



KANCELARIA SEJMU
Biuro Komisji Sejmowych

BIULETYN

Z posiedzenia:

■ **RADY OCHRONY PRACY**
(NR 47)

Nr 5197/VI kad.
14.06.2011 r.

Tekst bez autoryzacji

Nr 5197/VI kad.

Rada Ochrony Pracy (nr 47)

14 czerwca 2011 r.

Członkowie Rady Ochrony Pracy uczestniczyli w zorganizowanej przez PIP w siedzibie Międzynarodowych Targów Poznańskich konferencji:

– „Nowe zagrożenia w przemyśle – nanotechnologie”.

W konferencji udział wzięli: **Anna Tomczyk** Główny Inspektor Pracy wraz ze współpracownikami, **dr Stella Bujak-Pietrek** z Instytutu Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera w Łodzi, **dr inż. Bożena Malinowska** kierownik ds. rozwoju nanotechnologii w firmie POCH SA oraz **Karen Clayton** i **James Wheeler** przedstawiciele Health and Safety Executive z Wielkiej Brytanii.

Prowadzący dr Michał Wyszkowski – Okręgowy Inspektorat Pracy w Poznaniu:

Witam wszystkich państwa, w szczególności członków Rady Ochrony Pracy, przedstawicieli kierownictwa Międzynarodowych Targów Poznańskich, inspektorów pracy, na dzisiejszej konferencji. Mam nadzieję, że będzie ona impulsem do dyskusji i przemysleń dotyczących stosowania nanotechnologii w procesie pracy.

Witam przedstawicieli brytyjskiej inspekcji pracy, którzy zechcieli przyjąć zaproszenie i przedstawiają nam swoje doświadczenia.

Proszę o zabranie głosu panią dr Stellę Bujak-Pietrek z Instytutu Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera w Łodzi. Referat pani dr nosi tytuł „Narażenie zawodowe na nanocząstki i nanomateriały jako nowy problem higieny pracy”.

Dr Stella Bujak-Pietrek – Zakład Środowiskowy Zagrożeń Zdrowia, Pracownia Aerozoli, Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera w Łodzi:

Na początku chciałabym wprowadzić państwa w zagadnienie nanotechnologii i nanocząstek, następnie przedstawię możliwości oceny ekspozycji zawodowej na nanocząstki w środowisku pracy oraz problemy z tym związane, a także potencjalne efekty zdrowotne wynikające z narażenia na nanocząstki na stanowiskach pracy.

Obecnie nanotechnologia jest chyba najszybciej rozwijającą się dziedziną nauki. Skupia szereg innych gałęzi – biologię, medycynę, fizykę i chemię. Obejmuje produkcję, projektowanie, wytwarzanie i zastosowanie nanomateriałów, nanostruktur i nanocząstek.

Nanocząstki definiowane są jako cząsteczki (obiekty), których przynajmniej jeden wymiar zawiera się w przedziale poniżej 100 nanometrów (nm). Należy pamiętać, że 1 nanometr – to jedna miliardowa część metra. Na odcinku 1 nm można zmieścić 10 atomów wodoru. Są to najmniejsze z możliwych atomów.

Nanocząstki są mniejsze od bakterii. Mają podobne rozmiary jak wirusy, mniejsze białka czy cząsteczki DNA. Bardzo rzadko występują w pojedynczej formie. Najczęściej występują w postaci agregatów, aglomeratów lub innych struktur połączonych w większe całości. Agregaty i aglomeraty są strukturami, które powstają samoczynnie. Różnią się jedynie siłą wiązania między nanocząstkami. Agregaty są bardzo mocno związane np. na skutek kondensacji nanocząstek. Aglomeraty są strukturami luźno związanymi. Mogą występować oddziaływania kapilarne, które będą utrzymywały cząsteczki w postaci jednej struktury. Kolejną strukturą są kompozyty. Różnią się od wyżej wymienionych tym, że są celowo wytwarzane przez człowieka. Wyróżniamy dwa rodzaje kompozytów: nanocząstki naniesione na jakiś materiał w celu poprawy jego właściwości i utworzone w całości z samych nanomateriałów. Wówczas wykazują właściwości wszystkich poszczególnych elementów.

Historia nanotechnologii rozpoczyna się w II połowie ubiegłego wieku. W 1959 r. Richard Feynman wygłosił referat zatytułowany „Tam na dole jest dużo miejsca”. Sformułowanie „na dole” nie oznaczało niższego poziomu, lecz niższy stopień organizacji struktur. Richard Feynman powiedział – w zasadzie przewidział – że w przyszłości będzie

możliwa zmiana rzeczywistości na poziomie atomowym. Przedstawił korzyści wynikające z nanotechnologii. Decydującym momentem w historii nanotechnologii było stworzenie skaningowego mikroskopu tunelowego, dzięki któremu było możliwe modyfikowanie materiałów z atomową precyzją. Innym ważnym momentem było odkrycie nanocząstek węglowych. Przewiduje się, że w przyszłości możliwe będzie modyfikowanie materiałów na poziomie nanocząstek. Nanotechnologia wkracza już do większości dziedzin. W przyszłości będzie zapewne obecna w każdej dziedzinie naszego życia.

Nanotechnologia jest wprawdzie dość nową nauką, ale nanocząstki są od zawsze obecne w środowisku. Są to tzw. nanocząstki naturalne. Najczęściej pochodzą one z procesów spalania lub innych procesów związanych z obróbką termiczną. Natomiast nanocząstki antropogeniczne są wytworzone przez człowieka. Mogą stanowić niezamierzone produkty uboczne procesów technologicznych lub celowo wyprodukowane struktury.

Nanocząstki naturalne – jak wspominałam – pochodzą najczęściej z procesów termicznych np. pożarów lasów, wybuchów wulkanów, ale także z procesów wietrzenia skał, utleniania minerałów. Określamy je jako cząstki ultradrobne. Natomiast definicja nanocząstek obejmuje cząstki o wymiarach nanometrowych, które są celowo wyprodukowane przez człowieka.

Źródłem nanocząstek pochodzenia antropogenicznego, ale powstających przypadkowo mogą być procesy spalania np. w gospodarstwach domowych, w elektrowniach, elektrociepłowniach, ale także emisja spalin z silników. Innym źródłem jest emisja na stanowiskach pracy podczas różnych procesów technologicznych: spawanie, zgrzewanie, wulkanizacja. Nanocząstki mogą być również uwalniane w wyniku procesów mechanicznych: szlifowanie, cięcie, polerowanie.

Nanocząstki zaprojektowane i wytworzone przez człowieka mają rozmiar poniżej 10 nm. Najczęściej są to fulereny, nanorurki węglowe, kropki kwantowe, nanosfery, nanoprety, nanowłókna, liposomy i dendrymery. Wyjątkowo mały rozmiar nanocząstek nadaje im charakterystyczne i specyficzne właściwości, unikatowe w świecie materii. Mają one relatywnie niską masę w porównaniu do pozostałych aerozoli. Kolejne cechy to: duża powierzchnia względem objętości, inna reaktywność, obniżona – o kilkaset stopni – temperatura topnienia w porównaniu do tych samych materiałów występujących w skali makro, tendencja do szybkiej aglomeracji.

Na slajdzie zaprezentowany jest stosunek powierzchni do objętości nanocząstki. Wiadać, że im mniejsza cząsteczka tym większy jest odsetek atomów występujących na jej powierzchni. Na kolejnym slajdzie zaprezentowano na przykładzie złota zmianę właściwości podczas zmniejszania rozmiaru cząsteczki. Złoto, które znamy z życia codziennego ma żółtą barwę oraz temperaturę topnienia powyżej 1000°C, jest chemicznie obojętne. Nanocząstka złota o wielkości 5 nm ma niebieski kolor, jest reaktywna, temperatura topnienia wynosi 450°C. Natomiast nanocząstka złota o wielkości 1 nm ma barwę rubinową, posiada silne właściwości katalityczne, czyli reaktywne, temperatura topnienia wynosi 200°C.

Unikatowe właściwości nanocząstek umożliwiają ich wykorzystanie w wielu dziedzinach np. w medycynie, technice, optoelektronice, chemii i bioinżynierii. Produkty nanotechnologii znalazły zastosowanie w np. w materiałach budowlanych, środkach opatrunkowych, kosmetykach, lekach itp.

Z uwagi na szybki rozwój nanotechnologii, coraz większym zagrożeniem może stać się ekspozycja na nanocząstki projektowane. Narażeni na nie mogą być pracownicy zatrudnieni przy ich produkcji czy obróbce, ale również osoby użytkujące nanoprodukty.

Chciałabym teraz przedstawić problemy dotyczące oceny narażenia. Przeprowadzono bardzo mało badań zagrożenia nanocząstkami w warunkach pracy. Większość badań jest w trakcie planowania, organizowania lub wykonywania. Nie dysponujemy zatem miarodajną informacją o narażeniu. Chciałabym również zwrócić uwagę na brak przepisów prawnych regulujących i określających standardy higieniczne, które obowiązywałyby przy produkcji i zastosowaniu nanocząstek. Nie ma także norm pomocnych przy ocenie ryzyka. Istnieje sprzęt do monitorowania nanocząstek, ale wciąż problemem badawczym pozostaje właściwy dobór aparatury pozwalającej na pomiar w powietrzu cząstek o bardzo małych wymiarach.

Nie wiemy, jaki parametr nanocząstek powinien być mierzony (masa, liczba, pole powierzchni czy rozkład wielkości). W przeciwieństwie do stężenia masowego, stężenie liczbowe nanocząstek jest w większości przypadków dość wysokie. Ponadto wiele doniesień wskazuje, że nie masa cząsteczek występujących w powietrzu, ale ich liczba i powierzchnia są parametrami, które w przypadku efektów zdrowotnych mogą mieć dużo istotniejsze znaczenie. Prace z ostatnich lat wykazały, że o toksyczności cząstek i potencjalnym efekcie zdrowotnym u człowieka może decydować nie tyle liczba nanocząstek w objętości powietrza, ale właśnie ich powierzchnia.

Dotychczasowe badania aerozoli, czyli pyłów przemysłowych na stanowiskach pracy są prowadzone metodą grawimetryczną. Jest to najpowszechniej stosowana metoda pomiaru emisji pyłów na stanowiskach pracy. Inna metoda polega na stosowaniu liczników laserowych, które mierzą stężenie masowe, liczbę i rozkład wielkości cząstek pyłu.

Natomiast nanocząstki są zbyt małe, aby mogły być badane metodą grawimetryczną i mierzone tradycyjnymi licznikami laserowymi. Jeżeli chcielibyśmy przeprowadzić pomiar ekspozycji na nanocząstki, to powinniśmy najpierw stwierdzić, który z parametrów – masa, liczba, pole powierzchni czy rozkład wielkości – ma istotne znaczenie dla efektów zdrowotnych.

Masa może nie stanowić dobrego wskaźnika oceny narażenia na nanocząstki. Wykazano, że całkowita masa nanocząstek wchodzących w skład pyłu na stanowiskach pracy jest bardzo mała – mniej niż 1%. Natomiast liczba tych cząsteczek może sięgać ponad 80% – niektóre źródła podają, że ponad 90% – ogółu cząstek pyłu na stanowiskach pracy.

Do pomiaru masy nanocząstek można wykorzystać monitor stężenia aerozolu w powietrzu. Jest to fotometr laserowy, którym mierzy stężenie masowe aerozolu w czasie rzeczywistym w zakresie do 400 mg/m^3 . To urządzenie doskonale nadaje się do pomiarów na stanowiskach pracy, bo posiada wersję przenośną i stacjonarną. Zlicza cząsteczki o rozmiarach poniżej 1 mikrometra, czyli do 1000 nm. Zatem pomiar jest nieprecyzyjny.

Lepsze przybliżenie daje pomiar stężenia liczbowego nanocząstek. Można tu wykorzystać kondensacyjny licznik cząstek. To urządzenie powiększa rozmiar nanocząstek do wielkości mierzalnej w układzie laserowego licznika optycznego. Próbkę aerozolu przechodzi przez saturator, którego ciepło powoduje parowanie cieczy służącej do kondensacji. Następnie powietrze i para są kierowane do kondensatora, w którym następuje ochłodzenie strumienia. Dochodzi do przesylenia par, a następnie do ich kondensacji na cząstkach obecnych w strumieniu próbki powietrza, powiększając je do rozmiarów, które mogą być zliczane przez licznik laserowy.

To urządzenie jest bardzo dobrze dostosowane do pomiarów w środowisku pracy. Jest łatwe w obsłudze. W wersji przenośnej zasilane na baterie. Wadą urządzenia jest to, że nie dokonuje pomiaru rozkładu wielkości cząstek.

Możliwość pomiaru rozkładu wielkości nanocząstek daje klasyfikator zróżnicowanej ruchliwości cząstek. To urządzenie dokonuje w czasie rzeczywistym detekcji stężenia liczbowego, a ponadto selekcjonuje cząstki według rozmiaru dając obok stężenia również rozkład wielkości cząstek. Cząsteczki nanoaerozolu zostają obdarzone ładunkami elektrostatycznymi. Wielkość ładunku zależy od rozmiaru cząstek. Następnie na podstawie tego ładunku cząsteczki są selekcjonowane, klasyfikowane i zliczone w różnych zakresach wielkości.

Zaletą urządzenia jest wysoka rozdzielczość i dokładność, rozmiar zliczanych cząstek 2-1000 nm, szerokie spektrum analizowanych stężeń oraz pomiar liczby cząstek i ich wielkości. Wadą jest brak wersji przenośnej. Jest to urządzenie stacjonarne. Może być stosowane jedynie w warunkach laboratoryjnych, a nie na stanowiskach pracy.

Innym parametrem często wskazywanym w literaturze służącym do oznaczenia liczby nanocząstek w środowisku jest pomiar pola powierzchni. Pierwszym urządzeniem skonstruowanym do tego pomiaru jest epiphaniometr. Zasada jego działania wykorzystuje pomiar szybkości przyłączania jonów radioaktywnych do powierzchni nanocząstek. To urządzenie – ze względu na zastosowanie w nim radioaktywnego źródła – nie znalazło powszechnego zastosowania do oceny czystości powietrza w miejscu pracy.

Obecnie do pomiaru pola powierzchni nanocząstek stosowany jest monitor nanocząstek aerozoli. Aparat oblicza i pokazuje powierzchnię cząstek pyłów osadzających się

w płucach. Pomiary wykonane monitorem cząstek doskonale korelują z modelami teoretycznymi opisującymi zjawisko przedostawania się aerozoli do poszczególnych części płuc. Urządzenie oblicza i pokazuje powierzchnię cząstek osadzających się w regionach płuc opisywanych jako TB (Tracheobronchial) i A (Alveolar), a nie wszystkich pyłów przedostających się do płuc.

Właściwości, które mogą wpływać na toksyczność nanocząstek to ich rozmiar, kształt, skład chemiczny i pole powierzchni, a także skład warstwy powierzchniowej, rozpuszczalność, zwłaszcza w płynach ustrojowych. Istotnym czynnikiem wpływającym na efekty zdrowotne jest czas narażenia, stężenie nanocząstek w środowisku pracy. Duże znaczenie ma także droga narażenia na nanocząstki. Najpowszechniejszą jest droga inhalacyjna, następnie dermalna – przez skórę i pokarmowa. Nanocząstki ze środowiska pracy mogą przedostawać się do oczu powodując podrażnienia.

Wśród efektów zdrowotnych – opisywanych w literaturze – które mogą wystąpić po narażeniu na nanocząstki należy wymienić choroby układu oddechowego i układu krążenia. Mogą też wystąpić podrażnienia oczu i dróg oddechowych, zaburzenia w funkcjonowaniu śródbłonna naczyń, wrażliwość na infekcje dróg oddechowych, w skrajnych przypadkach przewlekłe choroby płuc – zmiany zwłóknieniowe oraz nowotwory.

Jeśli chodzi o narażenie na nanocząstki projektowane, to obecnie badania ograniczone są wyłącznie do badań eksperymentalnych na zwierzętach i liniach komórkowych. Narażenie na nanocząstki drogą oddechową może być przyczyną postępujących procesów zwłóknieniowych nawet po pojedynczym czy krótkotrwałym narażeniu. Możliwy jest transport nanocząstek z płuc do układu krążenia i poprzez naczynia do różnych organów i układów, w tym również do mózgu.

W odniesieniu do mechanizmów komórkowych, badania eksperymentalne wskazują, iż zasięg tych procesów zależy od kilku czynników, wśród których należy wymienić: rozpuszczalność cząstek w płynach biologicznych, rozmiar cząstek lub agregatów, które tworzą, rodzaj tkanki docelowej i integralność śródbłonna.

Stres oksydacyjny spowodowany produkcją wolnych rodników jest zasadniczym mechanizmem, poprzez który nanocząstki mogą przyczyniać się do wywoływania niekorzystnych objawów zdrowotnych. Odpowiedź w postaci stresu oksydacyjnego może pojawiać się z różną szybkością w zależności od rodzaju nanocząstek, przy czym cząstki metali przejściowych znacznie przyspieszają ten proces.

Wolne rodniki – powstałe w procesie stresu oksydacyjnego – powodują uszkodzenia struktur biologicznych – białek, lipidów, cząsteczek DNA. Stres oksydacyjny może również indukować reakcję zapalną w komórkach poprzez m.in. aktywację czynników transkrypcyjnych. W badaniach in vitro obserwowano istotny spadek poziomu zredukowanego glutationu, spadek aktywności dysmutazy ponadtlenkowej oraz wzrost produkcji peroksydacji lipidów.

Narażenie na nanocząstki podczas ich produkcji i stosowania w różnych dziedzinach stanowi istotny problem higieny pracy wymagający szczegółowych badań. Oddzielnych analiz wymaga ustalenie metodyki oceny poziomu ekspozycji na nanocząstki. Efekty zdrowotne powinny być przedmiotem zintensyfikowanych badań w narażonych populacjach.

Prowadzący dr Michał Wyszkowski – Okręgowy Inspektorat Pracy w Poznaniu:

Dziękujemy za przedstawienie zagrożeń zawodowych związanych z wykorzystaniem nanotechnologii w procesie pracy, a także za prezentację podstawowych problemów w zakresie oceny narażenia zawodowego wynikającego ze stosowania nanotechnologii.

Proszę o zabranie głosu panią dr inż. Bożeną Malinowską kierownika ds. rozwoju nanotechnologii w firmie POCH SA. Wystąpienie pani dr jest zatytułowane „Nanomateriały – od pomysłu do komercjalizacji”.

Kierownik ds. rozwoju nanotechnologii w firmie POCH SA dr inż. Bożena Malinowska:

Jestem jedynym przedstawicielem przemysłu wśród dzisiejszych prelegentów. W Polsce wciąż brakuje dyskusji na temat nanotechnologii oraz bezpieczeństwa i zagrożeń, jakie niesie. Firma POCH SA przed pięciu laty podjęła decyzję o realizacji projektu w zakresie nanotechnologii. Chciałabym przedstawić jego realizację i obecny stan.

Swoją prezentację podzieliłam na trzy części. Pierwsza dotyczy nanotechnologii, druga – to studium przypadku, a trzecia – przedstawia firmę.

Mówiliśmy, że nanotechnologia jest interdyscyplinarną dziedziną. Wspomnieliśmy, kiedy powstała. Chciałabym zwrócić uwagę, że nanotechnologia obejmuje nie tylko związki, ale również ich projektowanie i wytwarzanie. Jest to bardzo szerokie zagadnienie. Nanotechnologia – definiowana w aspekcie politycznym i gospodarczym – jest dziedziną, której poziom rozwoju decyduje o pozycji danego kraju w globalnej gospodarce.

Na prezentowanym slajdzie przedstawiono kilka państw i ich strategie – bądź ich brak – w dziedzinie nanotechnologii. Na pierwszym miejscu wymieniłam Japonię, aczkolwiek nie powinnam. Bo liderem w rozwoju nanotechnologii są Stany Zjednoczone. Wydają najwięcej pieniędzy, udzielają największych dotacji na badania w tym zakresie. Posiadają bardzo interesującą strategię w tej dziedzinie, na której wzorują się inne państwa np. Japonia, Tajwan, Korea czy Chiny. One traktują nanotechnologię jako główny czynnik rozwoju gospodarczego. Unia Europejska nie posiada strategii dotyczącej nanotechnologii, mimo zapowiedzi przygotowania dokumentu obejmującego lata 2010 – 2015. Przeprowadzono badania opinii publicznej, która Komisji Europejskiej będzie podstawą opracowania strategii. Nie wiemy, co ona będzie zawierać. Polska również nie ma strategii w dziedzinie nanotechnologii, aczkolwiek w 2006 r. opracowano dokument „Nanotechnologia i nanonauka. Strategia dla Polski”, który uwzględniał jedynie aspekty naukowe, natomiast pomijał kwestie przemysłu. Sądzę, że przedstawiciele przemysłu powinny być włączeni w dyskusję na ten temat. Uważam, że powinniśmy wspólnie rozmawiać na temat tworzenia nowych regulacji.

Wśród państw europejskich Wielka Brytania posiada bardzo dobrą strategię rozwoju nanotechnologii. Jest ona przykładem bardzo dobrej współpracy rządu, organów legislacyjnych i przemysłu. Wielka Brytania zajmuje czwarte miejsce w świecie pod względem rozwoju nanotechnologii.

Mówiliśmy o zastosowaniu nanotechnologii. Chciałabym zwrócić uwagę na dwa z nich. Po pierwsze w teleinformatyce. To jest przyszłość. Po drugie – life science, czyli wszystkie nauki związane z medycyną oraz życiem ludzkim i innych istot.

Podstawową kwestią, która ma określić nanotechnologię jest definicja. Ale już na tym poziomie jest spór. Na slajdzie przytoczyłam dwie definicje. Pierwsza – to polska definicja z 2006 r. Zgodnie z nią, nanotechnologia – to projektowanie i wytwarzanie struktur, w których przynajmniej jeden rozmiar jest poniżej 100 nm i które posiadają nowe właściwości wynikające z nanorozmiaru. Proszę zwrócić uwagę, że występuje tu koniunkcja przynajmniej jednego rozmiaru poniżej 100 nm i innych nowych właściwości. W Parlamencie Europejskim trwa spór dotyczący brzmienia definicji.

Druga definicja dotyczy nonomateriału, zawarta jest w dyrektywie kosmetycznej. Definiuje nanomateriał jako nierozpuszczalny lub biotrwały i celowo wyprodukowany materiał, posiadający co najmniej jeden wymiar zewnętrzny lub strukturę wewnętrzną w skali od 1 do 100 nm. Struktura wewnętrzna – to porowatość. Zastanówmy się, czym są pory? Świadczą one o powierzchni właściwej. Nanozwiązkiem o ogromnej powierzchni właściwej jest np. węgiel aktywny.

Kolejną definicją jest definicja ISO. Mówi ona o nanoobjektach i różnicach wymiarów w skali nano. Jest to dość istotna sprawa z punktu widzenia właściwości nanomateriałów. Pani dr zaprezentowała wcześniej slajd na temat koloru złota. Przypominam, że już Fenicjanie używali metali w skali nano do barwienia szkła. Efekt barwny zależy nie tyle od rozmiaru nanocząstki, ale także od jej kształtu i stężenia.

Na następnym slajdzie przedstawiono kolejne definicje, zawarte w raporcie Urzędu ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA). Nie będę ich omawiać. Na uwagę zasługuje sprawozdanie z posiedzenia Parlamentu Europejskiego w sprawie aspektów regulujących nanomateriały. Podkreślono w nim, że dyskusję o nanomateriałach cechuje znaczny brak wiedzy i informacji, co prowadzi do niezgody i sporów politycznych, począwszy od poziomu definicji. Wciąż czekamy na definicję. Jest to ważna sprawa dla przedsiębiorców.

Chciałabym teraz przejść do studium przypadku. Jeżeli chodzi o innowacje, to proces zaczyna się od pomysłu i współpracy przedstawiciela przemysłu z jednostką naukową. POCH SA nawiązał współpracę z Politechniką Wrocławską w zakresie produkcji nano-

materiałów. Następnie zaprojektowaliśmy linię produkcyjną. W wyborze innowacyjnej technologii dla danego przedsiębiorcy ma znaczenie ogólna światowa tendencja. Wszyscy kierowali się 7 Programem Ramowym, w ramach którego przeznaczono bodajże 3,5 mld euro na dofinansowanie rozwoju nanotechnologii jako instrumentu innowacyjności. Agencja Rozwoju Przemysłu przyznaje środki – m.in. kredyt technologiczny dla przedsiębiorców – na rozwój nanotechnologii. POCH SA nie zabiegał o dofinansowanie. Natomiast Wrocławskie Centrum Technologiczne otrzymało dofinansowanie w kwocie 200 mln euro na nanotechnologie.

Slajd przedstawia stadia realizacji pomysłu. Najpierw jest faza jego akceptacji. Zarząd i rada nadzorcza akceptując projekt biorą pod uwagę ok. 20 czynników. W procesie akceptacji uczestniczą wszystkie działy przedsiębiorstwa – rozwoju, kontroli, marketingu, finansowy. Niestety, w naszym przypadku zabrakło prawników, którzy mogliby już wtedy przewidzieć ryzyko, z jakim później będziemy musieli się zderzyć. Dotyczy ono niewiadomej w zakresie regulacji unijnych.

Innowacjom, w tym wypadku nanotechnologii, zawsze towarzyszy pewne ryzyko. Ze znanych mi materiałów wynika, że w Unii Europejskiej obawa przed nanomateriałami wynika z ich wielkiej powierzchni aktywnej, a także z nowych, nieznanych właściwości w rozmiarze makro oraz absorpcji przez skórę (stratum corneum, czyli skórę właściwą). Z badań klinicznych przeprowadzonych w Japonii wynika, że nanocząstki poniżej 15 nm mogą przenikać do organizmu przez skórę.

Jeśli chodzi o potencjalne zagrożenia, to należy wskazać następujące obszary: bezpieczeństwo pracy, środowisko, konsumenta i biznes. W przypadku potencjalnych zagrożeń bezpieczeństwa pracy, środowiska i konsumenta istotne znaczenie ma fakt, że nanomateriał może przedostać się do organizmu żywego. Badania toksyczności mogą wykluczyć lub potwierdzić ryzyko, w tym m.in. ekotoksykologiczne, teratogenności, mutagenności itp. zarówno *in vitro*, jak i *in vivo*. W Polsce można zgłosić się do instytucji, która wykonuje te badania. Ta z kolei może zlecić ich wykonanie np. naszym sąsiadom Czechom lub Słowakom.

Koszt badań toksykologicznych wnosi ok. 1,5 mln euro. Jest to ogromna kwota, szczególnie dla małego i średniego przedsiębiorcy. Przed podjęciem decyzji należy brać pod uwagę aspekty etyczne, ekonomiczne i naukowe. Należy zatem zastanowić się, czy jest konieczne wykonywanie wszystkich badań, jeżeli zostały one wykonane np. w Stanach Zjednoczonych. Pojawia się jednak pewien problem, ponieważ ich wyniki są chronione przez prawo. Natomiast w Europie dyrektywa o produktach biobójczych przewiduje opłatę za skorzystanie z wyników badań przeprowadzonych przez inny podmiot. Dyrektywa chroni przez 10 lat przedsiębiorcę, który wykonał badania. Nie wiadomo, jakie są koszty kupna wyników badań. Przypuszczam, że bardzo wysokie, ponieważ do przedsiębiorcy, który wykonał już badania, zazwyczaj zwraca się konkurent. Dlaczego miałby wspomagać konkurenta?

Uważam, że wyniki tych badań powinny być dostępne. Np. na stronach WHO zamieszczone są wyniki badań toksyczności srebra, złota i innych związków. Nie ma jeszcze ogólnodostępnych wyników badań dotyczących nanotechnologii, ponieważ nie zostały jeszcze przeprowadzone.

Chciałabym teraz przejść do zagrożeń biznesowych. Na prezentowanym slajdzie wymieniono kilka tych zagrożeń. Zwracam uwagę na stanowisko Parlamentu Europejskiego, które przewiduje, iż „w kontekście nanotechnologii i wykorzystania nanomateriałów należy wyraźnie obarczyć odpowiedzialnością producentów i pracodawców”. Uważam, że nie jest to dobre stanowisko. Potrzebna jest dyskusja i współpraca wszystkich środowisk, które mają wpływ na rozwój.

Przejdę do naszego produktu. Jest nim Navia. To nazwa własna technologii, zarejestrowana w UE. Na slajdzie zaprezentowany jest wynik badania transmisyjnego wykonanego mikroskopem elektronowym. Badaniu została poddana krzemionka amorficzna z nanocząstkami srebra, wykorzystywana w farmacji jako wypełniacz, a także w innych gałęziach przemysłu. Czarne kropki – to nanocząstki srebra. Te cząstki w większości mają wielkość 10 nm. Srebro jest na stałe związane z krzemionką. Obecnie nie ma ogólnodostępnej technologii, która umożliwiałaby odłączenie srebra od krze-

mionki. Zatem badając zawartość srebra w takim produkcie stosujemy nowoczesne metody analizy instrumentalnej.

Sam produkt – krzemionka ze srebrem ma wielkość 500 nm. Ale spełnia warunki definicji, bo jeden wymiar jest w nanoskali. Ten związek ma m.in. właściwości antyalergiczne, przeciwłupieżowe, biobójcze, biostatyczne, grzybobójcze, redukuje nieprzyjemne zapachy. Stosowany jest w tkaninach, kosmetykach, tworzywach sztucznych. W zależności od zastosowania może mieć właściwości, które są niezbędne w danym przypadku.

Badaliśmy również powierzchnię materiału za pomocą metody ASP. Jest to najnowocześniejsza metoda do badania powierzchni. Współpracowaliśmy z Polską Akademią Nauk. Zatem wyniki tych badań są jak najbardziej miarodajne.

Przeprowadziliśmy także testy in vivo: toksyczność ostrą doustną, toksyczność ostrą skórą, drażnienie skóry i drażnienie oka, zgodnie z wytycznymi OECD. Testy nie wykazały żadnych toksycznych właściwości.

Przeprowadziliśmy też badania dermatologiczne wspólnie ze Specjalistycznym Laboratorium Badawczym ITA-TEST z Warszawy. Badania przeprowadzono na 60 osobach z dodatnim wywiadem alergologicznym. Dowiodły one, że preparat NAVIA nie wykazuje właściwości uczulających, co oznacza, że spełnia wymogi bezpieczeństwa dla zdrowia ludzi określone w ustawie o kosmetykach.

Uzyskaliśmy pozwolenie na obrót produktem do 2014 r. z możliwością przedłużenia o następne dwa lata. Uzyskaliśmy wstępną rejestrację w REACH. Te działania wymagały pewnych nakładów finansowych. Jeżeli prawo zmieni się, to trzeba będzie dokonać ponownej rejestracji i przeprowadzić stosowne badania. Mamy również inne patenty.

Współpracujemy z Centralnym Instytutem Ochrony Pracy – Państwowym Instytutem Badawczym oraz Europejską Agencją Bezpieczeństwa i Zdrowia w Pracy w realizacji projektu unijnego „Collection of case studies – dangerous substances – nanomaterials at the workplace”. Jesteśmy w trakcie drugiego etapu. Przygotowujemy materiały dotyczące naszego procesu produkcyjnego.

Czy istnieją zagrożenia dla naszych pracowników? Byłyby, gdyby produkt nie spełniał wszystkich wymogów. Ale produkcji towarzyszą opary etanolu, co może być pewnym zagrożeniem. Produkcja nie polega na tworzeniu pojedynczych nanocząstek. Gotowy związek powstaje w piecu. Narażenie pracowników może wystąpić w chwili wyjmowania produktu. Przez 1,5 godzinny następuje tzw. uśrednienie partii. Pracownicy są wyposażeni w ubrania ochronne i środki ochrony osobistej – rękawice, okulary. Czy to wystarczy? Mam nadzieję, że uczestnictwo w realizacji wspomnianego wyżej projektu unijnego da odpowiedź na to pytanie.

Przeprowadziliśmy również badania skuteczności produktu. Nasze metody badawcze zostały zaakceptowane przez Urząd Rejestracji Produktów Leczniczych, Wyrobów Medycznych i Produktów Biobójczych. Jako pewną ciekawostkę chciałabym wymienić badania olfaktoryczne. Eksperci badali tkaniny, którymi były wyłożone buty. Jedne tkaniny zawierały NAVIĘ, inne – nie. Eksperci nie wiedzieli, która z tkanin zawiera produkt, a która nie zawiera. Wykres przedstawia ocenę po 4 tygodniach. Kolorem pomarańczowym zaznaczono obuwie, w którym była tkanina z NAVIĄ, szarym – obuwie, w którym zastosowano tkaninę tradycyjną. Po 4 tygodniach noszenia to drugie wydzielalo bardzo silny zapach.

Przeprowadziliśmy także badania przeciwłupieżowe, testy antybakteryjne i przeciwgrzybicze produktów NAVIA.

Chciałabym zaapelować, aby analizując nanozwiązki nie traktować ich w ten sam sposób. Chcemy dyskusji na ten temat. Przemysł jest otwarty na współpracę w tym zakresie.

Firma POCH SA zatrudnia 346 osób. W 2010 r. jej obroty wyniosły prawie 110 mln zł. Wkrótce wejdzie w skład Avantor Performance Materials. Umowę przedwstępną podpisano 20 kwietnia br. Obecnie umowa jest analizowana przez UOKiK.

Prowadzący dr Michał Wyszkowski – Okręgowy Inspektorat Pracy w Poznaniu:

Dziękujemy za przedstawienie zastosowania nanotechnologii w przemyśle. Proszę o zabranie głosu panią Karen Clayton przedstawicielkę Health And Safety Executive

z Wielkiej Brytanii. Wystąpienie pani Clayton nosi tytuł „Ocena ryzyka zawodowego w pracy z nanomateriałami”.

Przedstawicielka Health And Safety Executive (Wielka Brytania) Karen Clayton:

Chciałabym podziękować Państwowej Inspekcji Pracy za zaproszenie na dzisiejszą konferencję. Wspólnie z kolegą postaramy się opisać rolę naszych służb w zakresie kontroli rynku pracy, uwarunkowania legislacyjne. Przedstawimy również kwestie związane z zarządzaniem ryzykiem oraz podejmowane przez nas inicjatywy.

Naszym zadaniem jest zapobieganie zagrożeniom – m.in. związanymi z nanotechnologiami – które występują w miejscu pracy. Od prawie 20 lat zajmujemy się tymi kwestiami. Na początku zajmowaliśmy się głównie nanocząstkami powstającymi przy obróbce materiałów np. przy obróbce skrawaniem.

W przypadku każdej nowej technologii pojawiają się nowe zagrożenia. Nanomateriały reagują na różne sposoby. Nasza wiedza o tradycyjnych materiałach nie dotyczy tego, z czym mamy do czynienia w przypadku nanotechnologii. Zatem bardzo ważne jest zrozumienie problemu i zarządzanie ryzykiem, aby nanotechnologie wykorzystywać w bezpieczny sposób. Nasze działania zmierzają w tym kierunku. Jesteśmy organem regulacyjnym, ale z drugiej strony – staramy się wspierać rozwój nanotechnologii.

W marcu ub.r. Wielka Brytania ogłosiła strategię dotyczącą nanotechnologii. Ten dokument przypisuje specjalną rolę naszym służbom. Naszym zadaniem jest wspieranie programu badań, aby lepiej zrozumieć ryzyka związane z nanotechnologiami. W celu wywiązania się z obowiązków nałożonych przez strategię, opracowaliśmy własny dokument, który przewiduje m.in. studialne interdyscyplinarne podejście do nanotechnologii. Chcemy wypełnić pewną lukę w wiedzy na ten temat. W te działania zaangażowani są specjaliści w zakresie bezpieczeństwa procesowego, bhp, zdrowia, standardów, pomiarów itp. Współpracujemy z partnerami z biznesu i środowiska nauki. Nasze służby działają w ramach brytyjskiego forum, w skład którego wchodzi przedstawiciele świata badawczego, ochrony środowiska, a także firm zajmujących się nanotechnologią. Jest tam również wielu partnerów z sektora prywatnego. Dzielimy się wiedzą. Uczestniczymy w projektach europejskich. Współpracujemy również ze służbami ze Stanów Zjednoczonych i Australii.

Ustawodawstwo brytyjskie, w tym ustawa o bhp z 1974 r. umożliwiają odpowiednie zajęcie się kwestią nanomateriałów. Nasze prawo przewiduje, że obowiązkiem każdego pracodawcy jest zapewnienie zdrowych i bezpiecznych warunków pracy. Ten zapis ma charakter ogólny, ale to powoduje, że nie musimy go aktualizować.

Mamy też szereg innych dodatkowych aktów prawnych, m.in. ustawę o kontroli substancji niebezpiecznych dla zdrowia, która dotyczy ochrony pracowników przed skutkami kontaktu z tymi substancjami. Jeden z przepisów wspomnianej ustawy reguluje kwestie związane z oceną ryzyka narażenia na tego rodzaju substancje. Wymienia również działania, które należy podjąć w celu ochrony pracowników narażonych na kontakt z substancjami niebezpiecznymi. W naszej pracy uwzględniamy te wytyczne.

Funkcjonują również inne przepisy, m.in. dotyczące substancji niebezpiecznych w środowisku wybuchowym. Chciałabym też wskazać na europejską dyrektywę REACH.

Nasze służby są również zaangażowane w działania grupy roboczej, zajmującej się wdrażaniem tej dyrektywy w Wielkiej Brytanii. W ramach tej grupy działamy w podgrupie zajmującej się nanotechnologiami.

Jeżeli chodzi o zarządzanie ryzykiem, to naszym celem jest przede wszystkim ochrona ludzi, a nie wypełnianie pewnych obowiązków biurokratycznych. Gdyby wierzyć temu, co pisze brytyjska prasa to można by pomyśleć, że nasze działania polegają na powstrzymaniu ludzi przed robieniem czegokolwiek, co może się źle skończyć. To nie jest nasz cel. Naszym celem jest zapewnienie równowagi między bezpieczeństwem z jednej strony, a – osiągnięciem odpowiedniego wzrostu gospodarczego z drugiej.

Nanomateriały są czymś nowym. Nie wiemy, jakie mają właściwości toksykologiczne. Dlatego zalecamy ostrożne podejście do kwestii zarządzania ryzykiem w przypadku nanomateriałów.

Przekażę teraz głos panu Jamesowi Wheelerowi, który przedstawi praktyczne przykłady radzenia sobie z nowymi zagrożeniami w przemyśle.

Przedstawiciel Health And Safety Executive (Wielka Brytania) James Wheeler:

Bardzo istotne jest kontrolowanie narażenia w miejscu pracy. Mówiono dzisiaj, że nono-technologie ma charakter interdyscyplinarny. Ale niektórzy naukowcy nie znają dobrze zagrożeń związanych z nanotechnologiami. Dlatego musimy zmienić ich nastawienie. Postawę niektórych z nich dobrze ilustruje slajd, który przedstawia strusia z głową schowaną w piasek. Wielu naukowców z naszych uniwersytetów twierdzi, że nie ma ryzyka i problemów zdrowotnych. Z kolei inni prezentują skrajnie odmienne poglądy. Dlatego musimy zapewnić równowagę.

Szczególna sytuacja nanotechnologii wynika z powierzchni nanocząstek. Złoto w normalnej postaci jest zasadniczo niegroźne, ale w postaci nanocząstek staje się toksyczne. Dlatego należy opracować charakterystykę nanomateriałów. One mogą wnikać do organizmu człowieka wraz z posiłkiem, przez inhalację, zastrzyki, a także kontakt ze skórą. Zatem należy zastanowić się nad sposobem wykorzystywania nanomateriałów.

Jeśli chodzi o potencjalne zagrożenia zdrowia, to przeprowadzono badania na ludziach i zwierzętach. Wdychane nanomateriały mogą następnie przez układ krwionośny przedostać się do różnych organów ciała. Dane wskazują, że wdychane nanomateriały mogą powodować zapalenia i zwłóknienia. Wiemy, że niektóre z nich są potencjalnie niebezpieczne.

W jaki sposób oceniamy zarządzanie ryzykiem? Najpierw oceniamy zagrożenie, jakie wynika z fizycznych i chemicznych właściwości. Z ostatnich badań wynika konieczność scharakteryzowania nanomateriałów. Musimy wiedzieć jaka jest ich powierzchnia i rozmiar. Wyniki badań toksykologicznych, które na początku nie charakteryzują nanomateriałów, są wątpliwe. Następnie trzeba ocenić narażenie pracowników, szczególnie zwracając uwagę na to, aby materiały nie unosiły się w powietrzu i nie miały kontaktu ze skórą. Dalej – trzeba wykorzystać środki kontroli, aby obniżyć narażenie pracowników na te substancje. Należy zapewnić środki ochrony osobistej. Trzeba też zorganizować szkolenia pracowników w zakresie odpowiedniego postępowania z nanomateriałami. Ponadto trzeba przeprowadzić okresową kontrolę indywidualnych środków ochrony. Można też przeprowadzać kontrolę inżynierską.

W przypadku dużej liczby nanomateriałów należy oddzielić źródło powstawania nanocząstek od pracowników. Trzeba też wykorzystywać wyciągi miejscowe, które muszą charakteryzować się wysoką skutecznością. Mamy program dotyczący wyciągów miejscowych. Uważamy, że w tym przypadku w szerokim zakresie powinny być wykorzystywane filtry HEPA w celu uniemożliwienia przedostawania się nanocząstek do środowiska.

Bardzo ważna jest konserwacja i czyszczenie urządzeń. Pracownicy dokonujący tych czynności są również narażeni na nanocząstki. Dlatego istotne znaczenie mają dobre procedury. W przypadku czyszczenia miejsca pracy trzeba wykorzystywać odkurzacze z filtrem HEPA lub dokonywać czyszczenia na mokro. Należy zapewnić, aby nie dochodziło do konsumpcji napojów i żywności w miejscu pracy oraz wydzielić odpowiednie miejsca – szatnię, łazienkę itp.

Chciałbym teraz przekazać głos pani Karen Clayton.

Przedstawicielka Health And Safety Executive (Wielka Brytania) Karen Clayton:

Obecnie wykorzystujemy naszą wiedzę i doświadczenie zdobyte w ciągu kilku lat. Przygotowaliśmy wytyczne dla przemysłu – dla pracodawców i pracowników pracujących z nanomateriałami. Opublikowaliśmy je w 2008 r. Drugie wydanie było w styczniu 2011 r.

Współpracujemy z instytutami badawczymi i szkołami wyższymi. Przygotowujemy również we współpracy m.in. z Instytutem Medycyny Pracy i Instytutem Nanotechnologii ogólne wytyczne, które zostaną opublikowane w marcu 2012 r. Planujemy także zorganizowanie konferencji międzynarodowej w 2020 r.

Prowadzimy badania ankietowe, których celem jest określenie liczby pracowników, którzy mają kontakt z projektowanymi nanocząstkami. Część naszej strony internetowej poświęcona nanotechnologii jest na bieżąco aktualizowana.

Prowadzący dr Michał Wyszkowski – Okręgowy Inspektorat Pracy w Poznaniu:

Dziękujemy za interesującą prezentację. Chciałbym prosić panią Sylwię Oziembło-Brzykczy z Głównego Inspektoratu Pracy o przedstawienie informacji na temat kontroli Państwowej Inspekcji Pracy obejmujących zastosowanie nanotechnologii.

Główny specjalista w Departamencie Nadzoru i Kontroli Głównego Inspektoratu Pracy PIP Sylwia Oziembło-Brzykczy:

Nanotechnologia jest szybko rozwijającą się dziedziną przemysłu. Dostarcza nowych i innowacyjnych rozwiązań, które są stosowane w wielu sektorach produkcji. W środowisku pracy i życia coraz częściej występują nanoobiekty. Wiąże się z nimi pewne zagrożenia. Niektóre z nich nie zostały jeszcze rozpoznane. Wzrastają wymagania społeczne w zakresie uzyskania wiarygodnych i ogólnie dostępnych informacji dotyczących negatywnych efektów zdrowotnych wynikających z narażenia na nanocząstki i możliwych sposobów ochrony. Istnieje konieczność zebrania wiarygodnych informacji, niezbędnych przed wprowadzeniem do stosowania na szeroką skalę nanocząstek, aby uniknąć potencjalnych problemów zdrowotnych, podobnych do tych, które są związane np. ze światową produkcją i stosowaniem azbestu.

Systematyzowanie zagadnień związanych z nanotechnologiami w postaci przepisów prawa oraz norm jest ważnym mechanizmem w procesie tworzenia dobrych praktyk ochrony człowieka przed szkodliwym działaniem nanoobjektów. Obecnie aspekty dotyczące zdrowia, bezpieczeństwa i ochrony związanej z nanoobjektami są w różnym stopniu zawarte w głównych przepisach Unii Europejskiej. Bardzo istotnym wyzwaniem jest zastosowanie znormalizowanych metod w celu zidentyfikowania zagrożeń dla zdrowia pracowników, wynikających z narażenia na nanoprodukty.

Przystępując do działań kontrolnych, zastanawialiśmy się w Inspekcji Pracy, co kontrolować. Zwracamy uwagę, że bardzo istotną kwestią jest świadomość pracodawców na temat nanomateriałów i skutecznej ochrony pracujących w narażeniu na nie. Niemniej ważna jest świadomość pracujących na temat ryzyka i sposobów ochrony przed zagrożeniami związanymi z nanomateriałami. Istotne są również zagadnienia bhp związane z właściwościami nanomateriałów.

Obecne działania kontrolne PIP mają charakter rozpoznawczy. Prowadzone są w wybranych województwach w celu wstępnego ustalenia branż związanych z zagadnieniami nanotechnologii. Zakres kontroli obejmuje czynniki szkodliwe, niebezpieczne i uciążliwe. Następnie sprawdzaliśmy, czy pracownicy są informowani o zagrożeniach i sposobach ochrony. Kontrolowaliśmy przeprowadzenie oceny ryzyka zawodowego oraz dobór środków ochrony. Badaliśmy również obiekty i pomieszczenia.

W zakresie czynników szkodliwych, uciążliwych i niebezpiecznych sprawdzamy karty charakterystyki substancji i mieszanin niebezpiecznych, informacje o chemikaliach innych niż niebezpieczne. Badamy również działania pracodawcy eliminujące lub ograniczające zagrożenia w miejscu pracy.

W zakresie informowania pracowników o zagrożeniach i sposobach ochrony badaliśmy dostępność informacji z kart charakterystyki innych dokumentów znajdujących się w zakładzie pracy, w tym instrukcji bhp dotyczących postępowania z materiałami szkodliwymi dla zdrowia i niebezpiecznymi.

Weryfikowaliśmy również identyfikację wszystkich zagrożeń związanych z wykonywaną pracą oraz stosowanie niezbędnych środków zmniejszających ryzyko. Badaliśmy także działania korygujące lub zapobiegawcze po wyznaczeniu dopuszczalności ryzyka oraz informowanie pracowników o ryzyku zawodowym występującym na ich stanowiskach pracy.

Przedmiotem naszych badań był też dobór środków ochrony indywidualnej i zbiorowej.

Jakie wnioski wynikają z kontroli? Do zorganizowania bezpiecznego miejsca pracy niezbędna jest znajomość potencjalnie niebezpiecznego charakteru nanocząstek i ich zachowania podczas stosowania produktów, w których zostały zawarte. Dotyczy to również ewentualnego uwalniania nanocząstek przez nanoprodukty w czasie ich użytkowania, czyszczenia lub konserwacji.

Rzeczywista wiedza o toksykologicznych właściwościach nanocząstek jest raczej ograniczona. Panuje powszechna niepewność co do zagrożeń dla zdrowia i bezpieczeństwa, związanych z nanoproductami. W obecnej sytuacji istnieją jedynie ograniczone sposoby zasięgnięcia informacji o składzie chemicznym nanoproductu. Nie wszyscy producenci stosujący składniki o nanometrowych rozmiarach lub nanomateriały, powiadają swoich klientów o tym fakcie. Jednak wytwórcy nanoproductów coraz bardziej uświadamiają sobie potencjalne i w dużym stopniu nieznaną kwestię z zakresu bezpieczeństwa i higieny pracy, związane ze stosowaniem i posługiwaniem się nanocząstkami.

W kontrolowanych zakładach stosowano środki ochrony indywidualnej i zbiorowej w celu ochrony przed zagrożeniami. Niemniej jednak konieczne jest stosowanie podstawowych elementów zasady ostrożnego zarządzania nanomateriałami. Są to: zapobieganie narażeniom zgodnie ze strategią bhp w miejscu pracy, informowanie o składzie nanoproductów przez producentów i dostawców, znajomość narażeń w miejscu pracy i podejmowanie działań profilaktycznych w celu ich minimalizacji, komunikowanie o ryzyku – informacja w kartach charakterystyki o znanych zagrożeniach związanych z nanocząstkami oraz w innych dokumentach dostępnych w zakładzie pracy.

Należy rozważyć wprowadzenie dopuszczalnych wartości narażenia zawodowego dla nanomateriałów lub wartości nanoreferencyjnych. Państwowa Inspekcja Pracy zamierza kontynuować działania nadzorczo-kontrolne w branżach wytwarzających, stosujących i posiadających nanomateriały. Podejmowane będą również działania prewencyjne w zakresie zapobiegania zagrożeniom dla zdrowia i życia pracujących w kontakcie z nanomateriałami.