

KONSEKWENCJE NARAŻENIA ZAWODOWEGO NA KONTAKT Z KRZEMIONKĄ KRYSTALICZNĄ ORAZ PROFILAKTYKA POSTĘPOWANIA W TYM ZAKRESIE

prof. dr hab. Joanna Jurewicz
Zakład Bezpieczeństwa Chemicznego
Instytut Medycyny Pracy w Łodzi

Instytut Medycyny Pracy
im. prof. dr med. Jerzego Nofera
św. Teresy od Dzieciątka Jezus 8, 91-348 Łódź
42 631 4702
www.imp.lodz.pl

WPROWADZENIE

- Krzemionka to nazwa nadana grupie minerałów złożonych z krzemu i tlenu - dwóch najbardziej powszechnie występujących pierwiastków w skorupie ziemskiej.
- Kwarc jest zdecydowanie najbardziej powszechną postacią krzemionki krystalicznej. To drugi najczęściej występujący minerał na powierzchni Ziemi obecny niemal we wszystkich rodzajach skał, tj. wulkanicznych, metamorficznych i osadowych.
- Krystobalit i trydymit nie są tak popularne w środowisku naturalnym. Można je jednak znaleźć w pewnych skałach wulkanicznych. W warunkach przemysłowych krystobalit otrzymuje się również w wyniku podgrzania kwarcu (do temperatur powyżej 1400°C), na przykład podczas produkcji i użytkowania materiałów ogniotrwałych. Krystobalit powstaje również w wyniku podgrzewania krzemionki amorficznej lub szklistej do wysokiej temperatur.

DZIAŁANIE TOKSYCZNE NA LUDZI

Zatrucia ostre i przewlekłe

- Szkodliwe działanie kwarcu i krystobalitu na organizm człowieka jest związane przede wszystkim z długotrwałym wdychaniem pyłów o wymiarach cząstek umożliwiającym przedostawanie się ich do obszaru wymiany gazowej w płucach.
- Głównym skutkiem oddziaływania krystalicznej krzemionki na układ oddechowy jest krzemowa pylica płuc.
- W wyniku narażenia na krystaliczne odmiany krzemionki ostre zatrucia nie są spotykane.

3 FORMY KRZEMOWEJ PYLICY PŁUC

krzemica ostra

- krótki czas narażenia (od kilku tygodni do 4 lat) i bardzo wysoki poziom stężeń krystalicznej krzemionki

Tę formę krzemicy charakteryzuje hipertrofia i hiperplazja pneumocytów typu II, które wytwarzają nadmierne ilości substancji białkowych i surfaktantu doprowadzając do lipoproteinozy krzemicznej. Proces chorobowy postępuje bardzo szybko znacznie upośledzając funkcje płuc, w tym wymianę gazową.

3 FORMY KRZEMOWEJ PYLICY PŁUC

krzemica przyśpieszona

- krótki czas narażenia (od kilku tygodni do 4 lat) i bardzo wysoki poziom stężeń krystalicznej krzemionki

Rozwijająca się po 4 – 10 latach ekspozycji na względnie wysokie stężenia krystalicznej krzemionki.

Uszkodzenia płuc występujące w krzemicy przyśpieszonej są podobne do obserwowanych w krzemicy przewlekłej, mają jednak bardziej progresywny charakter.

3 FORMY KRZEMOWEJ PYLICY PŁUC

krzemica przewlekła

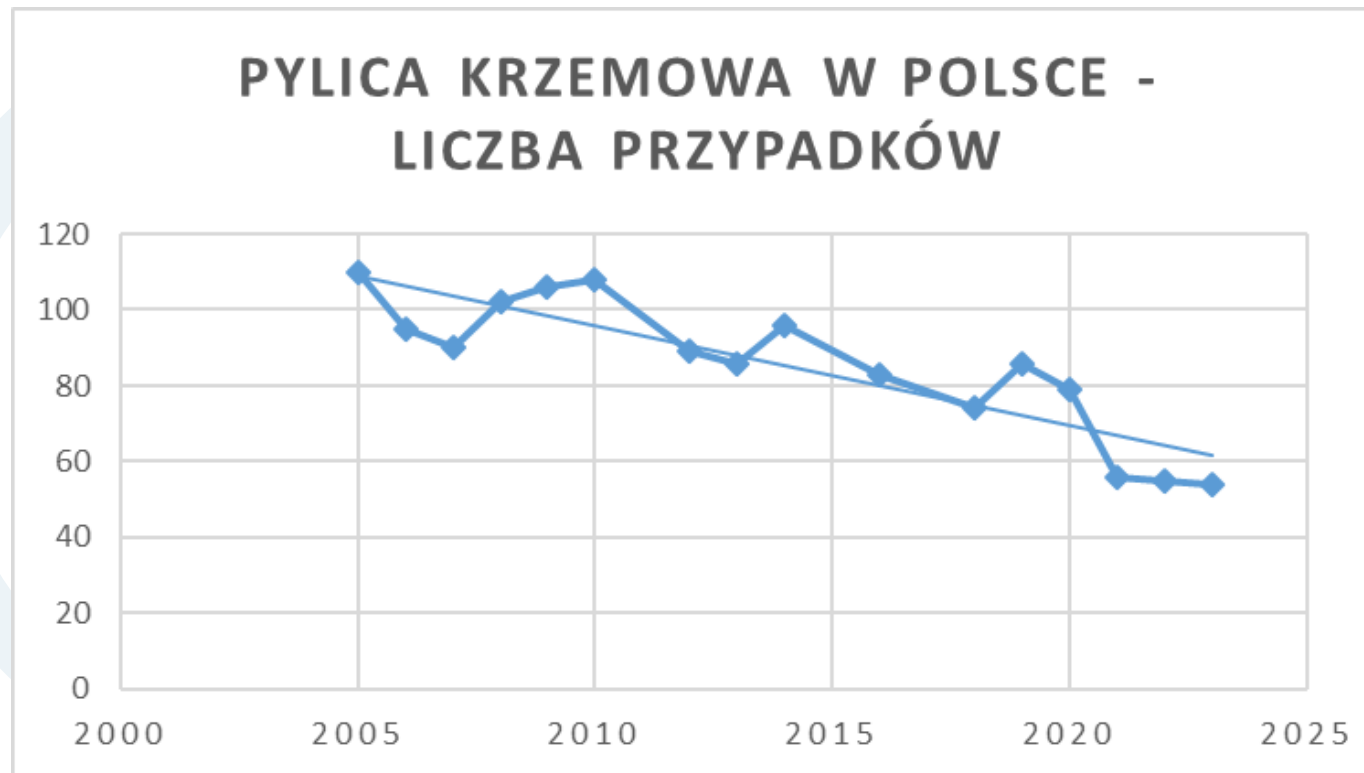
- charakteryzująca się występowaniem po 10 lub więcej latach ekspozycji na względnie niskie stężenia krystalicznej krzemionki

Zmiany patologiczne polegają na wzmożonym wytwarzaniu włókien retikuliny i kolagenowych, które następnie prowadzą do guzkowego (ogniskowego) lub rozległego włóknienia płuc.

Oszacowanie ryzyka krzemicy przy poziomie narażenia odpowiadającym najczęściej obecnie stosowanym wartościom dopuszczalnym w środowisku pracy

Stężenie FRKK	Ryzyko zmian w obrazie radiologicznym płuc, charakterystycznych dla krzemicy
0,05 mg/m ³	5% (Hnizdo i Sluis-Cremer 1993)
	7,5% (Park i in. 2002)
	10% (Steenland i Brown 1995)
	13% (Kreiss i Zhen 1996)
	20% (Chen i in. 2005)
0,1 mg/m ³	14% (Park i in. 2002)
	20% (Chen i in. 2005)
	34% (Kreiss i Zhen 1996)
	40% (Steenland i Brown 1995)

PYLICA KRZEMOWA FIGURUJE W POLSKIM WYKAZIE CHOROÓB ZAWODOWYCH OD 1928 ROKU I KAŻDEGO ROKU ODNOTOWUJE SIĘ W POLSCE NOWE PRZYPADKI PYLICY KRZEMOWEJ



Rok	Pylica krzemowa w Polsce - liczba przypadków
2023	54
2022	55
2021	56
2020	79
2019	86
2018	74
2016	83
2014	96
2013	86
2012	89
2010	108
2009	106
2008	102
2007	90
2006	95
2005	110

Inne skutki narażenia na krystaliczną krzemionkę

1. Przewlekła obturacyjna choroba płuc, w tym:
 - obniżenie wartości wskaźników funkcji płuc
 - przewlekłe zapalenie oskrzeli
 - rozedma płuc
2. Powikłania krzemicy infekcjami bakteryjnymi i grzybiczymi, np. gruźlicą
3. Krzemica ogólnoustrojowa (występowanie pyłu krzemionkowego i zmiany guzowate podobne do spotykanych w płucach w wątrobie, trzustce, otrzewnej, śledzionie i szpiku kostnym)
4. Choroby autoimmunologiczne lub zaburzenia immunologiczne, np. twardzina układowa, toczeń rumieniowaty, reumatoidalne zapalenie stawów, sarkoidoza
5. Przewlekłe choroby nerek
6. Przerost prawej komory serca (serce płucne) i postępująca niewydolność krążenia

CHOROBY NOWOTWOROWE

- Rak płuca
- W piśmiennictwie spotyka się również doniesienia o podwyższonej zapadalności na nowotwory zlokalizowane poza układem oddechowym: nowotwory żołądka, otrzewnej, przełyku, trzustki, gardła, kości, skóry, mózgu, pęcherza

Steenland i in. (2001) podają, że narażenie na krystaliczną krzemionkę o stężeniu $0,1 \text{ mg/m}^3$ w ciągu 45 lat powoduje podwyższenie ryzyka raka płuca w wieku 75 lat o $1,1 - 1,7\%$ ponad poziom ryzyka oszacowany dla większości populacji i wynoszący $3 - 6\%$. Analogicznie ekspozycja na poziomie $0,02 \text{ mg/m}^3$ zwiększa ryzyko o $0,5 - 0,8\%$, a na poziomie $0,01 \text{ mg/m}^3$ odpowiednio o $0,2 - 0,3\%$.

W innych badaniach Steenland i Sanderson (2001) stwierdzili, że średnia ekspozycja na przeciętnym poziomie FRKK równym $0,05 \text{ mg/m}^3$, tj. równym lub niższym od powszechnie obowiązujących wartości dopuszczalnych, przyczynia się do wzrostu standaryzowanego wskaźnika umieralności z powodu raka płuca do wartości $1,60$ (95% przedział ufności: $1,31 - 1,93$).

KRZEMIONKA – OBOK AZBESTU GŁÓWNY CZYNNIK PRZYCZYNOWY NOWOTWORU W POLSCE

Rok	Liczba nowotworów ogółem	Główny czynnik przyczynowy nowotworu (liczba przypadków)	
2023	61	Azbest (34)	FRKK (11)
2022	47	Azbest (28)	FRKK (7)
2021	47	Azbest (33)	FRKK (8)

UREGULOWANIA PRAWNE – KLASYFIKACJA

UE

- Krzemionka krystaliczna- frakcja respirabilna powstająca podczas pracy nie jest ujęta w klasyfikacji zgodnie z rozporządzeniem (WE) nr 1272/2008 (CLP).
- FRKK uwzględniono w załączniku I do dyrektywy 2004/37/WE: „prace związane z narażeniem na krzemionkę krystaliczną- frakcję respirabilną powstającą w trakcie pracy”

PL

W Polsce Dyr. 2004/37 została wdrożona rozporządzeniem Ministra Zdrowia z 26 lipca 2024 r. w sprawie substancji chemicznych, ich mieszanin, czynników lub procesów technologicznych o działaniu rakotwórczym, mutagennym lub reprotoksycznym w środowisku pracy Dz. U. z 26 lipca 2024 r. poz. 1126

Wykaz procesów technologicznych o działaniu rakotwórczym, mutagennym lub reprotoksycznym

2004

1. produkcja auraminy
2. procesy technologiczne związane z narażeniem na działanie wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych, obecnych w sadzy węglowej, smołach węglowych i pakach węglowych
3. procesy technologiczne związane z narażeniem na działanie pyłów, dymów i aerozoli tworzących się podczas rafinacji niklu i jego związków
4. produkcja alkoholu izopropylowego metodą mocnych kwasów
5. prace związane z narażeniem na pył drewna (do 2019 pył drewna twardego, od 2020 wszystkie rodzaje)

2020

6. prace związane z narażeniem na krzemionkę krystaliczną - frakcję respirabilną powstającą w trakcie pracy

2021

7. prace związane z narażeniem przez skórę na działanie olejów mineralnych użytych wcześniej w silnikach spalinowych wewnętrznego spalania w celu smarowania i schładzania części ruchomych silnika
8. prace związane z narażeniem na spaliny emitowane z silników Diesla

Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 24 lipca 2012 r. w sprawie substancji chemicznych, ich mieszanin, czynników lub procesów technologicznych o działaniu rakotwórczym lub mutagennym w środowisku pracy. Dz.U. 2016 poz. 1117

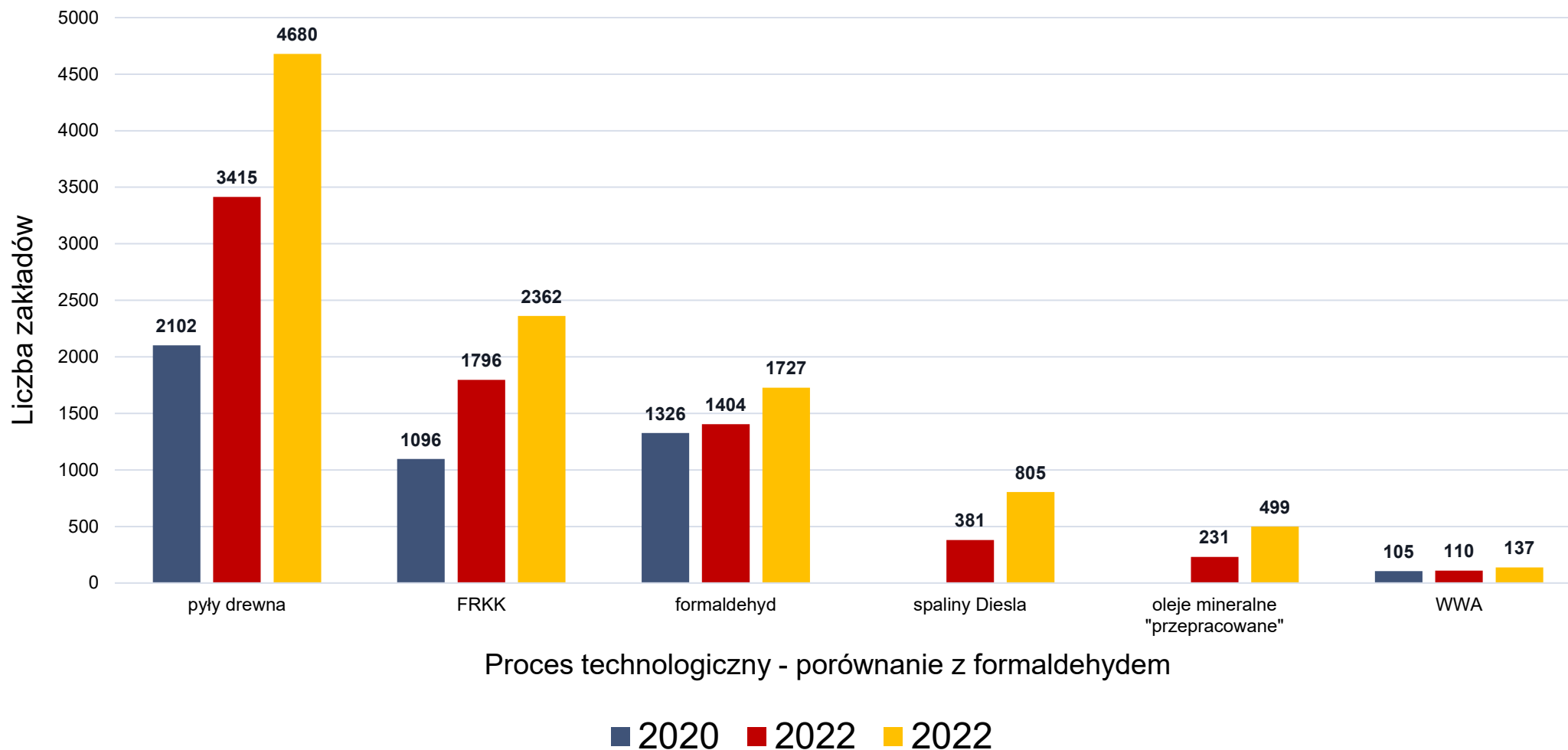
Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 24 stycznia 2020 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie substancji chemicznych, ich mieszanin, czynników lub procesów technologicznych o działaniu rakotwórczym lub mutagennym w środowisku pracy. Dz.U. 2020 poz. 197

Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 10 lutego 2021 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie substancji chemicznych, ich mieszanin, czynników lub procesów technologicznych o działaniu rakotwórczym lub mutagennym w środowisku pracy. Dz.U. 2021 poz. 279

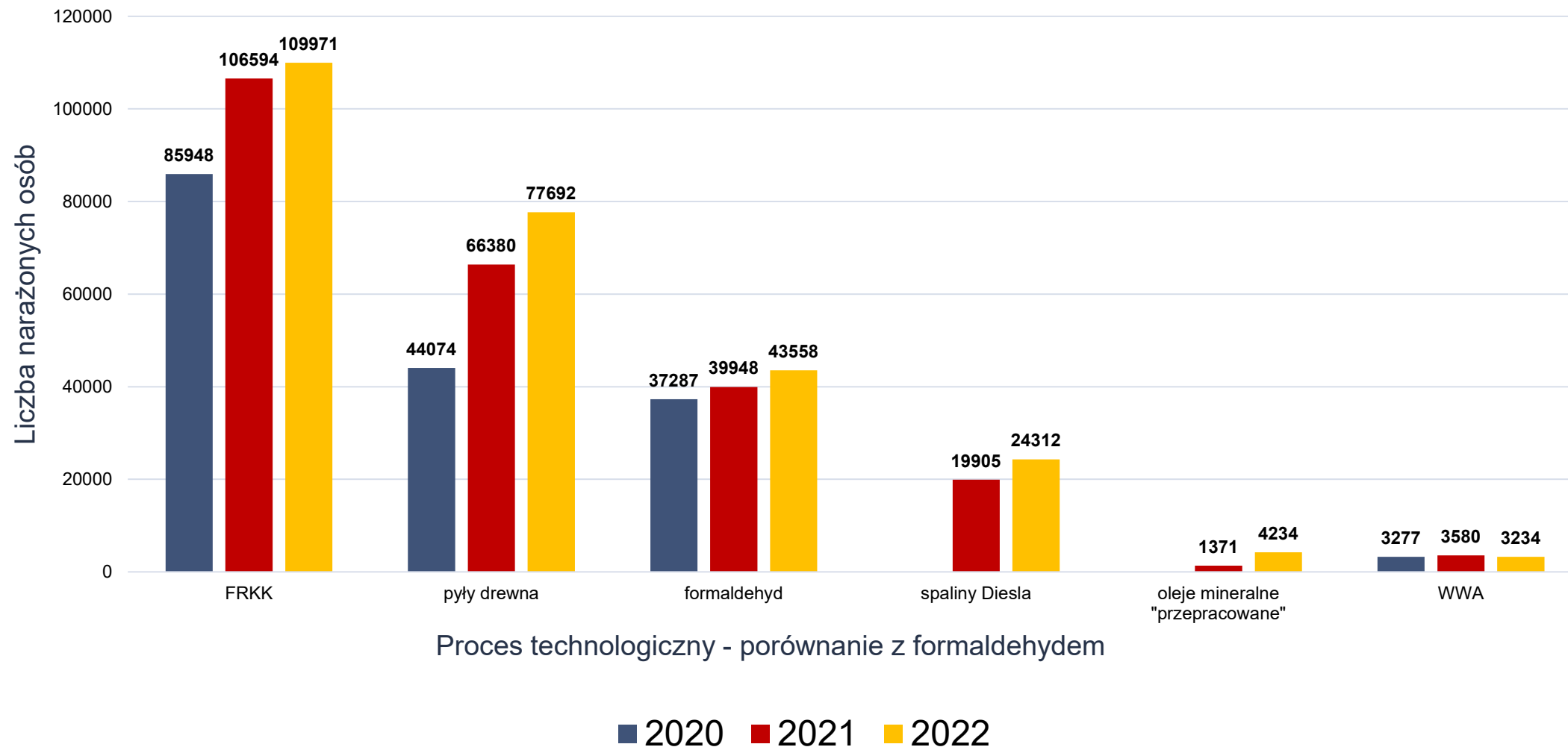
DANE Z CRCR (CENTRALNY REJESTR DANYCH O NARAŻENIU NA SUBSTANCJE CHEMICZNE, ICH MIESZANINY, CZYNNIKI LUB PROCESY TECHNOLOGICZNE O DZIAŁANIU RAKOTWÓRCZYM, MUTAGENNYM LUB REPROTOKSYCZNYM), DOTYCZĄCE PRAC ZWIĄZANYCH Z NARAŻENIEM NA KRZEMIONKĘ KRZYSTALICZNĄ - FRAKCJĘ RESPIRABILNĄ POWSTAJĄCĄ PODCZAS PRACY

Rok	Nazwa substancji / czynnika / procesu	Liczba województw	Liczba zakładów pracy	Liczba narażonych mężczyzn	Liczba narażonych kobiet		Liczba osób narażonych razem
					Razem	<45 lat	
2020	Prace związane z narażeniem na krzemionkę krystaliczną - frakcję respirabilną powstającą podczas pracy	16	1066	82845	3103	1565	85948
2021	Prace związane z narażeniem na krzemionkę krystaliczną - frakcję respirabilną powstającą w trakcie pracy	16	1796	101846	4748	2398	106594
2022	Prace związane z narażeniem na krzemionkę krystaliczną - frakcję respirabilną powstającą w trakcie pracy	16	2362	104822	5149	2663	109971

Liczba zakładów pracy zgłaszających poszczególne procesy technologiczne o działaniu rakotwórczym lub mutagennym do Centralnego rejestru (CRCR) w latach 2020-2022 w porównaniu ze zgłoszeniami formaldehydu



Liczba pracowników narażonych w poszczególnych procesach o działaniu rakotwórczym lub mutagennym w latach 2020-2022 w porównaniu z formaldehydem na podstawie danych z Centralnego rejestru (CRCR)



NAJWYŻSZE DOPUSZCZALNE STĘŻENIA W POWIETRZU ŚRODOWISKA PRACY DLA FRKK

Polska	NDS	Podstawa prawna
Krzemionka krystaliczna (kwarc, krystobalit) – frakcja respirabilna	0,1 mg/m ³	Rozporządzenie w sprawie NDS z dnia 12 czerwca 2018 r.
Krzemionka krystaliczna – frakcja respirabilna	0,1 mg/m ³	Rozporządzenie w sprawie NDS z dnia 24 czerwca 2024 r.
Unia Europejska	OEL	Podstawa prawna
Krzemionka krystaliczna – frakcja respirabilna	0,1 mg/m ³	DYREKTYWA PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY (UE) 2017/2398 z dnia 12 grudnia 2017 r. zmieniająca dyrektywę 2004/37/WE w sprawie ochrony pracowników przed zagrożeniem dotyczącym narażenia na działanie czynników rakotwórczych lub mutagenów podczas pracy

W jaki sposób pracodawcy mają wywiązać się z obowiązku wykonywania pomiarów FRKK?

1. Mianem krystalicznej krzemionki określa się krystaliczne formy polimorficzne ditlenku krzemu, spośród których dominującą formą, zarówno w przyrodzie jak i przemyśle, jest kwarc. Formy krystalizujące w wyższych temperaturach - krystobalit i trydymit - spotyka się rzadziej. Jeszcze mniej rozpowszechniony jest moganit i melanoflogit oraz trwale w warunkach wysokiej temperatury i ciśnienia, praktycznie nie znajduwane w przyrodzie, koezyt, keatyt i stiszowit.
2. Konsekwencją zmiany zapisu w wykazie NDS z 2024 r. jest wymóg oznaczania wszystkich postaci krystalicznej krzemionki na stanowiskach pracy, a nie tak jak dotychczas tylko 2 z ponad 10 jej postaci tj. kwarcu i krystobalitu.
3. Nie jest dostępna odpowiednia metoda pomiarów stężeń frakcji polimorficznych krzemionki krystalicznej w powietrzu środowiska pracy

W jaki sposób pracodawcy mają wywiązać się z obowiązku wykonywania pomiarów FRKK?

1. ECHA definiuje 3 postaci krzemionki krystalicznej:

Cristobalite	238-455-4	14464-46-1
Quartz (SiO ₂)	238-878-4	14808-60-7
Tridymite	239-487-1	15468-32-3

2. Ustalenia normatywne obowiązujące w krajach będących sygnatariuszami porozumienia NEPSI odnoszą się jedynie do 3 odmian polimorficznych: kwarcu, krystobalitu i trydymitu.
3. Brak jest wzorców odpowiednich postaci krzemionki do opracowania właściwej metody analitycznej umożliwiającej oznaczanie wszystkich postaci krzemionki.
4. W Polsce występuje narażenie jedynie na kwarc i krystobalit. Praktycznie nie ma narażenia na pozostałe formy krzemionki krystalicznej.

W jaki sposób pracodawcy mają wywiązać się z obowiązku wykonywania pomiarów FRKK?

Zasadne byłoby wypracowanie jednolitego stanowiska w zakresie podejścia organów nadzoru nad warunkami pracy, pracodawców zobowiązanych na mocy odrębnych przepisów do przeprowadzanie badań i pomiarów czynników szkodliwych na stanowisku pracy, jak i laboratoriów akredytowanych wykonujących ww. oznaczenie, do obowiązku oznaczania frakcji respirabilnej postaci krzemionki krystalicznej.

Czy możliwa jest akceptacja wykonywania przez laboratoria na zlecenie pracodawców tylko dwóch postaci krzemionki krystalicznej tj. kwarcu i krystobalitu, dla których została opracowana metodyka badania?

PROFILAKTYKA POSTĘPOWANIA W ZAKRESIE NARAŻENIA NA FRKK

Profilaktyka postępowania w zakresie narażenia zawodowego na FRKK obejmuje szereg działań mających na celu minimalizowanie ryzyka wystąpienia chorób związanych z inhalacją pyłów krzemionki:

Zastosowanie środków ochrony osobistej (PPE):

Używanie masek ochronnych z odpowiednimi filtrami i noszenie odzieży ochronnej zapobiegającej osadzeniu się pyłu na skórze.

Monitoring środowiskowy:

Regularne monitorowanie poziomu pyłów krzemionkowych w miejscu pracy.

Prowadzenie rejestrów poziomów narażenia i analizy danych w celu identyfikacji potencjalnych zagrożeń.

Szkolenia i edukacja pracowników:

Regularne szkolenia z zakresu bezpiecznego postępowania z materiałami zawierającymi krzemionkę.

Informowanie o zagrożeniach związanych z pyłem krzemionkowym i sposobach ochrony przed nimi.

Organizacja pracy:

Ograniczenie czasu ekspozycji pracowników na krzemionkę krystaliczną poprzez odpowiednie planowanie zadań.

Zastosowanie rotacji pracowników w miejscach o wysokim narażeniu.

Działania techniczne i ulepszanie procesów technologicznych w celu zmniejszenia ilości generowanego pyłu:

Redukcja pylenia: stosowanie mokrych metod obróbki materiałów zawierających krzemionkę w celu zminimalizowania wytwarzania pyłu i używanie systemów odciągów i wentylacji, które redukują ilość pyłu w powietrzu

Instalacja i regularna konserwacja urządzeń filtrujących pył.

Prowadzenie rejestru prac zgodnie z rozporządzeniem MINISTRA ZDROWIA z dnia 26 lipca 2024 r. w sprawie substancji chemicznych, ich mieszanin, czynników lub procesów technologicznych o działaniu rakotwórczym, mutagennym lub reprotoksycznym w środowisku pracy (Dz. U. z dnia 26 lipca 2024 r. Poz.1126)

PROFILAKTYKA cd.

REGULARNE BADANIA LEKARSKIE

(zgodnie z Rozporządzeniem Ministra zdrowia i opieki społecznej z dnia 30 maja 1996 r. w sprawie przeprowadzania badań lekarskich pracowników, zakresu profilaktycznej opieki zdrowotnej nad pracownikami oraz orzeczeń lekarskich wydawanych do celów przewidzianych w Kodeksie pracy Dz.U. 2023 poz. 607)

Czynnik niebezpieczny, szkodliwy lub uciążliwy	Zakres badań profilaktycznych	Częstotliwość badań profilaktycznych
Pyły nieorganiczne zawierające krzemionkę krystaliczną	badanie lekarskie, spirometria, rtg klatki piersiowej	co 2-4 lata; rtg klatki piersiowej w badaniu wstępnym, następne po 4 latach narażenia, kolejne co 2-4 lata; przy stężeniach frakcji respirabilnej krzemionki krystalicznej równej lub powyżej wartości NDS - po 2 latach narażenia badania okresowe co 1 rok; u narażonych na ziemię okrzemkową i krzemionkową badania okresowe co 1 rok łącznie z rtg klatki piersiowej



INSTYTUT MEDYCYNY PRACY IM. PROF. J. NOFERA

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ!

Zapraszam do kontaktu
e-mail: joanna.jurewicz@imp.lodz.pl

