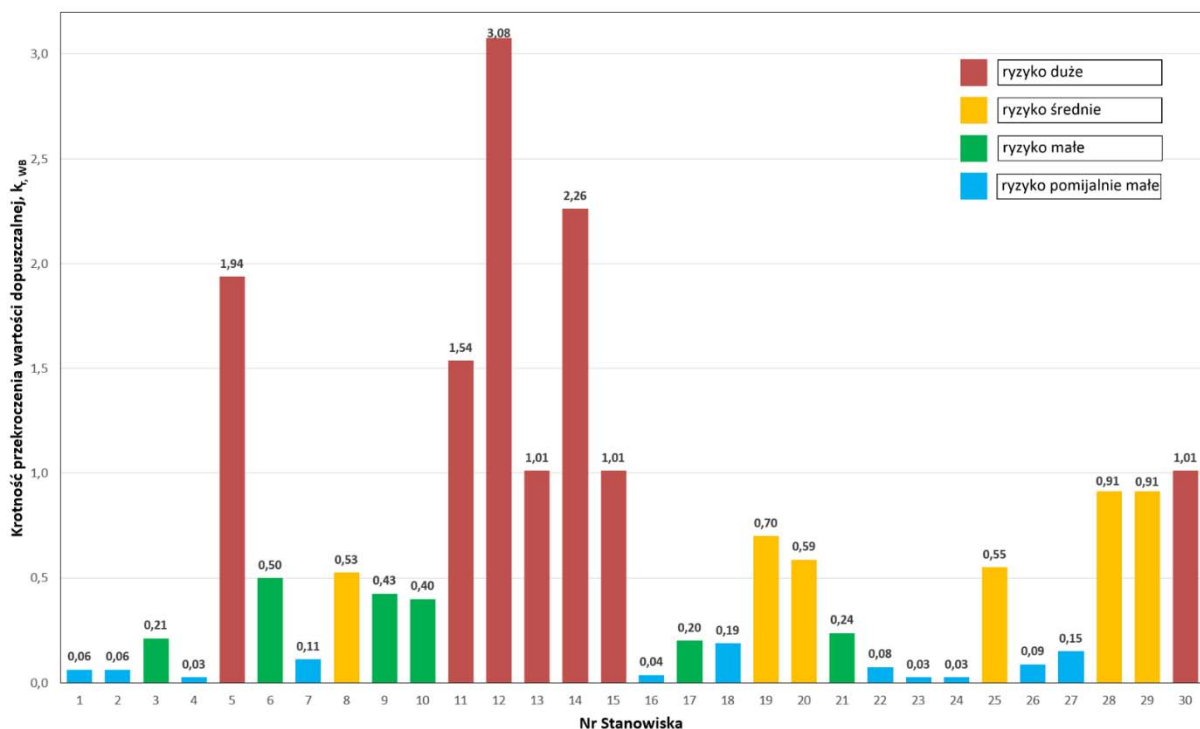
CIOP  **PIB**

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa
tel. (48-22) 623 36 98, www.ciop.pl

Obecnie pomiary drgań mechanicznych pochodzących od maszyn i urządzeń wykorzystywanych w przemyśle przeróbki surowców mineralnych przeprowadza się zazwyczaj w celu diagnozowania i monitorowania stanu technicznego tych maszyn i urządzeń. Badania samych drgań mechanicznych w środowisku pracy związanym z przeróbką surowców mineralnych nie są w ogóle wykonywane lub przeprowadzane w bardzo ograniczonym zakresie. W dużej mierze wynika to z braku rozpoznania głównych źródeł narażenia pracowników na drgania, niekiedy z konieczności użycia niestandardowej aparatury, a także ograniczonych możliwości przebywania na tego typu stanowiskach pracy dodatkowej osoby poza głównym operatorem. Niepełna jest więc także ocena ryzyka zawodowego, do której zobowiązani są pracodawcy zgodnie z Dyrektywą 2002/44/WE w sprawie minimalnych wymagań w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa dotyczących narażenia pracowników na ryzyko spowodowane czynnikami fizycznymi (wibracji). Niedoszacowanie całkowitej liczby narażonych na drgania wiąże się z problemem niedostatecznego rozpoznania ryzyka zawodowego spowodowanego zagrożeniem drganiami ogólnymi na stanowiskach pracy związanych z przeróbką surowców mineralnych.

Na podstawie badań przyspieszeń drgań działających w sposób ogólny na 30 stanowiskach pracy charakterystycznych dla procesów technologicznych stosowanych w wybranych zakładach przeróbki surowców mineralnych wyznaczono wartości dziennych ekspozycji na drgania działające w sposób ogólny $A(8)_{WB}$ oraz dopuszczalny czas narażenia na 30 zbadanych stanowiskach pracy (tabela 1).

Na rysunku 1 zostały przedstawione wartości krotności przekroczenia wartości dopuszczalnych dla ekspozycji na drgania ogólne wraz z oceną ryzyka zawodowego na poszczególnych stanowiskach pracy związanych z przeróbką surowców mineralnych.



Rys. 1. Krotności przekroczenia wartości dopuszczalnych dla ekspozycji na drgania ogólne wraz z oceną ryzyka zawodowego na poszczególnych stanowiskach pracy związanych z przeróbką surowców mineralnych

Tab. 1. Dienne ekspozycje na drgania oraz dopuszczalny czas narażenia na badanych stanowiskach pracy

Nr Stanowiska	Obiekt pomiaru		Dzienna ekspozycja na drgania (największa składowa kierunkowa)	Dopuszczalny czas trwania narażenia
			$A(8)$ m/s ²	t min
1	Kruszarka młotowa KR3 – punkt pomiarowy na betonowym podłożu przy kruszarce młotowej		$A_z(8)=0,05$	480
2	Kruszarka szczękowa	punkt pomiarowy na betonowym podłożu przy szafie sterowniczej na poziomie stalowo-członowym maszyny	$A_z(8)=0,05$	480
3		punkt pomiarowy na podeście wykonanym ze stalowych płyt przy kruszarce szczękowej	$A_z(8)=0,17$	480
4	Kruszarka szczękowa – punkt pomiarowy na betonowym podłożu u podstawy maszyny, przy szafie sterowniczej		$A_z(8)=0,02$	480
5	Kruszarka szczękowa – punkt pomiarowy u podstawy maszyny na pomoście wykonanym ze stalowych płyt		$A_z(8)=1,55$	128
6	Kruszarka szczękowa 40-17	punkt pomiarowy przy kruszarce na pomoście wykonanym ze stalowych płyt	$A_z(8)=0,40$	480
7		punkt pomiarowy na podłodze w wibroizolowanej kabinie operatora	$A_z(8)=0,09$	480
8	Kruszarka stożkowa – punkt pomiarowy na metalowym podłożu u podstawy maszyny, przy szafie sterowniczej		$A_z(8)=0,42$	480
9	Przesiewacz SWR-1 – punkt pomiarowy przy wibroizolatorze na podłożu wykonanym ze stalowych płyt		$A_z(8)=0,34$	480
10	Przesiewacz SWR-3	punkt pomiarowy przy wibroizolatorze na podłożu wykonanym ze stalowych płyt	$A_z(8)=0,32$	480
11		punkt pomiarowy przy silniku i reduktorze na podłożu wykonanym ze stalowych płyt	$A_z(8)=1,23$	203
12		punkt pomiarowy przy taśmociągu transportowym na podeście wykonanym ze stalowych płyt	$A_z(8)=2,46$	51
13	Przesiewacz sitowy – punkt pomiarowy na betonowym podłożu przy silniku przesiewacza		$A_z(8)=0,81$	468

Nr Stanowiska	Objekt pomiaru	Dzienna ekspozycja na drgania (największa składowa kierunkowa) $A(8)$ m/s ²	Dopuszczalny czas trwania narażenia t min	
14	Przesiewacz sitowy – punkt pomiarowy przy silniku przesiewacza na podłożu wykonanym ze stalowych płyt	$A_z(8)=1,81$	94	
15	Przesiewacz sitowy – punkt pomiarowy przy wibroizolatorze na podłożu wykonanym ze stalowych płyt	$A_z(8)=0,81$	468	
16	Mobilny przesiewacz sitowy Metso ST 458 – punkt pomiarowy na gruncie przy panelu sterowniczym przesiewacza	$A_v(8)=0,03$	480	
17	Przesiewacz sitowy WPB-821 – punkt pomiarowy na betonowym podłożu przy przesiewaczu	$A_z(8)=0,16$	480	
18	Przesiewacz palcowy – punkt pomiarowy na betonowym podłożu przy wibroizolatorze	$A_z(8)=0,15$	480	
19	Przesiewacz wibracyjny RHEWUM – punkt pomiarowy przy przesiewaczu na podłożu wykonanym ze stalowych płyt	$A_z(8)=0,56$	480	
20	Separator piasku – punkt pomiarowy przy separatorze na podłożu wykonanym ze stalowych płyt	$A_z(8)=0,47$	480	
21	Młyn kulowy MK-121	punkt pomiarowy przy młynie na podeście wykonanym ze stalowych płyt	$A_z(8)=0,19$	480
22		punkt pomiarowy na betonowym podłożu przy młynie	$A_z(8)=0,06$	480
23	Młyn misowo-walcowy Gebr.Pfeiffer – punkt pomiarowy na betonowym podłożu przy młynie	$A_z(8)=0,02$	480	
24	Młyn misowo-walcowy 521/37 Gebr.Pfeiffer – punkt pomiarowy na betonowym podłożu przy młynie	$A_z(8)=0,02$	480	
25	Suszarnia rurowa obrotowa S-4	punkt pomiarowy na podłożu wykonanym ze stalowych płyt, podczas odwadniania koncentratu	$A_z(8)=0,44$	480
26		punkt pomiarowy na podeście wykonanym ze stalowych płyt, podczas suszenia termicznego	$A_z(8)=0,07$	480
27	Podajnik taśmowy – punkt pomiarowy na betonowym podłożu przy silniku-reduktorze podajnika taśmowego	$A_z(8)=0,12$	480	
28	Ładowarka kołowa VOLVO L350F – punkt pomiarowy na siedzisku	$A_v(8)=0,73$	480	
29	Ładowarka kołowa CATERPILLAR CAT 988F – punkt pomiarowy na siedzisku	$A_v(8)=0,73$	480	
30	Samochód ciężarowy – wywrotka kopalniana BIEŁAZ 7547 – punkt pomiarowy na siedzisku	$A_z(8)=0,81$	468	

Ocena ryzyka zawodowego spowodowanego zagrożeniem drganiami ogólnymi przeprowadzona zgodnie z aktualnymi przepisami na 30 wybranych stanowiskach pracy związanych z przeróbką surowców mineralnych wykazała, że warunki pracy mogą stwarzać duże zagrożenie dla zdrowia pracowników. Wyznaczone wartości dziennych ekspozycji na drgania przekraczają wartości dopuszczalne (ryzyko *duże*) na 7 stanowiskach, na 6 stanowiskach przekraczają 0,5 NDN (ryzyko *średnie*), a na także 6 stanowiskach nie przekraczają 0,5 NDN (ryzyko *małe*). Na 11 stanowiskach ryzyko zawodowe oszacowano jako *pomijalnie małe*.

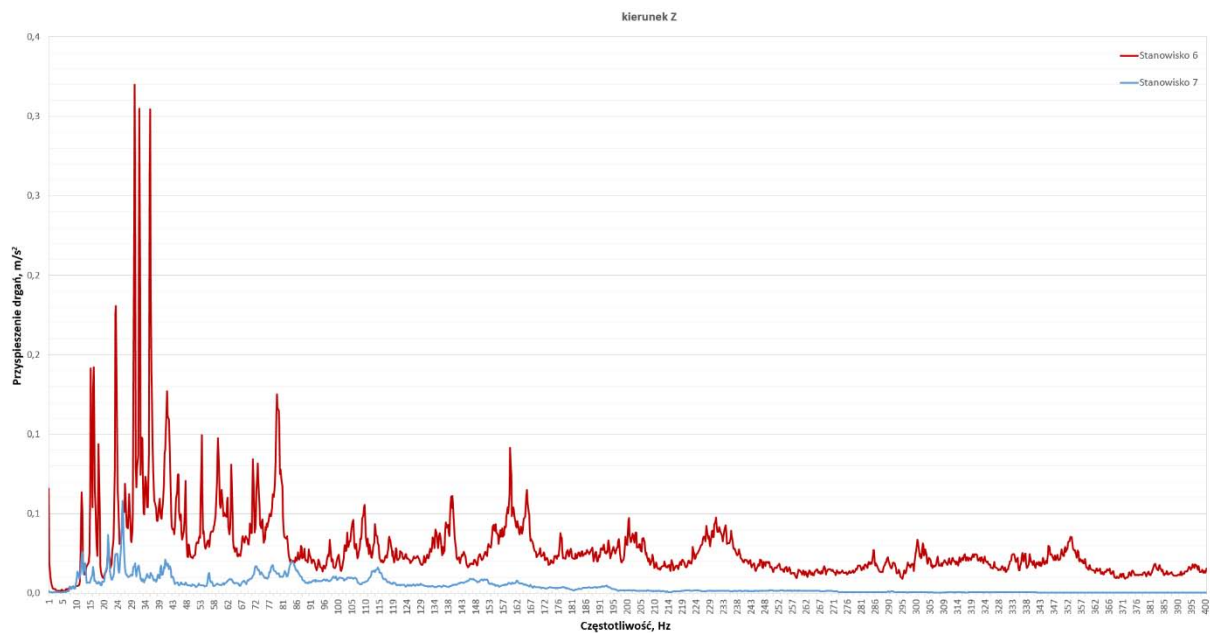
Zalecenia profilaktyczne

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że na stanowiskach pracy związanych z przeróbką surowców mineralnych mogą występować przekroczenia wartości dopuszczalnych dla drgań działających w sposób ogólny. Na takich stanowiskach pracy należy podjąć profilaktykę pierwszej fazy (tzw. pierwotną), która ma na celu zapobieganie rozwojowi chorób powodowanych działaniem drgań ogólnych. Tego typu profilaktyka polega na ograniczeniu ekspozycji osób narażonych na czynniki szkodliwe między innymi przez kontrolowanie przyczyn ryzyka [1].

Najlepszym sposobem minimalizacji narażenia pracowników na drgania na stanowiskach pracy związanych z przeróbką surowców mineralnych jest ograniczenie wibroaktywności źródeł drgań w maszynach i urządzeniach. Można to osiągnąć np. przez zredukowanie drgań zespołu napędowego lub układu przeniesienia napędu albo odpowiednią wibroizolację.

Wyniki pomiarów drgań na stanowisku pracy zlokalizowanym przy kruszarce szczękowej 40-17 wykazują, jak ważna jest wibroizolacja. Dla tej samej maszyny wyznaczona wartość dziennej ekspozycji na drgania w punkcie pomiarowym na podłodze w wibroizolowanej kabinie operatora (Stanowisko nr 7) okazała się ponad 4-krotnie mniejsza w porównaniu do ekspozycji wyznaczonej w punkcie pomiarowym na pomoście wykonanym ze stalowych płyt (Stanowisko nr 6). Na rysunku 2 zestawiono widma przyspieszeń drgań zarejestrowanych na tych stanowiskach pracy.

Najczęstsze przyczyny drgań to m.in.: niewyrównoważenie obracających się elementów (wały, wirniki, osie) pogłębiane np. zużyciem lub uszkodzeniem łożysk, nadmierne luzy między współpracującymi elementami wywołane błędnym montażem lub/i zużyciem oraz brak odpowiedniej konserwacji. Drgania na tego typu maszynach mogą być spowodowane uszkodzeniami powstającymi podczas eksploatacji w elementach układu silnik-przekładnia-sprzęgło lub w kołach zębatych. Radykalne rozwiązania polegające na udoskonaleniu konstrukcji maszyn i urządzeń ze względów technicznych i ekonomicznych nie zawsze są możliwe, dlatego też do podstawowych zadań pracodawców należy utrzymanie maszyn i urządzeń w jak najlepszym stanie technicznym przez realizację odpowiednich programów remontów, konserwacji i modernizacji, a następnie, gdy jest to możliwe, redukcja drgań metodami technicznymi.



Rys. 2. Widma nieskorygowanych przyspieszeń drgań dla Stanowiska 6 – punkt pomiarowy na podeście metalowym i Stanowiska 7 – punkt pomiarowy w kabinie operatora, w kierunku Z

Niektóre maszyny w zakładach przeróbki surowców mineralnych (np. młyny wibracyjne) celowo generują drgania na potrzeby procesu technologicznego. Duże dawki drgań na stanowiskach pracy związanych z obsługą tego typu maszyn mogą być transmitowane do organizmu pracownika w przypadku zastosowania niedostatecznie skutecznej wibroizolacji maszyny lub urządzenia od podłoża. Jak wykazują badania, większe wartości przyspieszeń drgań rejestrowano w miejscach, gdzie podłoże było wykonane ze stalowych płyt, w porównaniu do podłoża betonowego lub specjalnie wibroizolowanego (np. w kabinie operatora).

Dużą rolę w ograniczaniu narażenia na drgania odgrywa informowanie i szkolenie pracowników w zakresie poprawnego, bezpiecznego obsługiwanie i nadzorowania maszyn i urządzeń. Ważna jest także świadomość pracowników występowania czynników, które mogą powodować wzrost narażenia na drgania, a także skutków zdrowotnych, jakie mogą wywołać te czynniki (np. negatywny wpływ drgań działających w sposób ogólny na kręgosłup pogłębia niewłaściwa postawa operatora maszyny lub zbyt długi czas przebywania osoby nadzorującej pracę maszyny w miejscach o szczególnie dużej ekspozycji na drgania). Niekorzystne zmiany w samopoczuciu będące skutkiem narażenia na drgania (np. ból w obszarze kręgosłupa lędźwiowego, drętwienie w kończynach dolnych lub odczuwanie zmniejszenia siły mięśni nóg) należy od razu zgłaszać służbom medycznym bez względu na termin badań okresowych.

Zarówno ze względu na ochronę zdrowia, jak i bezpieczeństwo pracy niezwykle istotne są odpowiednia organizacja czasu pracy i kontrola, a więc i czasu narażenia na drgania. Nieprzekraczanie dopuszczalnego

czasu pracy ma szczególne znaczenie w sytuacjach, gdy zmęczenie potęgowane działaniem drgań może doprowadzić do wypadków. Konieczne jest opracowanie i przestrzeganie odpowiednich harmonogramów pracy, gwarantujących pracownikom dostateczną liczbę przerw na odpoczynek. Reakcja organizmu człowieka na drgania zależy także od warunków klimatycznych, dlatego pracownicy powinni mieć zapewnioną ochronę przed niską temperaturą i dużą wilgotnością otoczenia.

Utrzymanie warunków pracy na poziomie dopuszczalnym w sytuacji stwierdzonego narażenia na czynniki wibroakustyczne wymaga wykonywania kontrolnych pomiarów tych czynników określonych w przepisach i dokonywania okresowo oceny ryzyka zawodowego. W przypadku przekroczenia wartości dopuszczalnej narażenia zgodnie z rozporządzeniem Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 5 sierpnia 2005 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na hałas lub drgania mechaniczne (Dz.U. z 2015 r., Nr 157, poz. 1318) konieczne jest ustalenie przyczyny przekroczenia wartości dopuszczalnej i wdrożenie odpowiednich środków ochronnych i prewencyjnych:

- technicznych (m.in. zastosowanie materiałów, elementów i układów izolujących i tłumiących drgania, w tym amortyzujących podestów, kabin itp., a także zapewnienie odpowiedniej odzieży ochronnej) i/lub
- techniczno-administracyjnych (m.in. konserwowanie urządzeń i układów izolujących i tłumiących drgania, ograniczanie czasu narażenia, projektowanie odpowiednich harmonogramów pracy uwzględniających dostateczną liczbę przerw na odpoczynek, szkolenia z zakresu przyczyn powstawania i objawów chorób powodowanych oddziaływaniem drgań lub hałasu oraz możliwych środków profilaktyki medycznej).

Pracownicy powinni być informowani o narażeniu na drgania na swoich stanowiskach pracy i wynikach oceny ryzyka zawodowego, a także o podejmowanych działaniach zmierzających do ograniczenia tego narażenia.

Bibliografia

- [1] Beaglehole R., Bonita R., Kjellström T. (tłum. N. Szeszenia-Dąbrowska): Podstawy epidemiologii. Instytut Medycyny Pracy im. Prof. J. Nofera, Łódź 2002.
- [2] Dyrektywa 2002/44/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 25 czerwca 2002 r. w sprawie minimalnych wymagań w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa dotyczących narażenia pracowników na ryzyko spowodowane czynnikami fizycznymi (wibracji) (szesnasta dyrektywa szczegółowa w rozumieniu art. 16 ust. 1 dyrektywy 89/391/EWG).
- [3] Engel Z.: Ochrona środowiska przed drganiami i hałasem. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2001.
- [4] Engel Z., Kowalski P.: Evaluation indices of exposure to vibration. Machine Dynamics Problems 2000. 24(3): 21-33.
- [5] Engel Z., Zawieska W.M.: Hałas i drgania w procesach pracy: źródła, ocena, zagrożenia. CIOP-PIB. Warszawa 2010.

- [6] Griffin M. J.: Effects of Vibration on People, in Handbook of Noise and Vibration Control (ed. M. J. Crocker). John Wiley & Sons, Inc., Hoboken. NY. USA 2008. DOI: 10.1002/9780470209707.ch2.
- [7] Harazin B.: Szacowanie ryzyka zawodowego i ryzyka zdrowotnego związanego z działaniem miejscowych wibracji. *Bezpieczeństwo Pracy* 2006. 6(417): 8-10.
- [8] Kowalski P., Zajac J.: Ocena narażenia na drgania mechaniczne pracowników transportu wewnątrzzakładowego w celu profilaktyki. Program wieloletni pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, okres realizacji 2008-2010.
- [9] Norma ISO 2631-1:1997 Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 1: General requirement.
- [10] Norma ISO 2631-5:2004 Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 5: Method for evaluation of vibration containing multiple shocks.
- [11] Norma PN-EN 14253+A1:2011 – Drgania mechaniczne – Pomiar i obliczanie zawodowej ekspozycji na drgania o ogólnym działaniu na organizm człowieka dla potrzeb ochrony zdrowia – Wytyczne praktyczne.
- [12] Norma PN-EN ISO 8041-1:2017-07 – Drgania mechaniczne działające na człowieka – Mierniki – Część 1: Mierniki drgań do zastosowań ogólnych.
- [13] Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 5 sierpnia 2005 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na hałas lub drgania mechaniczne. Dz.U. z 2005 r., Nr 157, poz. 1318.
- [14] Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz. U. z 2018 r., poz. 1286).
- [15] Sprawozdanie z działalności Państwowej Inspekcji Pracy w 2013 roku, Warszawa 2014.