

# Metodika zvyšování bezpečnosti pracovního prostředí zatíženého částicemi < 2,5 µm

## **Autorský kolektiv:**

prof. Ing. Vladimír Adamec, CSc. (Vysoké učení technické v Brně)  
Ing. Klaudia Kőbőlová (Vysoké učení technické v Brně)  
Ing. Michal Urbánek (Vysoké učení technické v Brně)  
Mgr. Tomáš Zeman, Ph.D. et Ph.D. (Univerzita obrany)  
Mgr. Kateřina Wolfová (Masarykova univerzita)  
doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D. (Vysoké učení technické v Brně)  
prof. Dr. Ing. Jiří Marek, Ph.D., DBA (Vysoké učení technické v Brně)  
prof. Ing. Marie Jurová, CSc. (Vysoké učení technické v Brně)  
Ing. Barbora Schüllerová, Ph.D. (Vysoké učení technické v Brně)  
doc. Ing. Jana Drbohlavová, Ph.D. (Vysoké učení technické v Brně)  
Ing. Jana Victoria Martincová, Ph.D. (Vysoké učení technické v Brně)  
Mgr. et. Mgr. Petr Pacher, Ph.D., MBA (University of Applied Management)

Metodika je výsledkem řešení výzkumného projektu č. TL02000240 „Zvyšování úrovně managementu BOZP v provozech s výskytem jemných a ultra jemných částic“ programu ÉTA Technologické agentury ČR.

# Obsah

1. Úvod.....	3
2. Základní pojmy a použité zkratky .....	4
3. Cíl metodiky .....	4
4. Popis metodiky.....	4
4.1. Charakteristika pracoviště .....	5
4.2. Základní hodnocení expozice.....	6
4.3. Pokročilé hodnocení expozice.....	8
4.4. Hodnocení míry vnímání rizika ze strany zaměstnanců.....	9
4.5. Opatření ke snížení expozice .....	11
4.6. Monitorování opatření, kontrola.....	12
5. Popis uplatnění metodiky .....	13
6. Přehled použité literatury a dalších zdrojů .....	13
7. Seznam publikací předcházející metodice.....	14
8. Odkaz na projekt VaV .....	14
9. Kontaktní údaje předkladatele metodiky.....	15
10. Přílohy.....	16
Příloha č. 1: Návrh postupu pro zvyšování bezpečnosti pracovního prostředí zatíženého částicemi < 2,5 µm .....	16
Příloha č. 2: Vzorový dotazník pro určení míry vnímání rizika ze strany zaměstnanců.....	17
Příloha č. 3: Vyhodnocení vzorového dotazníku pro určení míry vnímání rizika ze strany zaměstnanců .....	21

# 1. Úvod

Cílem bezpečnosti a ochrany zdraví při práci (BOZP) je zajistit takové podmínky pracovního prostředí, které směřují k minimalizaci bezpečnostních rizik zaměstnanců. Využita jsou především preventivní a bezpečnostní opatření technického i systémového charakteru, určené pro jednotlivce i kolektiv. Obecné principy BOZP zahrnují celkovou firemní strategii (legislativa, úlohy a cíle, programy, soustavy hodnocených objektů), identifikaci, analýzu a vyhodnocení nebezpečí, kontrolu a nápravná opatření (monitoring, kontroly, prevence, záznamy, prověrky, audity apod.), průběžné zjišťování dosažených výsledků (externích a interních) a jejich porovnávání s očekávanými výsledky [1, 2]. Funkční politika bezpečného pracovního prostředí je založena rovněž na zajištění socio-technického systému jako celku, jehož součástí jsou lidé (zaměstnanci) se všemi svými vlastnostmi (vzdělání, ambice, spolehlivost apod.) [3–5].

S rozvojem technologií dochází i ke zvyšování požadavku na úroveň BOZP a objevují se nové oblasti především v průmyslu, kde nejsou doposud zajištěny dostatečná bezpečnostní a preventivní opatření. Jedním z těchto odvětví jsou průmyslové provozy, které zpracovávají nebo využívají v rámci své činnosti jemné a ultrajemné částice, nebo kde tyto částice vznikají nezámyslně jako vedlejší produkt použitých výrobních procesů. Mimo průmyslové provozy existují i další pracovní procesy, kde se aplikují nanomateriály jako například nástřiky nebo nátěry oxidu titaničitého a nanostříbra. V případě hodnocení rizik jemných a ultrajemných částic se přitom nejedná pouze o problematiku zdravotních rizik spojených s přímou expozicí těmto částicím. Práce v prostředí s výskytem jemných a ultrajemných částic s sebou může přinášet také negativní dopady na psychické zdraví zaměstnance. Tyto psychologické dopady jsou spojeny zejména se subjektivním vnímáním úrovně bezpečnosti ze strany zaměstnance v pracovním prostředí s výskytem jemných a ultrajemných částic. Pokud není tato úroveň z pohledu zaměstnance adekvátní, může u něj tento stav vést ke stresu, zvýšenému psychickému diskomfortu, snížené pozornosti, výkonnosti i motivaci k práci. V rámci BOZP by však měly být posuzovány rovněž sekundární rizika, jakými mohou být např. dopady na chod podniku a jeho ekonomickou stránku spojené s nižší efektivitou práce zaměstnanců v důsledku zavedených bezpečnostních opatření, zvýšené nemocností apod.

Výše uvedenou skutečnost navíc umocňuje fakt, že v současné době neexistuje metodika, která řeší systém managementu BOZP na pracovištích zatížených jemnými a ultrajemnými částicemi. Výzkumným ústavem bezpečnosti práce byla vytvořena certifikované metodika pro poskytování osobních ochranných prostředků v prostředí s rizikem výskytu nanočástic [6], která řeší, jak vyplývá z názvu, jen přidělování osobních ochranných pracovních prostředků pro ochranu dýchadel.

## 2. Základní pojmy a použité zkratky

### Základní pojmy

Nanomateriál	Přírodní materiál, materiál vzniklý jako vedlejší produkt nebo materiál vyrobený obsahující částice v nesloučeném stavu nebo jako agregát či aglomerát, ve kterém je u 50 % nebo více částic ve velikostním rozdělení jeden nebo více vnějších rozměrů v rozmezí velikosti 1 nm — 100 nm [7].
Ultrajemné částice	Aerosoly s aerodynamickým průměrem nižším jako 0,1 $\mu\text{m}$ . K označení se také používá termín nanočástice.
Jemné částice	Aerosoly s aerodynamickým průměrem 2,5 $\mu\text{m}$ nebo nižším.
Primární částice	Původní neaglomerované a neagregované jemné nebo ultrajemné částice vznikající nebo zpracováváné při výrobním procesu.
Sekundární částice	Agglomerované nebo agregované jemné nebo ultrajemné částice vznikající reakcemi z primárních částic

### Seznam zkratk

BOZP	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
CPC	Condensation Particle Counter – kondenzační čítač částic
ELPI	Electrical Low Pressure Impactor - elektrický nízkotlaký impaktor
FFP3	Třída filtrace - nejméně 99 % vzdušných částic (aerosolů)
OECD	Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj
OOP	Osobní ochranné pomůcky
SMPS	Scanning Mobility Particle Sizer – analyzátor mobility částic v elektrickém poli
UFPs	Ultra Fine Particles – Ultrajemné částice
FPs	Fine Particles – Jemné částice

## 3. Cíl metodiky

Cílem metodiky je hodnocení systému managementu BOZP, zvýšení jeho úrovně a efektivity v provozech zatížených částicemi s aerodynamickým průměrem  $< 2,5 \mu\text{m}$ . Metodika obsahuje jak hodnocení rizik spojených s expozicí pracovníků jemným a ultrajemným částicím, tak míru vnímání rizik ze strany zaměstnanců v oblasti informovanosti o rizicích spojených s jemnými a ultrajemnými částicemi a oblasti vnímání adekvátnosti stávajících bezpečnostních opatření pro snížení expozice pracovníků jemným a ultrajemným částicím na pracovišti. Součástí metody je také návrh základních opatření ke snížení expozice zaměstnanců.

## 4. Popis metodiky

Metodika se skládá z několika kapitol, z nichž první kapitola se zaměřuje na charakteristiku pracoviště a stanovení priority rizik na základě poznatků získaných z dokumentace pracoviště. Další dvě části se zabývají základním a pokročilým hodnocením expozice dle metodiky OECD. V následující kapitole je hodnocena míra vnímání rizik ze strany zaměstnanců a je vytvořeno souhrnné hodnocení rizik. V poslední části jsou popsány návrhy opatření ke snížení expozice zaměstnanců směřujících ke zvýšení úrovně managementu BOZP. Jedná se o obecný postup založený na postupech OECD zaměřených na nanobezpečnost [8].

## 4.1. Charakteristika pracoviště

Charakteristika pracoviště by měla být založena především na studiu dokumentace, popř. osobní inspekci na pracovišti, s cílem odhalit možné zdroje jemných a ultrajemných částic na pracovišti. Zjišťovány by měly být především tyto ukazatele v závislosti na typu výrobních procesů na pracovišti:

- a) informace o pracovišti, zejména objem produkce nebo zpracování nanomateriálů (pokud jsou produkovány nebo zpracovávány), velikost pracoviště a výrobních prostor;
- b) charakteristika produkováných nebo zpracovávaných jemných a ultrajemných částic, zejména jejich složení, tvar a potenciální rizika, která jsou s nimi spojena (např. hořlavost, výbušnost, systémová toxicita);
- c) analýza procesů na pracovišti, při nichž je s nanomateriály manipulováno, např. vážení, balení, drcení, syntéza;
- d) přehled procesů na pracovišti, při nichž mohou jemné nebo ultrajemné částice vznikat jako vedlejší produkt;
- e) přehled procesů na pracovišti, které mohou ovlivnit měření koncentrací jemných a ultrajemných částic v pracovním prostředí a musí být zváženy při tvorbě strategie měření, např. ventilace, pravidelně využívané dveře do výrobních prostor apod.;
- f) informace o předchozích provedených měření koncentrací jemných a ultrajemných částic na pracovišti a hodnocení expozice pracovníků;
- g) současný stav opatření pro snížení míry expozice, např. stav využití osobních ochranných pomůcek (OOP) pracovníky nebo použité technologie ventilace;
- h) informace o interních dokumentech, které se vztahují k ochraně pracovníků před účinky jemných a ultrajemných částic;
- i) charakteristika rizika (syntéza poznatků získaných ve výše uvedených krocích).

Cílem prvního kroku je odpovědět na otázku, zda je na pracovišti možné vyloučit únik jemných nebo ultrajemných částic do pracovního prostředí pomocí stanovení priority rizik. Dále je proto nutné určit, zda jsou na zkoumaném pracovišti produkovány nebo zpracovávány nanomateriály (oddíl 4.1.1) nebo se předpokládá vznik jemných nebo ultrajemných částic při jejich nezáměrné výrobě, např. při svařování (oddíl 4.1.2). S hodnotou priority rizik se dále pracuje v oddíle 4.4.

### 4.1.1. Stanovení priority rizik na pracovišti s produkcí nebo zpracováním nanomateriálů

V případě, že jsou na pracovišti produkovány nebo zpracovávány nanomateriály, doporučuje se pro prioritizaci rizik těchto nanomateriálů využít nástroje pro Risk and Control Banding. Doporučuje se přitom použít nástroje Stoffenmanager Nano [9, 10]. Tento nástroj lze využít pro nanomateriály, u kterých je splněna alespoň jedna z níže uvedených podmínek:

- a) rozměry primárních částic se pohybují v rozmezí od 1 nm do 100 nm;
- b) specifický povrch částic je vyšší než 60 m<sup>2</sup>/g.

Při aplikaci nástroje Stoffenmanager Nano [9, 10] se doporučuje využívat pro charakterizaci nanomateriálů primárně informace uváděné jejich výrobcem. Nástroj hodnotí úroveň expozice (4 úrovně v rozmezí 1–4, kde 4 značí nejvyšší expozici) a úroveň rizika (5 úrovní v rozmezí A–E, kde E značí nejvyšší riziko). Na tomto základě je pak pro nanomateriál stanovena priorita dle kombinované úrovně expozice a rizika (3 úrovně v rozmezí 1–3, kde 1 značí nejvyšší a 3 nejnižší prioritu). V případě, že pro některý ze zpracovávaných nanomateriálů bude stanovena priorita 1 nebo 2, přistupuje se k provedení kroku 2 (oddíl 4.2) této metodiky. Pokud bude stanovena pro všechny zpracovávané nanomateriály priorita 3, přistupuje se k provedení kroku 4 (oddíl 4.4).

#### 4.1.2. Stanovení priority rizik na pracovišti s předpokladem vzniku jemných částic nebo ultrajemných částic při jejich nezáměrné výrobě

V případě možného vzniku jemných částic nebo ultrajemných částic při jejich nezáměrné výrobě, např. při svařování, se přistoupí ke kroku 2 (oddíl 4.3) této metodiky vždy v případě podezření, že k takovému vzniku jemných nebo ultrajemných částic na pracovišti dochází. To se týká především pracovišť, kde dochází k některému z výrobních procesů uvedených v Tab. 1.

Tab. 1 Přehled obvyklých výrobních procesů ve strojírenství, jejichž vedlejším produktem mohou být jemné nebo ultrajemné částice.

Typ procesu	Proces	Výskyt ve strojírenství	Možná expozice
jemné a ultrajemné částice vedlejším produktem procesu	obráběcí technologie (kov)	obráběcí stroje na třískové obrábění	aerosol a pevné částice z procesních kapalin
	obráběcí technologie (nekov)	obráběcí stroje na třískové obrábění	pevné částice jako produkt obrábění
	aditivní technologie	stroje pro aditivní technologie včetně práškové metalurgie	pevné částice jako zdroje tvorby výrobků (kovové prášky)
	slévárenské technologie	slévání ocelí, litin a slitin barevných kovů	pevné částice (písky pro formování)
	svařovací technologie	svařování všech svařitelných kovových materiálů	pevné částice
	tvářecí technologie	tváření kovových a nekovových materiálů za tepla i studena	aerosol a pevné částice z procesních kapalin

#### 4.2. Základní hodnocení expozice

Jedná se o prvotní měření ultrajemných částic v pracovním prostředí. Měření je prováděno kontinuálně po dobu nejméně jedné pracovní směny se začátkem měření minimálně 30 minut před zahájením výrobních procesů. Současně jsou zaznamenávány veškeré výrobní procesy a další činnosti realizované v průběhu měření včetně využití OOP pracovníky. Sledován je také pohyb zaměstnanců na pracovišti. U každého zaměstnance musí být zaznamenán čas vstupu na pracoviště a opuštění pracoviště. V případě, že zaměstnanec nepobývá na pracovišti nepřetržitě celou pracovní dobu, musí být zaznamenán také čas každého opuštění pracoviště zaměstnancem a jeho následného návratu na pracoviště.

Měření může být provedeno libovolným přístrojem s platnou certifikovanou kalibrací, který je schopen kontinuálně zaznamenávat početní koncentrace jemných a ultrajemných částic ve zvoleném rozmezí velikosti částic. Měřené rozmezí velikosti částic je doporučeno zvolit na základě vyhodnocení informací o zpracovávaném nanomateriálu nebo výrobní činnosti získaných v rámci předchozího kroku navržené metodiky. V případě, že není možné na tomto základě velikostní rozmezí stanovit, doporučuje se provádět měření jemných a ultrajemných částic o velikosti od 10 nm do 500 nm.

Čas měření musí být zvolen tak, aby byly splněny 2 následující podmínky:

- a) Měření musí být zahájeno nejméně 30 minut před zahájením výrobních procesů a dalších činnosti na pracovišti;
- b) Před zahájením měření nesmí na pracovišti probíhat žádné výrobní procesy po dobu nejméně 4 hodin;

U jednosměnných a dvousměnných provozů se doporučuje zahájit měření 30 minut před začátkem ranní směny. Na základě výše uvedeného lze vymezit tyto významné časy v průběhu realizovaného měření:

- a)  $t_0$  – čas zahájení měření;
- b)  $t_z$  – čas zahájení výrobních procesů;
- c)  $t_{k,i}$  – čas ukončení výrobních procesů před i-tou výrobní přestávkou o délce nejméně 30 minut;
- d)  $t_{z,i}$  – čas opětovného zahájení výrobních procesů po i-té výrobní přestávce o délce nejméně 30 minut;
- e)  $t_k$  – čas ukončení měření.

Při základním hodnocení expozice jsou sledovány následující proměnné vztahují se k početním koncentracím jemných a ultrajemných částic v pracovním prostředí:

- a)  $MC_0$  – průměrná početní koncentrace jemných a ultrajemných částic na pozadí vypočítaná jako průměrná početní koncentrace jemných a ultrajemných částic naměřená před zahájením výrobního procesu, tj. v časovém intervalu  $(t_0, t_z)$ ;
- b)  $MC_1$  – průměrná početní koncentrace jemných a ultrajemných částic během výrobního procesu vypočítaná jako průměrná početní koncentrace jemných a ultrajemných částic během výrobního procesu, tj. v časových intervalech  $(t_z, t_{k,1}) \cup (t_{z,1}, t_{k,2}) \cup \dots \cup (t_{z,i}, t_{k,i+1}) \cup \dots \cup (t_{z,n}, t_k)$ , kde  $n$  značí celkový počet výrobních přestávek delších než 30 minut;
- c)  $SD_0$  – směrodatná odchylka početních koncentrací jemných a ultrajemných částic na pozadí vypočítaná jako směrodatná odchylka početních koncentrací jemných a ultrajemných částic před zahájením výrobního procesu, tj. v časovém intervalu  $(t_0, t_z)$ .

U třísměnných provozů, kde není možné zajistit před zahájením měření přerušení výrobních procesů na nejméně 4 hodiny, se pro stanovení hodnot  $MC_0$  a  $SD_0$  doporučuje provést měření početních koncentrací v prostoru, který se nachází ve stejném objektu jako výrobní prostory, avšak je od těchto prostor stavebně oddělen a měl by být pod stejnou větví vzduchotechniky (např. sklad). Výše uvedené hodnoty na pozadí se pak stanoví na základě tohoto měření.

Pro hodnocení expozice pracovníků se doporučuje využití těchto proměnných:

- a)  $t_{j,e}$  – doba expozice během výrobního procesu u j-tého pracovníka, tj. čas, který daný pracovník strávil v prostorech, kde jsou předpokládány zvýšené koncentrace jemných a ultrajemných částic;
- b)  $t_{j,b}$  – doba základní expozice j-tého pracovníka, tj. čas, který daný pracovník strávil mimo prostory, kde jsou předpokládány zvýšené koncentrace jemných a ultrajemných částic.

Doba expozice by měla být sledována zvlášť pro každého pracovníka na pracovišti.

Pokud jsou na exponovaných místech prokázány zvýšené koncentrace jemných a ultrajemných částic ve srovnání s koncentracemi na pozadí, přistupuje se ke kroku 3 (oddíl 4.3) této metodiky, tj. pokročilému hodnocení expozice. V souladu s příslušným doporučením OECD [8] by mělo být přistoupeno ke kroku 3 tehdy, pokud je rozdíl mezi střední koncentrací jemných a ultrajemných částic v pracovním prostředí a střední koncentrací na pozadí vyšší

než trojnásobek směrodatné odchylky koncentrací jemných a ultrajemných částic na pozadí. Tato rovnice byla převzata z doporučení OECD [8] a nebyla v rámci Metodiky ověřována. V případě, že

$$MC_1 - MC_0 > 3SD_0, \quad (1)$$

je tedy nutné přistoupit k pokročilemu hodnocení expozice.

Při rozhodování o provedení pokročilého měření lze alternativně využít dobu expozice jednotlivých pracovníků:

$$MC_1 t_{j,e} + MC_0 t_{j,b} - MC_0 (t_{j,e} + t_{j,b}) > 3SD_0 (t_{j,e} + t_{j,b}). \quad (2)$$

Pokud je expozice některého z pracovníků v pracovní době nejméně trojnásobná než v případě, kdy by vdechoval pouze koncentrace jemných a ultrajemných částic na pozadí, doporučuje se přistoupit ke kroku 3 (oddíl 4.3).

Lze využít obě výše uvedená kritéria pro hodnocení expozice. Rozhodování na základě expozice jednotlivých pracovníků je však vhodnější v případě, kdy organizace plánuje využití některého z provozních opatření pro omezení expozice pracovníků, např. přesun některých výrobních činností mimo pracoviště se zvýšenými koncentracemi jemných a ultrajemných částic, úprava místa výkonu práce exponovaných pracovníků, úprava pracovní doby exponovaných pracovníků apod.

Záznam ze základního hodnocení expozice by měl obsahovat:

- a) charakteristiku použitého měřidla;
- b) časové řady naměřených dat;
- c) průměry a směrodatné odchylky koncentrací jemných a ultrajemných částic na měřeném místě a na pozadí, tj. před zahájením výrobního procesu;
- d) informace o procesech na pracovišti, které by mohly ovlivnit distribuci jemných a ultrajemných částic;
- e) fotodokumentace a základní deskripce mikroklimatických parametrů;
- f) informace o časech vstupu a odchodu pracovníku z pracoviště se zvýšenou koncentrací jemných a ultrajemných částic;
- g) statistické testování rozdílů koncentrací v pracovním prostředí ve srovnání s pozadím.

V případě, že budou na pracovišti zaznamenány významně zvýšené početní koncentrace jemných a ultrajemných částic podle rovnice (1) nebo významně zvýšená expozice některého z pracovníků podle rovnice (2), ale zdroj těchto částic bude již po provedení kroku 1 a kroku 2 této metodiky znám, není v souladu s příslušným doporučením OECD [8] nutné krok 3 této metodiky provádět. V tomto případě se doporučuje přistoupit přímo k hodnocení míry vnímání rizika ze strany zaměstnanců (oddíl 4.4).

### 4.3. Pokročilé hodnocení expozice

Cílem pokročilého měření expozice je identifikovat zdroj jemných a ultrajemných částic na pracovišti a provést charakterizaci těchto částic (zejména složení, velikost a tvar identifikovaných částic). K tomuto účelu je nutné využít pokročilé přístroje pro měření jemných a ultrajemných částic, zejména [8]:

- a) přístroje využívající měření mobility částic v elektrickém poli, např. Scanning Mobility Particle Sizer (SMPS);
- b) optické nebo aerodynamické čítače částic;
- c) elektrický nízkotlaký impaktor (Electrical Low Pressure Impactor, ELPI);
- d) kondenzační čítač částic (Condensation Particle Counter, CPC).



Provedení tohoto kroku je vždy potřebné přizpůsobit situaci na konkrétním pracovišti, není přitom možné předem stanovit žádný univerzální postup. Pro určení správného postupu je nutné vycházet z předchozího základního hodnocení expozice a charakteristiky pracoviště. Případně je možné postupovat dle normy ČSN EN ISO 14644/2015 [11]. V závislosti na dostupných informacích lze využít mimo jiné některý z níže uvedených přístupů:

- a) provedení měření izolovaně pro jednotlivé dílčí procesy (ostatní výrobní procesy by měly být po dobu měření zastaveny), při nichž mohou na pracovišti vznikat ultrajemné a jemné částice, nebo je při nich s těmito částicemi manipulováno;
- b) provedení měření jak při vypnuté, tak při zapnuté ventilaci, popř. při různých režimech odvětrávání;
- c) opakované měření na různých místech v rámci provozu/pracoviště;

Pokud povede pokročilé hodnocení expozice k úspěšné identifikaci zdroje jemných a ultrajemných částic na pracovišti a provedené charakterizaci těchto částic lze dosažené výsledky využít při návrhu opatření ke snížení expozice. Bez ohledu na to, zda se v průběhu tohoto kroku podaří určit zdroj jemných a ultrajemných částic na pracovišti a provést jejich charakterizaci, přistoupí se následně k hodnocení míry vnímání rizika ze strany zaměstnanců (oddíl 4.4).

#### **4.4. Hodnocení míry vnímání rizika ze strany zaměstnanců**

V tomto oddílu bude nejdříve pomocí dotazníku zjišťována míra vnímání rizik spojených s inhalovanými jemnými a ultrajemnými částicemi ze strany zaměstnanců a míra vnímání adekvátnosti stávajících bezpečnostních opatření pro snížení expozice pracovníků jemným a ultrajemným částicím na pracovišti. Zjištěná data z tohoto kroku budou použita, společně s hodnotou priority rizika, v souhrnném hodnocení rizik (oddíl 4.4.2).

##### **4.4.1. Identifikace a hodnocení míry vnímání rizika ze strany zaměstnanců**

V rámci tohoto kroku je pomocí dotazníku vyhodnocena míra vnímání rizik spojených s inhalovanými jemnými a ultrajemnými částicemi ze strany zaměstnanců, kteří pracují v provozu s výskytem těchto částic. Vzorový dotazník a pokyny pro jeho vyhodnocení, jsou uvedeny v příloze č. 2 a č. 3 této metodiky. V rámci dotazníku jsou zjišťovány tyto proměnné:

- a) míra informovanosti zaměstnanců o rizicích expozice jemným a ultrajemným částicím během výrobního procesu (na škále 1–5, kde 5 vyjadřuje nejvyšší možnou informovanost) stanovené pro pracoviště jako zaokrouhlený aritmetický průměr výsledků všech zaměstnanců, kteří na pracovišti vykonávají pracovní činnost;
- b) míra vnímání adekvátnosti stávajících bezpečnostních opatření pro snížení expozice pracovníků jemným a ultrajemným částicím na pracovišti (na škále 1–5, kde 5 vyjadřuje naprostou adekvátnost bezpečnostních opatření) stanovené pro pracoviště jako zaokrouhlený aritmetický průměr výsledků všech zaměstnanců, kteří na pracovišti vykonávají pracovní činnost.

Další postup závisí na odpovědích zaměstnanců na otázku č. 3: „Víte, co jsou to ultrajemné částice?“ z použitého dotazníku. V případě, že všichni dotčení zaměstnanci vykonávající pracovní činnost na hodnoceném pracovišti odpoví na tuto otázku „ANO“, přistupuje se následně k souhrnnému hodnocení rizik (oddíl 4.4.2). V případě, že některý ze zaměstnanců odpoví na uvedenou otázku „NE“, přistupuje se přímo k implementaci opatření (oddíl 4.5). Současně se doporučuje začít provádět nebo významně rozšířit pravidelná školení zaměstnanců zaměřená na rizika spojená s expozicí jemným a ultrajemným částicím a stávající bezpečnostních opatření.

#### 4.4.2. Souhrnné hodnocení rizik

V rámci souhrnného hodnocení rizik jsou použita níže uvedená data:

- míra informovanosti zaměstnanců o rizicích expozice jemným a ultrajemným částicím na pracovišti stanovená při hodnocení míry vnímání rizik ze strany zaměstnanců (oddíl 4.4.1);
- míra vnímání adekvátnosti stávajících bezpečnostních opatření pro snížení expozice pracovníků jemným a ultrajemným částicím na pracovišti stanovená při hodnocení míry vnímání rizik ze strany zaměstnanců (oddíl 4.4.1).

Tyto výsledky jsou následně agregovány v souladu s Tab. 2 dle poznámky pod tabulkou. Hodnocení rizik na pracovištích, kde jsou v rámci výrobních procesů produkovány, zpracovávány nebo využívány nanomateriály, je provedeno v závislosti na prioritě stanovené na základě kombinované úrovně expozice a rizika v rámci kroku 1 (oddíl 4.1). Při hodnocení rizik na pracovištích s nezáměrnou produkcí jemných nebo ultrajemných částic se využijí stejná kritéria jako pro pracoviště s prioritou 3.

Tab. 2 Souhrnné hodnocení rizik expozice jemným a ultrajemným částicím na pracovišti

<b>priorita 1</b>	I1	I2	I3	I4	I5
A1	3	3	3	3	3
A2	3	3	3	3	2
A3	3	3	3	2	2
A4	3	3	2	2	1
A5	3	2	2	1	1
<b>priorita 2</b>	I1	I2	I3	I4	I5
A1	3	3	3	3	2
A2	3	3	3	2	2
A3	3	3	2	2	1
A4	3	2	2	1	1
A5	2	2	1	1	1
<b>priorita 3</b>	I1	I2	I3	I4	I5
A1	3	3	3	2	2
A2	3	3	2	2	1
A3	3	2	2	1	1
A4	2	2	1	1	1
A5	2	1	1	1	1

**Pozn. priorita 1, 2 a 3** – priorita dle kombinované úrovně expozice a rizika stanovená v rámci kroku 1 (oddíl 4.1); pracoviště, kde dochází pouze k nezáměrné produkci jemných nebo ultrajemných částic, jsou hodnocena jako pracoviště s prioritou 3, **I1–I5** – míra informovanosti zaměstnanců o rizicích expozice jemným a ultrajemným částicím na pracovišti stanovená při hodnocení míry vnímání rizik ze strany zaměstnanců (oddíl 4.4.1); **A1–A5** – míra vnímání adekvátnosti stávajících bezpečnostních opatření pro snížení expozice pracovníků jemným a ultrajemným částicím na pracovišti stanovená při hodnocení míry vnímání rizik ze strany zaměstnanců (oddíl 4.4.1).

Výsledek hodnocení rizik v tabulce je uveden na škále 1–3, kde 1 značí nízké riziko, 2 přijatelné riziko a 3 nepřijatelné riziko.

V případě, že je zjištěna úroveň rizika 2 a 3, doporučuje se začít provádět nebo rozšířit pravidelná školení zaměstnanců zaměřená na rizika spojená s expozicí jemným a ultrajemným částicím a stávající bezpečnostních opatření, popř. je nutné tato bezpečnostní opatření rozšířit v souladu s doporučeními v oddílu 4.5 této metodiky. V případě dosažení úrovně rizika 3 je navíc doporučeno opakované hodnocení míry vnímání rizika ze strany zaměstnanců (postupem uvedeným v oddílu 4.4.1). V případě, že je zjištěna úroveň rizika 1, není nutné činit žádná opatření ve vztahu ke školení zaměstnanců o rizicích spojených s expozicí jemným a ultrajemným částicím a stávajících bezpečnostních opatřeních.

Bez ohledu na výsledek souhrnného hodnocení rizik se následně přistupuje k implementaci opatření na snížení expozice v souladu s doporučeními uvedenými v oddílu 4.5.

## **4.5. Opatření ke snížení expozice**

Pokud jsou na pracovišti zjištěny zvýšené koncentrace jemných a ultrajemných částic (podle rovnice 1 v oddílu 4.2) nebo je na pracovišti zjištěna významná inhalační expozice zaměstnanců (dle rovnice 2 v oddílu 4.2), lze s tím spojená rizika zmírnit přijetím vhodných opatření. Následující opatření jsou z hlediska inhalovaných jemných a zejména ultrajemných částic považována za neúčinnější:

- 1) izolace procesu nebo místní odvětrávání;
- 2) proškolení pracovníků;
- 3) použití osobních ochranných pomůcek;
- 4) provozní opatření.

### **4.5.1. Izolace procesu nebo místní odvětrávání**

V případě, že se objevují vysoké koncentrace jemných a ultrajemných částic (dle oddílu 4.2) v celém provozu je doporučeno celý prostor odvětrávat nuceným větráním s filtrací. Pokud se již v provozu nachází funkční odvětrávání, je nutné zjistit jeho účinnost a případně stávající odvětrávání upravit.

V případě, že dle oddílu 4.3 byl zjištěn zdroj jemných a ultrajemných částic, je doporučeno tento proces izolovat, případně zajistit přímé odsávání pracovního prostoru tohoto zdroje například digestoří.

### **4.5.2. Proškolení pracovníků**

Pokud byla zjištěna dle oddílu 4.4 nízká míra informovanosti zaměstnanců o rizicích expozice jemným a ultrajemným částicím během výrobního procesu je doporučeno zajistit pravidelné školení exponovaných zaměstnanců v oblasti zdravotních rizik spojených s těmito částicemi a nácvik postupů pro vlastní ochranu. Vzdělávání by se mělo obecně soustředit na ty aspekty ultrajemných částic, ve kterých se liší od větších částic stejného složení, a dále na možné cesty expozice. Kromě toho by proškolení zaměstnanců mělo zahrnovat předání informací o identifikovaných zdrojích a činnostech, při kterých dochází ke vzniku jemných a ultrajemných částic na pracovišti a výsledcích jejich monitorování.

### **4.5.3. Použití osobních ochranných pomůcek**

V případě, že výše zmíněná opatření nezajistila snížení úrovně rizik, je možné využít různé OOP ke snížení expozice pracovníků jemnými a ultrajemnými částicemi.

Následující OOP jsou doporučené [6, 12, 13]:

- a) Jednorázové rukavice
- b) Ochranné oděvy
- c) Respirátory (ve třídě minimálně FFP3)
- d) Ochranné masky s filtrací
- e) Ochranné masky s přívodem vzduchu

Je ovšem nutné brát v úvahu možnosti zkoumaného provozu, tedy likvidace exponovaného odpadu, čištění ochranných oděvů, skladování a manipulace s OOP, pravidelné kontroly zaměstnanců, zda využívají OOP dle proškolení. Také je nutné brát v úvahu komfort (well-being) zaměstnanců využívajících OOP.

#### 4.5.4. Provozní opatření

Pokud z určitého důvodu není možné snížit úroveň rizik pomocí OOP je možné použít provozní opatření:

- a) redukce počtu exponovaných pracovníků;

Redukování počtu dotčených pracovníků lze dosáhnout například přesunem veškerých pracovních činností, které přímo nesouvisí se zpracováním nanomateriálů, mimo exponované pracoviště.

- b) redukce délky pobytu pracovníků v exponovaných prostorech;

Pracovníci by se měli v exponovaných prostorech pohybovat pouze při nezbytných činnostech souvisejících s výrobním procesem, při kterém dochází k úniku jemných a ultrajemných částic. Ostatní činnosti by měli tito pracovníci vykonávat mimo exponované prostory.

- c) změna stávajících pracovních postupů;
- d) nastavení zpřísněných hygienických postupů.

Provozní opatření lze obecně doporučit, vzhledem k jejich relativně vysokému efektu a nízkým nákladům spojených s jejich zavedením.

### 4.6. Monitorování opatření, kontrola

Po implementaci zvolených opatření ke snížení expozice se doporučuje vrátit se k základnímu měření expozice (viz Obr. 1). Pokud došlo v důsledku přijatých opatření ke snížení početní koncentrace, resp. míra expozice pracovníků, na přijatelnou úroveň dle rovnic (1) a (2) v oddílu 4.2, doporučuje se následně provést dokumentaci a archivaci informací získaných v rámci jednotlivých kroků této metodiky. V opačném případě je nutné proces opakovat až do snížení početních koncentrací nebo míry expozice pod požadovanou mez dle rovnic (1) a (2) v oddílu 4.2. Jakmile je tohoto cíle dosaženo, doporučuje se v souladu s doporučením OECD [8] opakování celého postupu jednou za dva roky nebo v případě změny výrobních procesů na pracovišti. Průběžné monitorování je doporučeno pouze u hodnocení stavu vnímání rizik spojených s jemnými a ultrajemnými částicemi ze strany zaměstnanců tak, jak je popsáno v oddílu 4.4. Je také doporučeno zaznamenávání a následné analyzování výsledků pravidelných lékařských prohlídek potenciálně exponovaných pracovníků. Při lékařských prohlídkách by měly být kromě běžných parametrů sledovány také specifické biomarkery, jejichž úroveň je prokazatelně ovlivňována jemnými nebo ultrajemnými částicemi v organismu [14, 15].

## 5. Popis uplatnění metodiky

Metodika je zaměřena na management BOZP při řešení potřeby zvýšení úrovně a efektivity BOZP v provozech zatížených částicemi < 2,5 µm. Metodika také může sloužit pro zaměstnavatele s pracovišti zatíženými jemnými a ultrajemnými částicemi pro tvorbu opatření ke snížení expozice zaměstnanců a pro hodnocení míry vnímání rizik ze strany zaměstnanců.

## 6. Přehled použité literatury a dalších zdrojů

- [1] T. Aven, "Risk assessment and risk management: Review of recent advances on their foundation," *European Journal of Operational Research*, vol. 253, no. 1. 2016, pp. 1–13.
- [2] ČSN ISO 45001 *Systémy managementu bezpečnosti a ochrany zdraví při práci – Požadavky s návodem k použití*. 2018.
- [3] T. Aven and M. Ylönen, "A risk interpretation of sociotechnical safety perspectives," *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, vol. 175, 2018, pp. 13–18.
- [4] T. Aven, "How some types of risk assessments can support resilience analysis and management," *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, vol. 167, 2017, pp. 536–543.
- [5] P. Carayon, P. Hancock, N. Leveson, I. Noy, L. Sznelwar, and G. van Hootegem, "Advancing a sociotechnical systems approach to workplace safety – developing the conceptual framework," *Ergonomics*, vol. 58, no. 4, 2015, pp. 548–564.
- [6] Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v.v.i. Metodika pro poskytování osobních ochranných prostředků v prostředí s rizikem výskytu nanočástic. Praha, 2016, 23 stran. Certifikovaná metodika. Dostupné z: [https://www.mpsv.cz/documents/20142/225499/Metodika\\_pro\\_poskytovani\\_OOP\\_v\\_prostred\\_i\\_s\\_rizikem\\_vyskytu\\_nanocastic.pdf/260c679b-9a39-4734-12cd-79736892d095](https://www.mpsv.cz/documents/20142/225499/Metodika_pro_poskytovani_OOP_v_prostred_i_s_rizikem_vyskytu_nanocastic.pdf/260c679b-9a39-4734-12cd-79736892d095)
- [7] Doporučení Komise (EU) ze dne 18. října 2011 o definici nanomateriálu 2011/696/EU. In: Úřední věstník. L 275, 20. 10. 2011, s. 38–40. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011H0696&qid=1619421014254&from=CS>
- [8] OECD, "Harmonized tiered approach to measure and assess the potential exposure to airborne emissions of engineered nano-objects and their agglomerates and aggregates at workplaces," 2015.
- [9] H. Marquart, H. Heussen, M. Le Feber, D. Noy, E. Tielemans, J. Schinkel, J. West, and D. Van Der Schaaf, "'Stoffenmanager', a Web-Based Control Banding Tool Using an Exposure Process Model," *The Annals of Occupational Hygiene*, vol. 52, no. 6, 2008, pp. 429–441.
- [10] B. Van Duuren-Stuurman, S. R. Vink, K. J. M. Verbist, H. G. A. Heussen, D. H. Brouwer, D. E. D. Kroese, M. F. J. Van Niftrik, E. Tielemans, and W. Fransman, "Stoffenmanager Nano Version 1.0: A Web-Based Tool for Risk Prioritization of Airborne Manufactured Nano Objects," *The Annals of Occupational Hygiene*, vol. 56, no. 5, 2012, pp. 525–541.
- [11] ČSN EN ISO 14644/2015 *Čisté prostory a příslušná řízená prostředí*. 2019.
- [12] WHO, "WHO guidelines on protecting workers from potential risks of manufactured nanomaterials," 2017.
- [13] European Commission, "Working Safely with Manufactured Nanomaterials Guidance for Workers," 2014.

[14] L. V. Stebounova, H. Morgan, V. H. Grassian, and S. Brenner, "Health and safety implications of occupational exposure to engineered nanomaterials," *Wiley Interdiscip. Rev. Nanomedicine Nanobiotechnology*, vol. 4, no. 3, 2012, pp. 310–321.

[15] M. Gulumian, J. Verbeek, C. Andraos, N. Sanabria, and P. de Jager, "Systematic Review of Screening and Surveillance Programs to Protect Workers from Nanomaterials," *PLoS One*, vol. 11, no. 11, 2016, p. e0166071

## 7. Seznam publikací předcházející metodice

SCHÜLLEROVÁ, B.; ADAMEC, V.; BENCKO, V. Možné přístupy v posouzení bezpečnosti nanomateriálů. In *Recenzovaný Sborník abstraktů XIX. ročníku mezinárodní konference Bezpečnost a ochrana zdraví při práci 2019*. Ostrava: SPBI, z.s. v Ostravě, 2019. s. 45-47. ISBN: 978-80-7385-215-3.

ADAMEC, V.; SCHÜLLEROVÁ, B.; PROCHÁZKOVÁ, D.; DRBOHLAVOVÁ, J.; ZEMAN, T. Current approaches to the health risk assessment of nanoparticles in the Czech Republic. Viena, Austria: University of Vienna, 2019. p. 15-15.

ADAMEC, V.; SCHÜLLEROVÁ, B.; PAVLÍKOVÁ, S.; KÖBÖLOVÁ, K.; URBÁNEK, M. Occurrence of the ultrafine particles in the working environment and their possible risks. In *19th International multidisciplinary scientific geoconference SGEM 2019. International multidisciplinary geoconference SGEM*. Vídeň: STEF92 Technology Ltd., 2019. p. 25-32. ISBN: 978-619-7408-99-7. ISSN: 1314-2704.

URBÁNEK, M.; KÖBÖLOVÁ, K.; ADAMEC, V.; WOLFOVÁ, K.; ČABANOVÁ, K.; MARTINCOVÁ, J. Fine and Ultrafine Particulate Matter in The Work Environment and their Potential Impact on Mental State of Workers. In *Proceedings 12th International Conference on Nanomaterials - Research & Application*. 2020. p. 1-7. ISBN: 978-80-87294-98-7.

ADAMEC, V.; KÖBÖLOVÁ, K.; URBÁNEK, M.; ČABANOVÁ, K.; BENCKO, V.; TUČEK, M. The presence of fine and ultrafine particulate matter in the work environment. *Central European Journal of Public Health*, 2020, vol. Supplement, no. 28, p. 1-6. ISSN: 1803-1048.

ADAMEC, V.; SCHÜLLEROVÁ, B.; KÖBÖLOVÁ, K.; PAVLÍKOVÁ, S.; PROCHÁZKOVÁ, D.; ZEMAN, T. Current approaches of occupational and safety health management in work environments containing nanoparticles. *Transactions of the VSB - Technical University of Ostrava, Safety Engineering Series*, 2019, vol. XIV., no. 2., p. 25-37. ISSN: 1805-3238.

## 8. Odkaz na projekt VaV

Tato metodika je výsledkem řešení výzkumného projektu č. TL02000240 Zvyšování úrovně managementu BOZP v provozech s výskytem jemných a ultra jemných částic programu ÉTA Technologické agentury ČR.

[https://starfos.tacr.cz/cs/project/TL02000240?query\\_code=y3wyaack362q](https://starfos.tacr.cz/cs/project/TL02000240?query_code=y3wyaack362q)

## **9. Kontaktní údaje předkladatele metodiky**

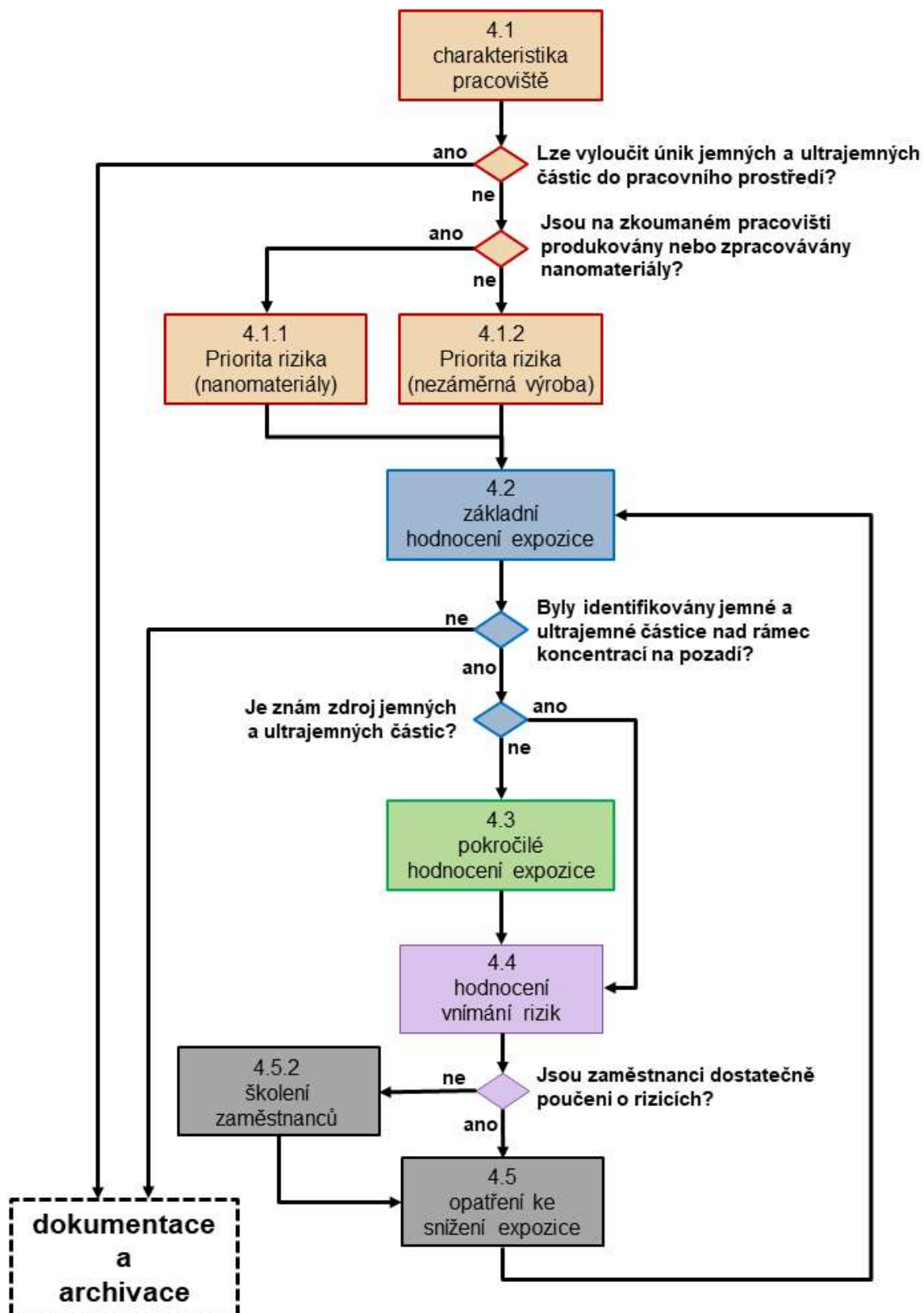
Ústav soudního inženýrství  
Vysoké učení technické v Brně  
Purkyňova 464/118, 612 00 Brno

**Kontaktní osoba:**

prof. Ing. Vladimír Adamec, CSc.  
vladimir.adamec@vut.cz

## 10. Přílohy

### Příloha č. 1: Návrh postupu pro zvyšování bezpečnosti pracovního prostředí zatíženého částicemi < 2,5 µm





## Příloha č. 2: Vzorový dotazník pro určení míry vnímání rizika ze strany zaměstnanců

\*Povinné pole

1) Moje pracovní náplň zahrnuje (lze označit více odpovědí): \*

- Řezání
- Vrtání
- Frézování (i CNC)
- Broušení
- Svařování
- Povrchové úpravy
- Lakování
- Jiné: \_\_\_\_\_

2) Jaké ochranné pracovní prostředky ke své práci používáte? (lze označit více odpovědí): \*

- pracovní oděv
- obličejový štít
- svářečské a ochranné brýle
- pracovní rukavice
- respirátor a jiné podobné součásti výstroje
- odsávání místní - stolní nebo přenosné (osobní)
- vzduchotechnika celková - odsávání místnosti, haly, společného prostoru
- Jiné: \_\_\_\_\_

3) Víte, co jsou to ultrajemné částice? \*

- Ano
- Ne

4) Setkal jste se v rámci vaší současné práce s pojmem ultrajemné částice? \*

- Ano
- Ne
- Nevím

5) Jaké riziko podle vás ultrajemné částice představují? \*

- Žádné riziko
- Velmi nízké riziko
- Nízké riziko
- Střední riziko
- Vysoké riziko
- Velmi vysoké riziko
- Nedokážu posoudit

6) Jaká/ý činnost/proces/provoz je dle vás nejvíce riziková/ý z hlediska ultrajemných částic? \*

---

---

7) Jak často jste vystaven interakci s ultrajemnými částicemi? \*

- Nikdy
- Jednou ročně
- Jednou za půl roku
- Jednou za 3 měsíce
- Jednou za měsíc
- Každý týden
- Každý den
- Nedokážu posoudit

8) Jaká zdravotní rizika jsou podle Vás spojena s výkonem práce v prostředí se zvýšeným výskytem ultrajemných částic z hlediska fyzického zdraví? \*

- Žádná
- Velmi nízká
- Nízká
- Střední
- Vysoká
- Velmi vysoká
- Nedokážu posoudit

9) Jaká zdravotní rizika jsou podle Vás spojena s výkonem práce v prostředí se zvýšeným výskytem ultrajemných částic z hlediska psychického zdraví? \*

- Žádná
- Velmi nízká
- Nízká
- Střední
- Vysoká
- Velmi vysoká
- Nedokážu posoudit

U následujících otázek posuďte míru souhlasu

- 1 - ne, vůbec nesouhlasím
- 2 - spíše nesouhlasím
- 3 - nevím, nedokážu posoudit
- 4 - spíše ano
- 5 - ano, zcela souhlasím

10) Jsou při školení o ochraně zdraví a bezpečnosti práce na pracovišti zahrnuty (mimo jiné) informace o ultrajemných částicích a práci s nimi? \*

	1	2	3	4	5	
Ne, vůbec nesouhlasím	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ano, zcela souhlasím

11) Jsou v provozu, kde pracujete, zavedeny systémy pro identifikaci, prevenci a řešení rizik při práci s ultrajemnými částicemi? \*

	1	2	3	4	5	
Ne, vůbec nesouhlasím	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ano, zcela souhlasím

12) Víte, jaká bezpečnostní opatření musíte dodržovat při práci s ultrajemnými částicemi? \*

	1	2	3	4	5	
Ne, vůbec nesouhlasím	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ano, zcela souhlasím

13) Máte znalosti, abyste mohl/a reagovat na jakékoli obavy o zdraví a bezpečnost zahrnující práci s ultrajemnými částicemi? \*

	1	2	3	4	5	
Ne, vůbec nesouhlasím	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ano, zcela souhlasím

14) Vnímáte používání ochranných prostředků jako zatěžující? \*

	1	2	3	4	5	
Ne, vůbec nesouhlasím	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ano, zcela souhlasím

15) Máte představu, jakou finanční hodnotu představují ochranné prostředky pro zaměstnavatele, které jsou používány při práci s ultrajemnými částicemi? \*

	1	2	3	4	5	
Ne, vůbec nesouhlasím	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ano, zcela souhlasím

16) Domníváte se, že nákup ochranných prostředků pro obsluhu má pozitivní vliv na odstranění nemocnosti pracovníků? \*

	1	2	3	4	5	
Ne, vůbec nesouhlasím	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ano, zcela souhlasím

17) Stresuje vás představa, že pracujete v prostředí, kde je nadměrný výskyt ultrajemných částic? \*

	1	2	3	4	5	
Ne, vůbec nesouhlasím	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ano, zcela souhlasím

### Příloha č. 3: Vyhodnocení vzorového dotazníku pro určení míry vnímání rizika ze strany zaměstnanců

**Skupina otázek 0** - Nehodnoceno (pouze informativní) – možnost ověření informací dostupných z dokumentace

Číslo otázky	Odpověď	Hodnocení
1)	-	-
2)	-	-
3)	-	-
6)	-	-

**Skupina otázek A** - míra informovanosti zaměstnanců o rizicích expozice jemným a ultrajemným částicím během výrobního procesu (na škále 1–5, kde 5 vyjadřuje nejvyšší možnou informovanost). Celkové hodnocení skupiny otázek vypočteno jako aritmetický průměr dílčích otázek zaokrouhlený na celá čísla.

Číslo otázky	Odpověď	Hodnocení
4)	Ano	5
	Ne	1
	Nevím	3
5)	Žádné riziko	1
	Velmi nízké riziko	3
	Nízké riziko	5
	Střední riziko	5
	Vysoké riziko	5
	Velmi vysoké riziko	5
	Nedokážu posoudit	1
7)	Nikdy	1
	Jednou ročně	3
	Jednou za půl roku	3
	Jednou za 3 měsíce	3
	Jednou za měsíc	3
	Každý týden	3
	Každý den	3
	Nedokážu posoudit	1
8)	Žádná	1
	Velmi nízká	3
	Nízká	5
	Střední	5
	Vysoká	5
	Velmi vysoká	5
	Nedokážu posoudit	1

Číslo otázky	Odpověď	Hodnocení
9)	Žádná	1
	Velmi nízká	3
	Nízká	5
	Střední	5
	Vysoká	5
	Velmi vysoká	5
	Nedokážu posoudit	1

**Skupina otázek B** - míra vnímání adekvátnosti stávajících bezpečnostních opatření pro snížení expozice pracovníků jemným a ultrajemným částicím na pracovišti (na škále 1–5, kde 5 vyjadřuje naprostou adekvátnost bezpečnostních opatření). Celkové hodnocení skupiny otázek vypočteno jako aritmetický průměr dílčích otázek zaokrouhlený na celá čísla.

Číslo otázky	Odpověď	Hodnocení
10)	1 – ne, vůbec nesouhlasím	1
	2 – spíše nesouhlasím	2
	3 – nevím, nedokážu posoudit	3
	4 – spíše ano	4
	5 – ano, zcela souhlasím	5
11)	1 – ne, vůbec nesouhlasím	1
	2 – spíše nesouhlasím	2
	3 – nevím, nedokážu posoudit	3
	4 – spíše ano	4
	5 – ano, zcela souhlasím	5
12)	1 – ne, vůbec nesouhlasím	1
	2 – spíše nesouhlasím	2
	3 – nevím, nedokážu posoudit	3
	4 – spíše ano	4
	5 – ano, zcela souhlasím	5
13)	1 – ne, vůbec nesouhlasím	1
	2 – spíše nesouhlasím	2
	3 – nevím, nedokážu posoudit	3
	4 – spíše ano	4
	5 – ano, zcela souhlasím	5
14)	1 – ne, vůbec nesouhlasím	5
	2 – spíše nesouhlasím	4
	3 – nevím, nedokážu posoudit	3
	4 – spíše ano	2
	5 – ano, zcela souhlasím	1

Číslo otázky	Odpověď	Hodnocení
15)	1 – ne, vůbec nesouhlasím	1
	2 – spíše nesouhlasím	2
	3 – nevím, nedokážu posoudit	3
	4 – spíše ano	4
	5 – ano, zcela souhlasím	5
16)	1 – ne, vůbec nesouhlasím	1
	2 – spíše nesouhlasím	2
	3 – nevím, nedokážu posoudit	3
	4 – spíše ano	4
	5 – ano, zcela souhlasím	5
17)	1 – ne, vůbec nesouhlasím	5
	2 – spíše nesouhlasím	4
	3 – nevím, nedokážu posoudit	3
	4 – spíše ano	2
	5 – ano, zcela souhlasím	1