



Strategie hodnocení chemické zátěže dýchací zóny osob v laboratořích ústavů AV a státních zkušeben

Waldman M., Vrtalová M.

85. konzultační den SZÚ

23. září 2021

V chemických laboratořích těchto institucí je třeba uplatňovat při ochraně zdraví některých osob a při kategorizaci jejich prací určité zvláštnosti. Náš příspěvek je zaměřen na skupinu zkušených zaměstnanců většinou s vědeckou kvalifikací a s dlouholetou experimentální praxí, **dále jen specialistů**. Jejich práce se vyznačuje tím, že určitou část pracovní doby samostatně obsluhují složité systémy, které produkují, nebo spotřebovávají plynné chemické látky. Jde o aparatury, jejichž klíčovou součástí jsou kupříkladu reaktory, pyrolyzery, mineralizátory, spalovací a tavné pícky a další. Obvykle jsou trvale instalovány na stolech v rozích laboratoří, jejichž pracovní desky jsou obestavěny (tzv. zaskříňovány) průhlednými stěnami. Vestavěná vzduchotechnika umožňující nucený pohyb vzduchu uvnitř skříní má zajistit odsávání chemických pár a/nebo plynů a zabránit jejich šíření do ostatního laboratorního prostoru, případně do spojovacích chodeb objektu. Zařízení obvykle není plně automatizováno a obsluha stojící nebo sedící na fixním stanovišti před skříní je nucena ji při provádění některých úkonů otevírat. Je proto pravidlem, že se v dýchací zóně na stanovištích udržuje za chodu těchto systémů charakteristický „chemický“ zápach. Specialisté jsou poučení chemici, u kterých je předpoklad, že znají vlastnosti par a/nebo plynů, které vdechují na stanovištích před skříněmi nechráněnými dýchadly. Přesto u některých trvale přetrvává pocit, že pracují ve „**ztíženém pracovním prostředí**“, což není nikde v jejich pracovních smlouvách explicitně specifikováno a při odměňování zohledněno.

V roce 2019 požádala skupina specialistů, aby byl na pracovní poradě s vedením přizván vedoucí NRL pro toxické plyny na pracovištích, která pracuje od roku 1992 na Centru hygieny práce a pracovního lékařství v rámci odborné skupiny pro hodnocení expozice chemickým látkám (vedoucí RNDr. Jaroslav Mráz, CSc.) SZÚ. Ten pozvání přijal a na mimořádné poradě vyložil léty prověřenou strategii, kterou NRL doporučuje akceptovat při organizaci laboratorních provozů. Protože zásady této strategie nejsou k dispozici v oficiálních písemnostech NRL, přislíbila, že na toto téma vystoupí na konzultačním dni. Vystoupení bylo připraveno již v roce 2020, avšak epidemiologická situace dala tuto příležitost až letos.

Aktivita specialistů souvisí s formulací uvedenou v Zákoníku práce.

„Za dobu práce ve ztíženém pracovním prostředí přísluší zaměstnanci příplatek.“

Volně podle Zákoníku práce
(zákon č. 262/2006 Sb.), §117

[2]

Kdy tedy lze ve smyslu Zákoníku práce u specialistů mluvit o ztíženém pracovním prostředí v důsledku přítomnosti par a/nebo plynů chemických látek ve vzduchu? Platné Nařízení vlády z roku 2006 mnoho nenapoví.

„Ztíženým pracovním prostředím je prostředí, ve kterém je výkon práce spojen s mimořádnými obtížemi vyplývajícími z vystavení (mimo jiné) účinku chemických látek.“

Volně podle Nařízení vlády č. 567/2006 Sb.,
ve znění pozdějších předpisů, §6

[3]

Co se rozumí výkonem práce spojeným s mimořádnými obtížemi?

Specialisté vědí, že **čichový práh (mez postřehu)**, tj. nejnižší koncentrační hladina chemické látky v plynném stavu, která vyvolá u lidí se zdravými nosními (mukosními) membránami čichový vjem, nemůže být charakterizována číslem, ale pouze číselným rozpětím. Důvodem jsou v toxikologii běžné fyziologické (interindividuální) rozdíly mezi „**dávkou a jejím účinkem**“, které se uplatňují podobně jako u léčiv. „**Čichová rozpětí**“ jsou pro většinu par a plynů k dispozici každému specialistovi v odborné toxikologické literatuře. V minulosti byla stanovena na podkladě pečlivých pokusů s dobrovolníky a představují pro každého experimentujícího chemika cenné informace. Někdy je jejich šíře překvapivá, což skrývá určitý problém. Tolerované koncentrační hladiny, které se určují pro ochranu zdraví při práci bez ochrany dýchadel, totiž ve formě rozpětí uváděny nejsou. Vyhlašují se ve formě absolutních čísel, které platí jednotně pro všechny osoby. Jedinou výhodou tohoto mezinárodně přijatého principu je, že jako směrné hraniční hodnoty umožňují snadněji porovnávat a hodnotit výsledky kontrolních měření. Proto nesmí překvapovat, že existují páry i plyny, které některým jedincům „nepříjemně páchnou“ i tehdy, je-li jejich koncentrační hladina v dýchací zóně pod vyhlášeným limitem. NRL akceptuje fakt, že některé limity vyhlášené např. pro páry vybraných rozpouštědel nebo pro metanal (formaldehyd) mohou u vnímavějších jedinců vyvolat i dráždění očních spojivkových vaků či díky rozpustnosti ve slinách i pachuť v ústech. Je ale nutno mít stále na zřeteli, že ani intenzivní zápachy u některých skříní, které mohou vyvolat u některých specialistů během směny diskomfort a případně i stresové pocity na jejím konci, nestačí jako podklad pro klasifikaci, že jde ve smyslu Zákoníku práce o ztížené pracovní prostředí nebo dokonce, že jde, v důsledku neuspokojivého vzduchotechnického zabezpečení, o porušování Zákoníku práce.

NRL se při odborných konzultacích setkala s chybováním některých specialistů při interpretaci limitů oficiálně používaných při hodnocení prostředí. Pro průmyslové chemické látky (rozumí se plynném stavu ve vzduchu) jsou k dispozici limity dva, **krátkodobý a směnový**. Nesou označení **NPK-P** a **PEL** a jsou vyjadřovány v miligramech v metru krychlovém vzduchu (seznam viz Nařízení vlády č 361/2007 Sb., v platném znění).

První limit, **NPK-P**, který je zpravidla tři až pětkrát vyšší než druhý, představuje **průměr okamžitých koncentračních hladin páry nebo plynu v dýchací zóně vztažený fixně na 10 minutový interval činnosti (expoziční interval) osoby na pracovním stanovišti (před skříní)**. Je tedy nesprávné tento limit porovnávat s vysokou okamžitou koncentrační hladinou vznikající obvykle při náhlých výronech páry nebo plynu do dýchací zóny, například při otevírání skříně. Číselná hodnota NPK-P implicitně skrývá **nejdůležitější veličinu průmyslové toxikologie, kterou je dávka. Dávka vyjadřuje hmotnost (v mikrogramech), kterou smí osoba s plicní ventilací nejvýše 20 litrů vzduchu za minutu jednorázově v intervalu deseti minut vdechnout**. Je-li například pro kyanovodík hodnota NPK-P rovna 10 mg/m^3 , pak oficiálně tolerovaná vdechnutá dávka je 2 000 mikrogramů ($10 \text{ } \mu\text{g/litr} \times 20 \text{ litr/min} \times 10 \text{ min}$). K dokreslení je vhodné uvést, že jde pro tento expoziční interval o méně než desetinu letální (životně nebezpečné) dávky.

Druhý limit, **PEL**, představuje **průměr krátkodobých koncentračních hladin ve vzduchu vdechnutém za úhrnný čas inhalační expozice (rozumí se na stanovišti před skříní) přepočtený na dobu trvání celé směny (u specialistů jde zpravidla o pracovní dobu osmihodinovou)**. S rizikem atakování tohoto limitu se NRL v laboratořích AV a ve zkušebnách ještě nesetkala. Tato skutečnost problematiku ochrany zdraví specialistů značně zjednodušuje. Důvodem je, že náplň jejich experimentální chemické

činnosti se v jednotlivých směnách nepravidelně mění a celková doba inhalační expozice na stanovištích pravidelně představuje jen zlomek ze 480 minut.

Co tedy doporučuje NRL specialistům, jak postupovat mají-li podezření, že jejich stanoviště před skříní s aparaturou je ztížené pracovní prostředí? Radí vzít průzkum chemické zátěže vdechovaného vzduchu do vlastních rukou a zavést jej jako za nedílnou periodickou součást vlastní odborné aktivity v laboratoři. Je v zájmu zdraví každého specialisty, aby věděl při své práci u skříně, nejen, které chemické látky vdechuje, jaké jsou jejich fyziologické limity a toxikologické limity, ale také, jaká je průměrná výše inhalačních expozic za každý desetiminutový interval. Oproti zaměstnancům pracujícím v prostředí s chemickými látkami pod vedením, například v průmyslové hale, mohou specialisté využívat několik unikátních výhod. Mají čas studovat potřebnou odbornou literaturu, mají odpovídající manuální dovednosti, a hlavně, mohou svoji činnost před a i uvnitř skříně měnit a/nebo reorganizovat.

Prvním úkolem každého specialisty je určit, které druhy par a/nebo plynů rozhodují o toxikologické významnosti jeho inhalačních expozic. Jen hladiny těchto látek je smysluplné blíže zkoumat. Zabývat se minoritami, jejichž obsah může být z fyzikálně-chemických důvodů ve vzduchu pouze stopový, nebývá přínosné. Není problémem identifikovat dominantní páru nebo plyn tehdy, představuje-li funkční (reakční) složku dávkovanou do aparatury. Složitější je situace, je-li vzduch v dýchací zóně na stanovišti pod vlivem složité směsi, například pyrolýzních zplodin. Není-li blíže známo, které plynné zplodiny aparatura emituje, je namíste požádat o spolupráci některou chemickou laboratoř disponující identifikační analytickou instrumentací (např. GC-MS). NRL se v minulosti taková praxe vícekrát osvědčila. V rámci vyžádaných předběžných konzultací se v minulosti zdařilo identifikovat a zhodnotit řadu toxikologicky závažných plynných zplodin pyrolýzy polyfluorethylenu (Teflonu), které vznikají při technologickém zpracovávání moderních kovových polotovarů chráněných fólií tohoto odolného plastu proti povětrnostním vlivům.

V okamžiku, kdy se správně určí, na které látky je třeba se zaměřit, je v současnosti situace schůdná pro každého, tj. i pro osoby, které se nepovažují za chemicko-analytické odborníky. **Svépomocné určování koncentračních hladin na pracovních stanovištích umožnila dostupnost pomůcek a přístrojů, které jsou vesměs továrně vyráběny v provedení „ready for use“.** Pro orientační průzkum výše krátkodobých koncentračních hladin doporučuje NRL užít jeden ze dvou možných způsobů. Lze provádět periodická měření nepřímá nebo přímá.

Pro periodická **nepřímá měření** doporučuje NRL zakoupit do laboratoře některý typ bateriového čerpadla v nevybušném provedení. Vyrábí se opatřena závěsem pro upevnění na opasek, který používají hasiči. Na trhu je třeba vybrat čerpadlo, které je schopno během 10 minut zajistit nucené prosátí 5 až 20 litrů vyšetřovaného vzduchu kolektorem. Obvyklý aerodynamický odpor kolektorů nepřekračuje 2 000 Pascalů, což umožňuje dodržet při nastaveném průtoku 500 až 2 000 ml/min konstantní proudění vzduchu. Na trhu jsou tovární skleněné kolektory dvojího typu. Prvním typem jsou zatavené trubice obsahující lože 50 až 200 mg granulovaného sorbentu (průměr zrn 0,3-0,7 mm). Před připojením k čerpadlu se oba zatavené konce odlamují a zabrušují. Druhým typem jsou aparátky tzv. „promývačky vzduchu“, umožňující sáním prohánět vyšetřovaný vzduch, dispergovaný do drobných bublinek, sloupcem kapaliny. Konstrukčně jsou uzpůsobeny tak, aby jejich nádobka mohla být plněna 10 mililitry absorpčního činidla (lze rovněž přikoupit). Vzorky analytů, tj. látek izolovaných granulemi sorbentu nebo absorpční kapalinou, se zasílají k analýzám

do laboratoří k instrumentální analýze. Takové laboratoře jsou v každém objektu AV nebo zkušebny k dispozici.

Specialisté však dnes stále častěji upřednostňují prostředky pro **přímá měření**. Poskytují potřebné chemicko-analytické informace rychleji a bez asistence ústavní laboratoře. Jde o elektronické přístroje velikosti fotoaparátu, které nabízí na našem trhu již řada zahraničních firem. K dispozici jsou prakticky pro všechny plyny a páry. Přenosná bateriová měřidla umožňují se zanedbatelným zpožděním monitorovat okamžité koncentrační hladiny, přičemž v průběhu monitoringu si je uživatelé obvykle zavěšují na hrud. Hodnoty, které se odečítají v nastavitelných několikavteřinových intervalech, se ukládají do elektronické paměti. Většina nejnovějších měřidel na trhu má již zabudován potřebný algoritmus pro přepočítání okamžitých hladin na desetiminutový integrální průměr (potřebný pro porovnávání s NPK-P).

Předpokládejme nyní v závěru tohoto příspěvku, že specialista takto svépomocí odhalí, že se na jeho pracovním stanovišti u skříně udržují v dýchací zóně nadlimitní koncentrační hladiny. Informuje o této skutečnosti **bezpečnostního technika. Ten má možnost obrátit se na NRL s žádostí o metodickou pomoc. Jde o klíčový moment, kdy NRL uplatňuje svá metodická doporučení v praxi. Je informován, že v dané situaci může postupovat dvojím způsobem:**

Možnost první:

Bezpečnostní technik učiní zákonné kroky k tomu, aby pracovní stanoviště specialisty bylo oficiálně uznáno jako **pracovní prostředí, kde je nutno vykonávat pracovní úkony spojené s rizikem poškození zdraví účinkem chemických látek, zkráceně „práce kategorie č. 3“**. Znamená to povolat oprávněného (akreditovaného, nebo jinak zplnomocněného) měřitele, aby překračování limitů potvrdil měřením schválenou metodikou a vystavil závazný protokol s výsledky a dalšími předepsanými údaji o charakteru inhalační expozice. Vyhlášení kategorie č. 3 pro práci určité osoby se děje na podkladě takového protokolu ve smyslu Vyhlášky MZ ČR z roku 2003.

„Do třetí kategorie se zařazují práce,
při nichž jsou překračovány
hygienické limity.
Koncentrace v dýchací zóně
pracovníků překračují hodnoty PEL,
ale nepřekračují hodnoty NPK-P.“

Volně podle Vyhlášky č. 432/2003 Sb.,
ve znění pozdějších předpisů, §3

{ 4 }

Vedení každé AV nebo státní zkušebny má z přeřazení práce některých laboratorních zaměstnanců do 3. kategorie pochopitelné obavy. Ví, že je spojeno s určitými mimořádnými výdaji. Jako všichni ostatní zaměstnavatelé musí periodicky hradit kontrolní chemicko-analytická měření v jejich dýchací zóně, hradit jejich pravidelné zdravotní prohlídky a v některých případech i opakované analýzy jejich biologického materiálu.

Možnost druhá:

Bezpečnostní technik umožní vedoucímu NRL **provést technickou prohlídku pracovního stanoviště a skříně s aparaturou**. Takové prohlídky jsou prováděny za účasti samotného specialisty i bezpečnostního technika. Jejich smyslem je především vyhledat uvnitř skříně na aparatuře hlavní zdroje úniku chemických látek. NRL k tomuto účelu užívá orientačních indikačních zkoušek pomocí nasávačů s kolorimetrickými detekčními trubicemi. Dále se při technické prohlídce posuzuje, zda s přihlédnutím k poloze zdrojů jsou správně rozmístěny prvky instalované vzduchotechniky. S využitím kouřových zkoušek se zkoumá směr nuceného proudění vzduchu ve vztahu k poloze vestavěných odsávacích vyústek. Dlouholetá praxe NRL v této činnosti potvrdila, že aparatury nejsou často ve skříních rozmístovány tak, aby bylo sacího výkonu ventilátoru maximálně využito. Nejen v továrních halách, ale i v laboratořích je zakořeněn nešvar, že vzduchotechniku staví a odzkoušuje specializovaná firma předem, tj. před přivezením a instalací chemického zařízení.

Takto se obvykle zdaří nalézt ve skříní skryté rezervy a doporučit realizaci levných a snadno proveditelných technických opatření (přemístění odsávacích vyústek, instalace výsuvných odsávacích nástavců, instalace dálkově ovládaných ventilů, apod.), která ochranu vzduchu v dýchací zóně na pracovním stanovišti významně zlepší.

Ani tehdy, jestliže se při technické prohlídce nenaleznou realizovatelná technická opatření, nebývá ještě nutné uvažovat o zařazení práce specialisty do 3. kategorie. V rezervě je vždy ještě možnost navrhnout organizační opatření při obsluze aparatur z pracovních stanovišť. NRL jimi rozumí zejména možnost rozdělit celkovou dobu potřebnou k obsluze aparatury na sérii kratších časových intervalů, z nichž každý je kratší než 10 minut. Takový pracovní režim se osvědčil například u aparatur s mineralizátory, v nichž dochází k zahřívání reakčních směsí obsahující roztok kyseliny fluorovodíkové. Plyný fluorovodík, vyznačující se ve vzduchu vysokou difuzivitou, je při krátkodobých inhalačních expozicích tolerován do koncentračních hladin $2,5 \text{ mg/m}^3$ (NPK-P odpovídá maximálně povolené vdechnuté dávce až 500 mikrogramů, tj. $2,5 \text{ } \mu\text{g/litr} \times 20 \text{ litr/min} \times 10 \text{ min}$). Udrží-li se průměr okamžitých koncentračních hladin například blízko 5 mg/m^3 , je tolerovaná vdechnutá dávka dodržena zkrátí-li se provádění pracovních úkonů na pracovním stanovišti na intervaly v trvání maximálně 5 minut.

Zkušenost NRL učí, že specialisté setrvávají v blízkosti svých stanovišť u skříní a mají nežádoucí inhalační expozici i tehdy, není-li to provozně nutné. Vzduch u křesla pracovního stolu s osobním počítačem, případně u příruční knihovny by neměl být v dosahu chemických látek unikajících ze skříně. Je-li taková skutečnost zjištěna v rámci technické prohlídky, doporučí NRL reorganizaci laboratorního prostoru s využitím drobné stavební úpravy. V ideálním případě tím rozumí oddělení části laboratoře se zaskříňovanou aparaturou zděnou příčkou s vestavěnými dveřmi. V moderně zřizovaných laboratořích je praxe, kdy specialista veškerou činnost, při které chemicky neexperimentuje, provádí v odděleném prostoru, již pravidlem. NRL je si však vědoma, že ve starších, zpravidla rekonstruovaných objektech, které v minulosti nesloužily k experimentování s chemickými látkami, vyžadují i drobné stavební úpravy souhlas několika lidí.

Uplatňováním strategie doporučování technických a organizačních opatření se v minulosti dařilo NRL ve spolupráci s bezpečnostními technikami nalézat podmínky, aby práce specialistů AV a zkušebních laboratoří mohla být ve smyslu Vyhlášky MZ ČR č. 432 z roku 2003 trvale klasifikována kategorií č. 2, tj. bez rizika poškozování zdraví účinkem chemických látek.