1.4.3 Chemické látky v pracovním ovzduší

V dnešní době tráví většina lidí až 80 % svého času ve vnitřních prostorách různých budov (Holoubek, online), přičemž nemalá část z tohoto času je doba strávená na pracovišti. Přitom v pracovním prostředí se mohou vyskytovat i chemické látky a přípravky (chemické škodliviny), z nichž mnohé mohou přecházet i do pracovního ovzduší. Zvyšování koncentrací znečišťujících látek v pracovním ovzduší pak ještě podporuje nedostatečná výměna vzduchu (zvláště v průmyslových halách, ale i uzavřených kancelářských komplexech s nucenou cirkulací vzduchu), takže v konečném důsledku dochází k výraznému zhoršování mikroklimatických podmínek. Jelikož je **mikroklima** utvářeno souborem fyzikálních a chemických faktorů ovlivňujících stav (pracovního) prostředí ve vymezeném prostoru, je akumulace škodlivin z hlediska BOZP nežádoucí. Stále více se však ukazuje, že kvalita pracovního ovzduší hraje v tomto směru výraznou roli, nicméně hlubšímu studiu v této oblasti nebyla doposud věnována přílišná pozornost.

Z praxe v oblasti BOZP dobře víme, že největší nebezpečí jsou obvykle ta, která jsou skrytá nebo potenciální či pouze s teoretickým vznikem nežádoucího důsledku. Obecnou povinností zaměstnavatelů proto je minimalizovat negativní působení všech rizikových faktorů, což předpokládá nejen znát charakter a míru rizika, ale i kontrolovat, zda nedochází k zhoršování stavu. Pro hodnocení kvality pracovního ovzduší proto byly stanoveny tzv. přípustné expoziční limity, které vlastně slouží k porovnání analyticky zjištěných (naměřených) koncentrací daných látek s mírou rizika poškození zdraví, které je pro osmihodinovou expozici pro jednotlivce ještě přijatelné. Těmito expozičními limity jsou přípustný expoziční limit (PEL)[6] a nejvyšší přípustná koncentrace látky v pracovním ovzduší (NPK-P)[7]. Tyto limity byly stanoveny pro konkrétní látky, se kterými se lze setkávat v pracovním prostředí. Podle vyhlášky č. 432/2003 Sb., kterou se stanoví podmínky pro zařazování prací do kategorií, pak platí, že při dané práci (resp. v daném pracovním prostředí, ve kterém se pracovník nachází) není pravděpodobný nepříznivý vliv na zdraví člověka, pakliže:

---

6 Celosměnový časově vážený průměr koncentrací plynů, par nebo aerosolů v pracovním ovzduší, jimž může být podle současného stavu znalostí vystaven zaměstnanec v osmihodinové nebo kratší směně týdenní pracovní doby, aniž by u něho došlo i při celoživotní pracovní expozici k poškození zdraví, k ohrožení jeho pracovní schopnosti a výkonnosti. Přípustný expoziční limit je stanoven pro práci, při které průměrná plicní ventilace zaměstnance nepřekračuje 20 litrů za minutu za osmihodinovou směnu. Koncentrace chemické látky nebo prachu v pracovním ovzduší, jejímž zdrojem není technologický proces, nesmí překročit 1/3 jejich přípustných expozičních limitů.

7 Taková koncentrace chemické látky, které nesmí být zaměstnanec v žádném úseku směny vystaven. Při hodnocení pracovního ovzduší lze porovnávat s nejvyšší přípustnou koncentrací dané chemické látky časově vážený průměr koncentrací této látky měřené po dobu nejvýše 15 minut. Takové úseky s vyšší koncentrací smí být během osmihodinové směny nejvýše čtyři, hodnocené s odstupem nejméně jedné hodiny.

- Průměrné celosměnové koncentrace chemických látek v pracovním ovzduší nejsou vyšší než 0,3 násobku jejich hodnot PEL, a zároveň nepřekračují během směny ani hodnotu PEL ani hodnotu NPK-P.

- V případě směsí chemických látek s předpokládaným aditivním účinkem je součet podílů celosměnových průměrných koncentrací jednotlivých látek a jejich hodnot PEL nižší než 0,3 (na základě současného poznání).

Ovšem takový přístup lze objektivně použít pouze tehdy, kdy jsou u exponovaných osob sledovány specifické zdravotní následky způsobené relativně vysokými (avšak ještě „bezpečnými“) koncentracemi konkrétních chemických látek během relativně krátké doby (řádově hodiny, maximálně týdny, aby bylo možné vyloučit působení jiných faktorů nebo chemických látek). Ačkoli PEL předpokládá, že ani při celoživotní pracovní expozici nedojde k poškození zdraví, k ohrožení pracovní schopnosti nebo výkonnosti člověka, jeho vypovídací schopnost ale se snižující se koncentrací látky a s narůstající délkou expozice značně klesá. Ze své podstaty PEL totiž uvažuje pouze prahový toxický účinek dané látky – tedy kumulativní dávka získaná celoživotní pracovní expozicí by neměla „bezpečný“ teoretický práh překročit. Ovšem řada látek vykazuje bezprahové účinky, a u celé řady látek se navíc doposud ani jednoznačně neví, jaké následky mohou způsobovat jejich nízké koncentrace, kterým jsou lidé vystaveni po dlouhou dobu. A protože v žádném pracovním prostředí není člověk vystaven pouze jedné látce, je nutné uvažovat také velmi pravděpodobné kumulativní působení chemických látek na lidské zdraví, které je zvláště nebezpečné právě při nízkých koncentracích a dlouhých expozicích. U exponovaných jedinců tak vznikají nespecifické zdravotní účinky, jejichž příčiny lze jen těžko odhalovat. Přímou spojitost s pracovním prostředím může indikovat pouze relativně vysoká četnost sekundárních projevů, jako je vyšší míra pracovní neschopnosti či obdobné subjektivní obtíže u většího počtu pracovníků, jakými jsou například bolest hlavy, únava či pálení očí. Zvláštní postavení mezi látkami, které mohou způsobovat tyto nespecifické následky, jsou i těkavé organické látky a odéry (Rupová a Skřehot, 2009), kterým jsme vystaveni téměř neustále.

Těkavé organické látky

Vzduch na pracovištích bývá kromě plynů a par emitovaných při nakládání s chemickými látkami často znečištěn i kapalnými či pevnými aerosoly v podobě prachu, tabákového kouře, roztočů či pylů, a dále minoritními látkami, jako jsou těkavé organické látky (VOC). V průmyslu jsou tyto látky obvykle emitovány z výrobních technologií (např. při tepelném zpracování plastů a pryže, manipulaci s organickými rozpouštědly, odmašťovadly či barvami, při skladování a distribuci benzínů, v laboratořích apod.), dále z plastických hmot obsažených ve vybavení

pracovišť (např. z umělých podlahových krytin, nátěrů stěn, nábytku apod.) anebo jsou jejich zdroji fugitivní emise[8].

Dá se říci, že neexistuje téměř žádné pracoviště, kde bychom se s VOC nesetkávali. Jejich toxikologické vlastnosti a mechanismus působení na člověka se navzájem liší. V pracovním prostředí ze skupiny těkavých organických látek můžeme nejčastěji nalézt jak aromatické organické látky (toluen, benzen, xylen, styren a etylbenzen), tak i alifatické uhlovodíky[9]. VOC mají neurotoxické účinky a způsobují s ohledem na složení a koncentraci jednotlivých látek v pracovním ovzduší specifické i nespecifické následky. Specifické následky lze připsat působení dané konkrétní látky a obvykle jsou na základě epidemiologických studií poměrně dobře poznány. Nespecifické následky jsou pak takové subjektivní zdravotní obtíže, které neodpovídají popsaným toxikologickým účinkům jednotlivých látek, ale jsou způsobeny synergickým působením malých koncentrací směsi sloučenin. Jedná se nejčastěji o bolesti hlavy, poruchy koncentrace, poruchy motoriky, závrať, nauseu a zvracení.

Největší nebezpečí v pracovním prostředí představuje s ohledem na svou toxicitu **benzen**, který je prokázaný karcinogen. S ohledem k jeho genotoxickým vlastnostem pro něj nelze stanovit teoreticky bezpečný limit (PEL, NPK), takže jakýkoli jeho výskyt v ovzduší je nežádoucí. Nejčastější cestou vstupu benzenu do organismu je inhalace. Bylo zjištěno, že přibližně polovina vdechnutého množství benzenu je organismem absorbována. Vzhledem k jeho vysoké rozpustnosti v tucích je benzen distribuován zejména do tkání bohatých na tuk, jako jsou tuková tkáň, kostní dřeň a mozek. Toxicita benzenu pocházejícího z inhalační expozice se u lidí projevuje poškozením centrálního nervového systému, hematologickými a imunologickými následky. Expozice velmi vysokým koncentracím (většími než 3200 $mg.m^{-3}$) vedou ke vzniku neurotoxického syndromu, zánětům respiračního traktu a krvácení do plic. Trvalá expozice vysokým koncentracím může zapříčinit poškození kostní dřeně vedoucí k pancytopenii.

Hodnocení rizika expozice benzenu bylo nově posuzováno za použití metod matematické extrapolace z vysoké na nízkou expozici. Při užití epidemiologických dat dávají různé matematické modely odhady vzestupu pravděpodobného úmrtí na leukemii v důsledku třicetileté pracovní expozice 3 $\mu g.m^{-3}$ benzenu sahající od 3 do 46 z 1000 lidí vystavených škodlivině. Odhadovaná rizika z nízkých expozic sahají od 0,08 do 10 případných případů úmrtí na leukemii na milion lidí pro celoživotní

8 Úniky znečišťujících látek případnými netěsnostmi procesních aparátů, potrubních tras, čerpadel, kompresorů, potrubních tras a jejich příslušenství.

9 Může se jednat jak o jednoduché uhlovodíky kromě metanu (tj. alkany a alkeny), tak o deriváty uhlovodíků (alkoholy, aldehydy, ketony, estery, aminy, chlorované uhlovodíky – např. acetaldehyd, formaldehyd, akrolein, akrylamid, methanol, ethanol, aceton, chloroform, vinylchlorid, dichlormethan, dichlorethen, trichlorethen, tetrachlorethan apod.).

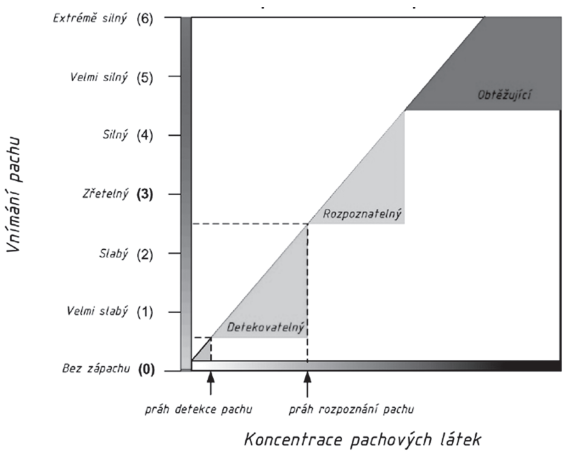
expozici benzenu 1 $\mu g.m^{-3}$. Pomocí různých matematických modelů byla odhadnuta jako nejpravděpodobnější míra individuálního rizika $8,1.10^{-6}$ (Šuta, 2008).

V neprůmyslovém prostředí (interiéry budov i venkovní prostředí) se VOC nevyskytují izolovaně, ale jako suma sloučenin v podprahových koncentracích, při kterých nejsou pozorovány toxikologické účinky známé u jednotlivých látek. V domácnostech je možné identifikovat asi 2000 různých chemických sloučenin, jen však asi padesát se jich vyskytuje běžně, z nichž jen asi deset má prokázané či předpokládané závažné zdravotní účinky. Hlavním zdrojem těkavých organických látek v interiérech je kouření, používané čisticí prostředky, deodoranty, kosmetické přípravky, osvěžovače vzduchu, vonné oleje, nátěry, barvy a laky, koberce, podlahoviny, fungicidy, desinfekční, deratizační a desinsekční prostředky. Venkovní vzduch, zejména v bytech umístěných v blízkosti hustého dopravního provozu, má významný podíl na výsledné koncentraci ve vnitřním prostředí (Šuta, 2008).

Pachové látky

Některé z VOC nacházejících se v pracovním ovzduší se spolu s cigaretovým kouřem, tělesnými pachy produkovanými lidmi (tzv. antropotoxiny), popřípadě pachy z jídla podílejí na **odérovém mikroklimatu**. Pachové látky jsou těkavé plynné látky anorganického nebo organického původu, které vnímáme jako pachy (jednak příjemné – vůně, nebo nepříjemné – zápachy). Vnímaná příjemnost/nepříjemnost je určena na základě subjektivního pocitu exponovaného jedince, tzv. hedonickým tónem (Auterská, 2006). U některých senzitivních jedinců mohou i nízké koncentrace pachových látek v ovzduší způsobovat značný diskomfort a zdravotní obtíže.

Podle nařízení vlády č. 361/2007 Sb. by pracovní ovzduší mělo být prosté nežádoucích pachů, takže se na běžných pracovištích (vyjma např. potravinářského průmyslu, či zemědělství) ani prioritně nepředpokládají. Jiným případem samozřejmě je záměrné přidávání tzv. pozitivních odérů, se kterými se můžeme občas setkávat například u velkoprodejen nebo čajoven, kde mají za cíl navozovat u zákazníků příjemné pocity (Jokl, 2002). Koncentrace pachových látek ať už pozitivních či negativních, nacházejících se v pracovním ovzduší, je většinou velmi nízká. Pachové látky jsou olfakticky (čichem) vnímány individuálně a vždy až od určité koncentrace, tzv. prahu rozpoznání pachu. Vztah mezi vnímáním intenzity pachu a koncentrací pachových látek je znázorněn na obrázku 5.



Obrázek 5: Vztah mezi vnímáním pachu a rozpoznáním pachu (Odour, 2006a, online).

Důležitou roli v tomto směru hraje i tzv. smyslová únava. Jedná se o stav adaptace smyslů s následným poklesem citlivosti (ČSN EN 13725). Nízké koncentrace látek přítomných v ovzduší si nemusíme po čase vůbec uvědomovat. Studie mozkové reakce pomocí EEG naznačuje, že chemické látky přítomné v okolním vzduchu i v koncentracích pod čichovým prahem mohou ovlivnit nervový systém bez lidského vědomí (Auterská, 2006). Největším nebezpečím expozice pachovým látkám je tedy jejich dlouhodobé působení v malých koncentracích, které jsou exponovanými jedinci obvykle těžko rozpoznatelné. Výsledky nejnovějších výzkumů ukazují, že pachy u člověka způsobují dokonce nejvýraznější smyslovou odezvu a bezprostředně tak ovlivňují jeho psychický stav. Žádná jiná smyslová funkce údajně není tak silně spojena s informacemi uloženými v podvědomí právě jako čich (Odour, 2006b). Zaznamenaný pachový signál je porovnán s tím, co je již uloženo v paměti, abychom byli schopni říci, zda je nám vůně příjemná, a které ze známých vůní je daný pach nejvíce podobný (Bílek, 2005).

Libé či nelibé pachy vyvolávají vzpomínky na rozličné zážitky, které má naše podvědomí spjato s konkrétním pachem. Vzpomínky s emocionálním podtónem mají následně pozitivní či negativní vliv na naši náladu. Vnímaná libost (vůně), či nelibost (zápach) daných pachů je velmi individuální a v průběhu času se může měnit i u každého jedince. Obecně jsou na vnímání pachů mnohem senzitivnější ženy než muži (Plháková, 2007). Nadměrně citlivý čich mají především v těhotenství a v době kojení. Zvýšené vnímání pachových látek můžeme pozorovat i při zánětu ledvin, migréně, při zvýšené hladině cukru v krvi a před jakýmkoliv blížícím se onemocněním (Jokl, 2002).

Čichové vjemy hrají důležitou úlohu i při komunikaci. Pachové látky přítomné v ovzduší jednoznačně ovlivňují naši náladu a tím i vzájemné chování. Příjemné vůně navozují pocit pohody a harmonie, zlepšují nejen náladu, ale i soustředění, odbourávají stres, pomáhají rychleji a lépe dosahovat vytýčených cílů, a na celkový zdravotní stav působí pozitivně (Haraslínová, 2007; Bílek, 2005). Pachy mohou mít bohužel i nepříznivý vliv, kdy kromě bolesti hlavy, ztráty soustředění a výkonnosti mohou způsobit i pocit nevolnosti a ztrátu chuti. Intenzivní pachy pak mohou dokonce vyvolávat až zvracení, nevolnost a prudkou bolest hlavy. Při dlouhodobém působení se mohou dostavit i stavy úzkosti, deprese a chronické únavy (Odour, 2006b; Morávek, 2005). Bylo zjištěno, že lidé nejméně příznivě reagují na pachy, které lze nazvat „odéry naší civilizace". Jedná se o různá barviva, oleje, fotografické chemikálie, některé prací prostředky apod. U 80 % osob vyvolávají tyto pachy špatnou náladu, v extrémních případech i pocity hněvu a pobouření (Jokl, 2002).

Aby byla zaručena požadovaná kvalita pracovního ovzduší, je nařízením vlády č. 361/2007 Sb. o podmínkách ochrany zdraví při práci, stanoveno, že minimální množství venkovního vzduchu přiváděného na pracoviště musí být požadovaným způsobem navýšeno při zvýšené zátěži prostoru teplem, pachy nebo kouřením. Potřeba minimálního množství vyměněného vzduchu za jednotku času se pak určuje s ohledem na fyzickou náročnost vykonávané práce. Pokud jde o venkovní ovzduší, pak požadavky na jeho kvalitu řeší zákon č. 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší. Zde jsou kromě požadavků na snižování emisí běžných znečišťujících látek zmíněny také pachové látky. Stanovením přípustné míry obtěžování zápachem, intenzity pachů, či způsoby zjištění přípustné míry obtěžování zápachem a způsoby stanovení koncentrace pachových látek v ovzduší se zabývá vyhláška č. 362/2006 Sb. a okrajově také vyhláška č. 356/2002 Sb. Technické parametry a způsob stanovování koncentrací pachových látek pak řeší norma ČSN EN 13725, kde je popsán způsob aplikace metody dynamické olfaktometrie, tj. měření odezvy posuzovatelů na olfaktický podnět při expozici pachovým látkám. Tuto normu je možno aplikovat ale pouze pro stanovování pachů ve vnitřním prostředí.

Syndrom nemocných budov

Přibližně od 70. let 20. století se objevuje problém lidí pracujících v nově vybudovaných administrativních budovách, který byl s ohledem na své projevy nazván syndrom nemocných budov, známý jako SBS (z angl. Sick Building Syndrome). Jedná se o soubor nespecifických obtíží, které zpravidla nejsou tak závažné, aby způsobily pracovníkům pracovní neschopnost pro nemoc. Jistou zvláštností je, že konkrétní příčina SBS není zatím dostatečně objasněna. Udává se, že více než 30 % nově postavených a rekonstruovaných budov má příznaky SBS. Společným rysem těchto budov je vyšší výskyt negativních zdravotních příznaků, pocitů nepohody a nespokojenosti. Nejčastějšími příznaky jsou zrakové potíže (slzení, pálení, zarudlé, suché oči), záněty horních cest dýchacích

(ucpaný nos, svědění, sucho a škrábání v nose), kožní příznaky (svědící, suchá kůže, vyrážky). Časté jsou také bolesti hlavy, celková únava, nespavost, zažívací potíže, podrážděnost, zhoršená pozornost, pocity ztráty soukromí atd. (Attavena, 2007).

Dlouhodobé studie ukazují, že se na vzniku SBS podílí více příčin, které se v praxi různě kombinují a překrývají. Jedním z aspektů jsou i psychologické problémy související s charakterem vykonávané práce, velkým kolektivem, pracovním nasazením a hlukem. Důležitou roli hraje i náplň práce a osobnostní charakteristika pracovníků. „Nemocné“ budovy mají několik společných rysů:

- Byly postaveny v posledních 40-ti letech.
- Soustřeďuje se zde velké množství lidí, plastických hmot, výpočetní a komunikační techniky.
- Jsou klimatizovány.
- Ovzduší je znečištěno prachem, tabákovým kouřem, ozónem, VOC a pachy (odéry).
- Je zde nevhodná celková úroveň větrání, nastavení teploty a hladina vzdušné vlhkosti.
- Osvětlení je blikající, ostré a oslňující.
- Náplň práce zaměstnanců je rutinní a netvůrčí apod.

Z výše uvedeného je tedy zjevné, že v těchto budovách dochází ke kumulativnímu působení řady rizikových faktorů pracovního prostředí, s následky mnohem výraznějšími, než jaké bychom očekávali při působení jednotlivých činitelů samostatně. Zmíněné spojitosti působení vybraných prvků pracovního ovzduší a sledovaných následků prokázal již v 90. letech 20. století Bullinger (Salvendy, 2006). Tabulka 3, která rekapituluje vybranou část jeho výsledků, ukazuje, zda daný faktor pracovního prostředí ovlivňuje (koreluje) či neovlivňuje (nekoreluje) pracovníka z hlediska potenciálních následků – tedy zda působí či nepůsobí pozitivně (Marek a Skřehot, 2009). V případě kvality ovzduší na pracovištích bylo prokázáno, že ovlivňuje pracovní pohodu, nepohodlí a stres zaměstnanců a může způsobovat charakteristickou újmu na zdraví.

Tabulka 3: Ovlivnění člověka působením vybraných faktorů pracovního prostředí podle (Salvendy, 2006).

Vysvětlivky: N – nekoreluje A – koreluje ? – nebylo potvrzeno	**Potenciální pozitivní (žádoucí) následky**		**Potenciální negativní (nežádoucí) následky**			
Prvky pracovního ovzduší	Zlepšení pracovního výkonu	Pracovní pohoda	Nepohodlí / stres	Selhání / vznik chyby	Chronická újma na zdraví	Úraz / zranění
Klima	N	A	A	N	A	?
Kvalita vzduchu	N	A	A	N	A	?
Vlhkost	?	?	A	A	A	?

Podobný výzkum zaměřený na velkoprostorové kanceláře (open space) byl částečně prováděn také u nás a jeho výsledky jsou prezentovány v tabulce 4 (Rupová a Skřehot, 2009).

Tabulka 4: Korelace mezi subjektivními pocity pracovní pohody a faktory prostředí (Rupová a Skřehot, 2009).

Vysvětlivky: N – nekoreluje A – koreluje	**Subjektivní pocity pracovní pohody**					
Prvky pracovního ovzduší	Podrážděné sliznice (nosní, oční)	Vnímání nepříjemné vůně / zápachu	Vysušování oční sliznice / pálení očí	Únava, vyčerpanost	Bolesti hlavy	Narušování soustředění
Vydýchaný, těžký a suchý vzduch	A	A	A	N	A	N
Přítomnost aerosolů a prachu v ovzduší	A	N	A	N	N	N
Nedostatečná výměna vzduchu	A	A	N	A	N	N