

Ing. Jitka HOLLEROVÁ<sup>1)</sup>,  
Ing. Petr HOLLER, CSc.<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Státní zdravotní ústav,

<sup>2)</sup> Ústav makromolekulární chemie  
AV ČR v.v.i.

# Škodlivé chemické látky ve vnitřním prostředí

## Indoor Air Pollution by Harmful Chemicals

Recenzentka:

MUDr. Ariana Lajčíková, CSc.

*Přítomnost chemických škodlivin ve vnitřním prostředí může ovlivnit jeho kvalitu a způsobit i vážné zdravotní problémy osobám, které zde pracují nebo žijí. Činnosti a používané materiály související se zdroji škodlivin jsou zde popsány. Jednotlivé skupiny chemických škodlivin jsou uvedeny s ohledem na jejich výskyt ve vnitřním prostředí, jejich vlastnosti a jejich působení ve vnitřním prostředí. Jsou uvedeny i metody odběru a analýzy důležitých skupin chemických škodlivin (VOC, PAH, ftaláty, aldehydy, atd.) spolu s publikovanými hodnotami rozmezí jejich koncentrace ve vnitřním prostředí.*

**Klíčová slova:** vnitřní prostředí, chemické škodliviny, analýza

*The presence of chemical pollutants indoors can affect the air quality and some health problems may occur to people working or living in that environment. The activities and materials used connected with the sources of harmful chemicals are described here. The particular groups of chemical pollutants are stated with respect to their appearance indoors, their characteristics and action in the indoor environment. The methods of sampling and analysis of the important chemical pollutants (VOCs, PAHs, phthalates, carbonyl compounds, etc.) are summarized here together with published concentration ranges of that chemical pollutants indoors.*

**Keywords:** indoor air, chemical pollutants, analysis

## ÚVOD

Koncentrace škodlivých chemických látek ve vnitřním prostředí a doba jejich působení na lidský organismus jsou významné faktory ovlivňující jeho kvalitu. Některé škodliviny jsou nebezpečné, pokud jsou uvolňovány ve vysokých koncentracích, zatímco u jiných jsou zdravotní účinky patrné při dlouhodobém a kumulovaném působení při velmi nízké koncentraci [1], [2], [3], [4].

Škodlivé chemické látky nacházející se ve vnitřním prostředí jsou zvláště nebezpečné pro osoby s oslabeným imunitním systémem, např. po nemoci a kvalita vnitřního prostředí je také významná pro děti, těhotné ženy, seniory a osoby trpící alergiemi.

Bolesti hlavy, změny nálady, špatná koncentrace na běžné aktivity a obecně pocit nepohody jsou u osob hlavními projevy nekvalitního vnitřního prostředí, které lze jen obtížně identifikovat jako symptomy určité nemoci. Zdravotní problémy způsobované přítomností chemických škodlivin ve vnitřním prostředí mohou být ještě zesíleny působením stresu a dalšími nepříznivými vlivy vyskytujícími se ve vnitřním prostředí (hluk, světlo, mikroklima atd.).

Zvýšený obsah škodlivin ovlivňuje hlavně dýchací orgány, tj. nos, hltan, průdušky a plíce. Těkavé složky znečištění dráždí horní cesty dýchací a oči, jejich působení je zesíleno v suchém vzduchu.

Významným projevem u osob citlivých na působení škodlivin jsou alergie jako abnormální reakce zprostředkované imunitním systémem. Prach, organické zbytky a plísňe spolu s chemickými látkami, které se uvolňují ze stavebních materiálů, z vybavení místností nebo které jsou do vnitřního prostředí zaneseny lidskou činností, jsou významné alergeny. Řada chemických škodlivin vyskytujících se ve vnitřním prostředí je odpovědná za zvýšený výskyt nádorových onemocnění (tabákový kouř obsahující karcinogenní látky, radon, asbest, prostředky na ochranu dřeva atd.).

Dobré klima v místnostech a čistý vzduch tak přispívají ke zdraví, celkové pohodě a pracovní produktivitě lidí.

## ČINNOSTI A MATERIÁLY JAKO ZDROJE CHEMICKÝCH ŠKODLIVIN VE VNITŘNÍM PROSTŘEDÍ

Tabákový kouř je jednou z nejnebezpečnějších škodlivin nacházejících se ve vnitřním prostředí. Jde o případ procesu záměrně nedokonalého spalování organických látek, kdy se produkuje řada chemických sloučenin poškozujících zdraví. To se týká jak aktivního, tak pasivního kouření [5].

U vaření a vytápění jsou zdrojem škodlivin otevřený plamen u sporáků, kamen a netěsnosti odtahů spalin. Hlavními složkami znečištění jsou oxid uhelnatý, formaldehyd a oxidy dusíku, případně další produkty nedokonalého spalování.

Stavební materiály mohou být významným zdrojem uvolňovaných chemických škodlivin. Kromě asbestu, který je možno uvažovat ve starší zástavbě, při rekonstrukcích a jiných zásazích do stavby, to jsou polymerní složky použité v omítkách a jako izolační a těsnicí materiály. Významná z hlediska emisí škodlivin může být i ochrana konstrukcí proti plísni a hmyzu.

Podlahové krytiny mohou ovlivňovat znečištění vnitřních prostor a závisí to na použitém materiálu a technologii pokládky. PVC krytiny jsou dlouhodobě zdrojem škodlivých chemických látek, ať to jsou dialkylftaláty použité jako změkčovadla, tak zbytkové monomery nebo produkty degradace PVC (vinylchlorid, chlorovodík). Dřevěné nebo laminátové podlahy mohou uvolňovat rozpouštědla použítá při aplikaci impregnace nebo ochrany před škůdci. Některé vinylové a textilní krytiny mají na rubové straně izolační vrstvy obsahující latex nebo jiné polymerní materiály, které mohou být zdrojem celé řady chemických látek, především zbytkových rozpouštědel a monomerů, případně jejich degradačních produktů.

Aplikace nátěrů nebo tapet v případě stěn a stropů místností je opět zdrojem chemických škodlivin. Používaná disperzní pojiva nátěrů (akryláty) obsahující zbytkové monomery a rozpouštědla i lepidla pro aplikaci tapet mimo uvolňování škodlivin do vnitřního prostředí zároveň utěsňují póry v omítkě a zabraňují tak difúzi a adsorpci složek ovzduší. To opět nepříznivě ovlivňuje prostředí z hlediska pohody osob, které tam pobývají. Nátěrové systémy v současné době představují směsi řady složek upravujících vlastnosti nátěrové hmoty, které obvykle nejsou detailně uvedeny v bezpečnostních listech nebo informačních materiálech. Kromě polymerní

složky, plniv, pigmentů a barviv v nátěrech mohou být zbytková rozpouštědla, změkčovadla, iniciační systémy a řada dalších složek.

U nábytku a objektů ze dřeva se běžně používá jako konstrukční materiál tzv. „dřevotřísk“, kde pojivem dřevní hmoty jsou fenolformaldehydové nebo močovinoformaldehydové pryskyřice, které mohou uvolňovat plynný formaldehyd a další těkavé složky. Dlouhodobé uvolňování rozpouštědel a dalších zbytkových složek nebo degradačních produktů je charakteristické pro povrchové úpravy dřeva (nátěry, laky).

Zdroji znečištění při úklidu nebo domácích pracích mohou být i čisticí prostředky, biocidní přípravky, prostředky osobní péče i aerosolové spreje nebo osvěžovače vzduchu. Významným zdrojem škodlivin především v kancelářských prostorách jsou emise ozonu a dalších chemických látek z laserových tiskáren nebo reprografické techniky. Rozšíření kutilských aktivit přináší do vnitřního prostředí řadu škodlivin, které tam jsou často zaneseny nerespektováním pravidel pro jejich bezpečné používání.

Část chemických škodlivin může do vnitřních prostor přicházet z vnějších zdrojů (doprava, spaliny motorových vozidel) nebo z blízkých zdrojů jako jsou např. čerpací stanice (aromatické uhlovodíky) a čistírny oděvů (chlorované látky). Část chemických škodlivin si osoby mohou do vnitřního prostředí zanést na oděvu (tabákový kouř, benzen při čerpání paliva do automobilu, nedokonalé vyvětrané oděvy po chemickém čištění).

## VÝZNAMNÉ ŠKODLIVÉ CHEMICKÉ LÁTKY VE VNITŘNÍM PROSTŘEDÍ

Přestože bylo ve vnitřních prostorech (obytných, kancelářských) identifikováno více než 900 chemických sloučenin, zvláštní pozornost je věnována škodlivým chemickým látkám, u kterých je prokázána jejich nebezpečnost pro osoby pobývající v tomto prostředí.

I když se ve studiích týkajících se znečištění vnitřního prostředí chemickými škodlivinami neuvažuje aktivní kouření, je **tabákový kouř** spojen s emisí oxidu uhelnatého, formaldehydu, benzenu, jemných a velmi jemných částic, které obsahují dehtovité látky s vysokým podílem polycyklických aromatických uhlovodíků, z nichž řada je uvedena jako prokázané lidské karcinogeny.

**Radon** je radioaktivní plyn přírodního původu a je prokázáno, že produkty jeho rozpadu způsobují rakovinu plic. Jeho koncentrace ve vnitřním prostředí lze podstatně snížit použitím technických prostředků, zejména větráním, a to i u starých budov.

**Olovo a jeho sloučeniny** lze nalézt především ve staré zástavbě (olověné trubky, nátěry obsahující pigmenty se sloučeninami olova), ve venkovním prostředí se ale významně snížila kontaminace půdy olovem při přechodu na tzv. „bezolovnaté“ benzíny.

**Biocidní přípravky** používané ve vnitřním prostředí k likvidaci obtížného hmyzu a plísní představují širokou škálu chemických sloučenin, včetně organofosfátů, chlorovaných látek nebo organokovových sloučenin. I když jejich koncentrace ve vnitřním prostředí obvykle nedosáhne úrovně pro akutní poškození zdraví, dlouhodobé působení a jejich kumulace v organismu mohou být nebezpečné.

**Těkavé organické látky (VOC)** obvykle vymezené hodnotou bodu varu pod 200 °C jsou charakteristické pro znečištění vnitřního prostředí. I v nízkých koncentracích působí dráždivě na sliznice a řada z nich může způsobit vážné zdravotní potíže. Jak bylo uvedeno zdrojem emisí VOC je řada materiálů a přípravků, ale mohou to být také produkty degradačních, oxidačních, nebo jiných reakcí složek atmosférického prostředí.

Nejvíce zastoupené ve vnitřním prostředí jsou **uhlovodíky** a to jak plynné (propan/butan jako hnací plyny aerosolových rozprašovačů), rozpouštědla a ředidla typu lakového benzínu pro vosky a laky, aromatické uhlovodíky (benzen, toluen, xyleny) jako součást rozpouštědel nebo reakční produkty (benzen).

Významnou skupinou VOC jsou **halogenované uhlovodíky** používané jako rozpouštědla (dichlormethan), nebo čisticí prostředky (perchllorethylene, tetrachlorethylene). Fluorované a chlorované uhlovodíky (freony) je možno nalézt u starších chladicích zařízení i jako hnací plyny rozprašovačů. Halogenované uhlovodíky se také vyskytují ve vnitřních prostorách v souvislosti s použitím čisticích a bělicích prostředků obsahujících aktivní sloučeniny chloru. Zdrojem chlorovaných uhlovodíků může být i pitná voda upravovaná chlorací, kdy varem nebo zvýšenou teplotou se tyto látky mohou uvolňovat do ovzduší.

Organické látky obsahující v molekule **karbonylovou skupinu** (-C=O) jsou chemické škodliviny uvolňující se z primárních zdrojů, jako je např. nedokonalé spalování fosilních paliv, uvolňují se také z řady materiálů použitých v interiéru. Mohou také vznikat sekundárními reakcemi, např. fotooxidací uhlovodíků. Ve vnitřním prostředí jsou z této skupiny látek obvykle nejvíce zastoupeny aldehydy, především formaldehyd, acetaldehyd, benzaldehyd a akrolein, tj. látky, u kterých byla prokázána jejich karcinogenita nebo mutagenita. Kromě aldehydů jsou ve vnitřním prostředí často přítomné ketony (aceton), ethery a estery, které jsou součástí rozpouštědel, ředidel a lepidel a které se uvolňují při manipulaci s těmito prostředky nebo těkají z materiálů nebo povrchových úprav použitých ve vnitřním prostředí.

Specifickou skupinou látek jsou **terpeny a terpenoidy** (přírodní i syntetické produkty) jako jsou pineny, limonen, eukalyptol, mentol a další látky používané v aerosolových osvěžovačích vzduchu a prostředcích osobní péče. Za přítomnosti kyslíku, ozonu a ultrafialového záření (jejichž zdrojem mohou být i některé čističe vzduchu) se tyto látky oxidují nebo štěpí a výsledkem těchto reakcí je směs složek, z nichž řada má škodlivé účinky na lidský organismus (formaldehyd, acetaldehyd).

Ve vnitřním prostředí mohou být přítomny ve zvýšené koncentraci chemické látky, které jsou označovány jako **středně nebo málo těkavé (SVOC)**. Tyto látky jsou ve vnitřním prostředí přítomné jako kapalný nebo tuhý aerosol a mohou se vázat na povrch jemných prachových částic a s nimi se dostávají do styku s lidským organismem (vdechování, depozice). Nejvýznamnější z této skupiny látek jsou polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH), dialkylftaláty a polybromované difenylethery (PBDE).

Zdrojem **polycyklických aromatických uhlovodíků (PAH)** je nedokonalé spalování organických paliv při vysokých teplotách především v automobilové dopravě, při vytápění fosilními palivy a ve vnitřním prostředí je významným zdrojem PAH tabákový kouř. Největší zastoupení mají PAH se třemi až sedmi aromatickými jádry a u řady z nich byla prokázána vysoká karcinogenita (benzo(a)pyren).

**Dialkylftaláty** jsou skupina látek, u kterých byla potvrzena jejich škodlivost a jejich nebezpečnost je dána kumulovaným působením. I když se použití ftalátů omezuje, jsou stále součástí celé řady materiálů a výrobků, z nichž se uvolňují do prostředí. Jako změkčovadla a aditiva se používají především v technických polymerů, měkčené PVC nebo PVC plastisoly mohou obsahovat až 60 % ftalátů. Nejpoužívanějším je di(2-ethylhexyl)ftalát, který je ze zdravotního hlediska nejvíce nebezpečný. Stálé používání ftalátů je dáno nízkou výrobní cenou a výbornými vlastnostmi, které jiná změkčovadla plastů nemají.

**Polybromované difenylethery (PBDE)** jsou používány jako aditiva u řady technických materiálů a výrobků protože významně snižují nebezpečí hoření, jsou to tzv. zpomalovače hoření.

V reálném vnitřním prostředí působí spolu více chemických škodlivin a vzhledem k proměnlivosti podmínek v tomto prostředí je hodnocení vlivu škodlivin velmi obtížné. Při hodnocení rizika se obvykle vychází z údajů pro jednotlivé látky, ale interakce mezi jednotlivými složkami nemusí být pouze aditivní, ale může docházet k synergickému efektu. Ze studia kombinovaného vlivu složek znečištění ve vnitřním prostředí, kdy se uvažují chemické látky i prachové částice, se ukazuje, že jemné prachové částice mohou sloužit jako „nosiče“ chemických látek.

Toto je případ látek jako jsou dialkylftaláty, bromované zpomalovače hoření, polycyklické aromatické uhlovodíky, pesticidy, polychlorované bifenylly, organokovové sloučeniny. Tyto částice často vznikají abrazí degradovaných povrchů objektů, které tyto škodliviny obsahují nebo na kterých jsou deponovány. Uvádí se, že cca 14% chemických škodlivin se u dospělých osob dostává do organismu touto cestou.

Prachové částice s obsahem chemických škodlivin, usazené na povrchu stěn, podlahy nebo předmětů ve vnitřním prostředí, se mohou prouděním vzduchu nebo mechanicky opět dostat do vzduchu a mohou být přítomnými osobami vdechnuty (tzv. sekundární zdroj škodlivin).

V přítomnosti atmosférického kyslíku, ultrafialového záření, ozónu a dalších látek může docházet u řady chemických škodlivin a dalších látek k reakcím (radikálové štěpení, fotooxidace, atd.), jejichž produktem mohou být látky škodlivější, než byly původní látky.

## METODY ODBĚRU A ANALÝZY

K tomu, aby mohla být přijata odpovídající opatření k minimalizaci působení škodlivých chemických látek ve vnitřním prostředí je nutno vědět jaké škodliviny a v jakém množství (koncentraci) jsou ve vnitřním prostředí přítomny.

Na mezinárodní i národních úrovních byla zpracována a publikována řada metodik, které se nyní používají jako obecné návody pro odběr a stanovení těchto škodlivin [6], [7], [8], [9] a tyto metodiky zahrnují postupy pro určení přítomnosti a stanovení koncentrace škodlivých chemických látek v ovzduší. Důležitá je také analýza škodlivin v materiálech používaných ve vnitřním prostředí pro odhad možného znečištění tohoto prostředí.

Stanovení obsahu chemických škodlivin ve vnitřním prostředí zahrnuje dva navazující kroky, tj. přípravu vzorku k analýze definovaným odběrem a vlastní chemickou analýzu vzorku, která může zahrnovat i postupy pro zakoncentrování stanovovaných složek.

Návrh a provedení vzorkování (odběru) i analýzy závisí na formě stanovované složky, mohou to být plynné složky, páry kapalin, kapalný i tuhý aerosol, prachové částice obsahující škodliviny, na její chemické povaze a také na koncentraci ve vnitřním prostředí nebo zkoušeném materiálu.

Z metod analýzy se dává přednost těm, které umožňují rozdělení vzorku na jednotlivé složky a jejich následné stanovení. Tato kritéria splňují chromatografické metody, plynová chromatografie (GC) pro těkavé organické látky a kapalinová chromatografie (HPLC) pro látky méně těkavé nebo nestabilní při vyšších teplotách, které se také nejvíce používají pro analýzu znečištění vnitřního prostředí.

Těkavé organické látky (VOC), které se za normálních podmínek snadno vypařují, jsou většinou odebírány tak, že definovaný objem vzduchu s těmito složkami se čerpá přes vrstvu sorbentu v sorpční trubici, na kterém se tyto složky zachycují. Nejčastěji používané sorbenty jsou aktivní uhlí a porézní polymery. Z těchto sorbentů se zachycené složky uvolňují zahřátím (termodesorpce) nebo se extrahují do vybraných rozpouštědel. Takto uvolněné složky VOC se obvykle analyzují plynovou chromatografií

s hmotnostní detekcí (GC-MS), což umožňuje nejen stanovit množství jednotlivé složky, ale na základě hmotnostního spektra i stanovovanou složku identifikovat. Méně obvyklý v porovnání s aktivním odběrem pomocí čerpadla, ale jednodušší a méně nákladný je tzv. pasivní odběr, kde transport složky je řízený difuzí. Zpracování i analýza vzorku jsou shodné s aktivním odběrem pomocí čerpadla.

**Celková koncentrace VOC ve vnitřním prostředí je v rozmezí  $10^{-1}$  až více než  $10^3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  v závislosti na typu vnitřního prostředí a provozovaných aktivitách a to platí i pro jednotlivé složky VOC.**

Chemické látky obsahující v molekule **karbonylovou skupinu** (C=O) se mohou v řadě případů pro vysokou těkavost zahrnout do VOC. Jsou to především aldehydy patřící do skupiny tzv. prioritních škodlivin (formaldehyd, acetaldehyd, benzaldehyd, akrolein), u kterých přítomnost reaktivní karbonylové skupiny umožňuje stanovení jinými metodami než je tomu u ostatních VOC. Odběr se provádí současně s derivatizací na sorbentech s naneseným činidlem (pro aldehydy jsou to substituované hydraziny, např. 2,4-dinitrofenylhydrazin). Používá se aktivní i pasivní odběr a po desorpci se aldehydy jako hydrazony stanovují spektrofotometricky nebo kapalinovou chromatografií, která umožňuje určit obsah jednotlivých složek.

**Koncentrace aldehydů ve vnitřním prostředí byla zjištěna v rozmezí  $0,1$  až  $50 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$ .**

**Polycyklické aromatické uhlovodíky** (PAH) ve vnitřním prostředí jsou spojeny obvykle s nedokonalým spalováním. Protože v ovzduší jsou většinou vázány na prachové částice, tak hlavní metodou odběru je zachycení těchto částic na filtrech pro odběr prašnosti nebo na polyuretanových pěnách (PUF). Používá se jak aktivní odběr (prosávání vzduchu přes odběrové medium), tak pasivní odběr. Po extrakci PAH ze sorbentu, kdy se používají různé extrakční systémy, se vzorky obvykle analyzují plynovou chromatografií s hmotnostním detektorem (GC-MS).

**Koncentrace PAH ve vnitřním prostředí se obvykle pohybuje v rozmezí  $10^0$  až  $10^4 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$ .**

Specifickým případem jsou v interiéru vozidla se spalovacími motory, kde byly nalezeny významně vyšší koncentrace PAH (ale i VOC), což souvisí s vniknutím par paliva a výfukových plynů netěsnostmi v interiéru vozidla.

V případě esterů kyseliny ftalové se odběry provádí prosáváním definovaného objemu vzduchu přes sorbent (aktivní uhlí, PUF), kdy se zachytí jak páry, tak i jemné prachové částice. Po extrakci se vzorky analyzují na obsah ftalátů obvykle metodou plynové chromatografie – hmotnostní spektrometrie (GC-MS). Obecné rozšíření materiálů obsahujících ftaláty (výrobky z polymerních materiálů) způsobuje, že ftaláty se ve významné koncentraci nacházejí prakticky všude kolem nás. Problémem analýzy je potom eliminovat kontaminaci vzorků ftaláty z jiných zdrojů než je analyzované vnitřní prostředí.

**Koncentrace dialkylftalátů, především di(2-ethylhexyl)ftalátů a dibutylftalátů se obvykle pohybuje v rozmezí  $10^0$  až  $10^3 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$ .**

Podobně jako u esterů kyseliny ftalové i u dalších málo těkavých složek znečištění, jsou odběry prováděny na sorbentech, filtrech a PU pěnách a to jak aktivně prosáváním kontaminovaného vzduchu pomocí čerpadla nebo pasivně, difuzním odběrem. Po extrakci se tyto látky stanovují plynovou chromatografií s hmotnostní detekcí (GC-MS), v některých případech, např. pro insekticidy se používá kapalinová chromatografie (HPLC). Koncentrace těchto málo těkavých látek ve vnitřním prostředí se pohybuje v širokém rozmezí a závisí to i na typu prostředí, např. vyšší úrovně znečištění zpomalovači hoření jsou v kancelářských prostorách kde je výpočetní a reprografická technika.

**Obecně se koncentrace málo těkavých látek ve vnitřním prostředí pohybuje v rozmezí do  $1 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$  u bromovaných zpomalovačů hoření, u ostatních látek je to v rozmezí od  $10^{-1}$  do  $10^3 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$ .**

## ZÁVĚR

Vnitřní prostředí, ve kterém lidé tráví většinu času jak při pracovních aktivitách, tak při odpočinku může obsahovat i významné koncentrace chemických škodlivin ovlivňujících nejen pocit pohody, ale v řadě případů i zdravotní stav. Volba materiálů použitých v interiéru, omezení aktivit spojených s emisí těchto sloučenin, omezení prostředků tzv. „zpříjemňujících“ interiéru (osvěžovače, vonné tyčinky a svíčky), důsledné odstraňování prachu a zabránění tomu, aby při úklidu se prachové částice opět dostávaly do ovzduší a v neposlední řadě pravidelná a účinná výměna vzduchu (větrání) i za cenu ztrát energií, to jsou faktory, které mohou příznivě ovlivnit úroveň znečištění vnitřního prostředí chemickými látkami.

Kontakt na autory: [jhollerova@szu.cz](mailto:jhollerova@szu.cz), [holler@imc.cas.cz](mailto:holler@imc.cas.cz)

### Použité zdroje:

- [1] Scientific Committee on Health and Environmental Risks (SCHER), Opinion on risks assessment on indoor air quality, European Commission, 29 May 2007.

- [2] ECA2006 Strategies to determine and control the contributions of indoor air pollution to total inhalation exposure, Environment and Quality of Life, Report 25, European Commission, Joint Research Centre.
- [3] WHO Air quality guidelines for Europe, 2nd edition, 2000.
- [4] U.S. Environmental Protection Agency; A Guide to Indoor Air Quality (<http://www.epa.gov/iaq/pubs>).
- [5] IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans 2004, Tobacco smoke and involuntary smoking, Vol. 83.
- [6] OSHA Technical Manual – Section III, Chapter 2, Indoor air quality investigation, OSHA directive TED01-00-015 (1999).
- [7] Hess-Kosa, K. : Indoor Air Quality, Sampling Methodologies 1st ed., Lewis Publishers, Boca Raton, FL., 2001, 300 s.
- [8] Barro, R.; Regueiro, J.; Llupart, M.; Garcia-Jares, C. : Analysis of industrial contaminants in indoor air : Part 1 – Volatile organic compounds, carbonyl compounds, polycyclic aromatic hydrocarbons and polychlorinated biphenyls. J. Chromatog. A, 1219, 2009, s. 540-566.
- [9] Garcia-Jares, C.; Regueiro, J.; Barro, R.; Dagnac, T. Llupart, M.: Analysis of industrial contaminants in indoor air : Part 2 – Emergent contaminants and pesticides. J. Chromatog. A, 1219, 2009, s. 567-597. ■

### \* Kompresory Carbon Zero využívají odpadní teplo

Vodou chlazené bezmazné šroubové kompresory Atlas Copco řady Carbon Zero, jako první na světě, využívají odpadní teplo, které vzniká při stlačování vzduchu, na ohřev horké vody. Kompresní teplo se získává z různých součástí, jako šroubové elementy, olejový chladič, mezichladič a dochlazovač. Do vestavěného zařízení jimi protéká studená voda a odebírá teplo. Teplota horké vody může dosáhnout až 90 °C.

Využití nachází v průmyslových odvětvích používajících stlačeného vzduchu s potřebou horké vody a páry jako např. potravinářství v mlékárnách při paření, sterilizace, čištění, tavení sýrů aj., v papírenství ve vaření a bělení celulózy, v chemii a farmácii při destilaci vodní parou, rozpouštění a vyhřívání, ve zpracování dřeva a jako zdroj napájecí vody kotlů pro vytápění a ohřev teplé užitkové vody. Jejich použití výrazně snižuje spotřebu elektrické energie, tvorbu emisí oxidu uhličitého a šetří životní prostředí.

Kompresory Carbon Zero označené ZR 55-750 s vestavěným systémem pro využití odpadního tepla byly úspěšně certifikovány TÜV a celosvětově certifikovány jako kompresory plně využívající příkon elektrické energie zkouškami měření elektrického příkonu a výkonu v podobě horké vody v reálném čase. Bylo prokázáno, že za specifických podmínek při teplotě 40 °C a relativní vlhkosti 70 % lze získat zpět 100 % elektrického příkonu.

*Pramen:* Tisková informace Reuters, Antverpy, 30. 6. 2009 (AB)

### \* Plus-energetický dům v Berlíně

V květnu 2009 byl v Berlíně slavnostně otevřen „Plus-Energetický-Dům“. Je to modifikovaná přestavba vítězného objektu v „solárním desetiboji“ z roku 2007. Dům má představovat novou éru energeticky úsporné stavby a zahrnovat vše, co je ze soudobé vyspělé techniky na trhu. Budova chce návštěvníkům předvést např. chladič stropy k úpravě vnitřního klimatu, kombinovanou větrací jednotku, reverzibilní tepelné čerpadlo, mini kogenerační jednotky, palivové články, fotovoltaiku na fasádě nebo též inteligentní čítač proudu. Interaktivní informační systém k energeticky účinné výstavbě uzavírá prohlídku objektu.

Zbývá jen otázka, co by stál dům s takovýmto technickým vybavením a za jak dlouho by byly amortizovány tyto investice a inovace ve srovnání s konvenční technikou.

CCI 07/2009 (Ku)

### \* Žádná špína na stropě

Firma *Kranz* připravila vysoce indukční stropní vyústky „Opticlean“, jimiž se osazují podvěšené rastrové stropy kanceláří a konferenčních místností, které mají zamezit tvorbě špinavých šmouh na stropě. Vyústky jsou vyráběny v šesti velikostech pro jmenovitý průtok vzduchu 160 až 800 m<sup>3</sup>/h. Podle druhu a velikosti vyústky je k tomu třeba výška podvěšeného stropu 220 až 420 mm. Za provozu vyústky Opticlean dochází v důsledku speciálně vyvinuté impulsní techniky k rovnoměrnému proudění vzduchu, který se šíří do místnosti symetricky radiálně podél stropu a tím nedochází k žádnému nebo jen minimálnímu znečištění stropu. Děrovaná podhledová plocha vyústky s indukovaným vzduchem z místnosti nepřichází do styku, protože se pod vyústkou vytváří vzduchový polštář.

CCI 13/2008 (Ku)

### \* Nový senzor kvality vzduchu

Bezbateriové senzory, které snímají teplotu a vlhkost vnitřního vzduchu jsou na trhu již od roku 2003. Firmou *EnOcean* nově vyvinutý senzorický modul umožňuje nyní též realizaci energeticky soběstačných klimasenzorů s integrovaným měřením kvality vzduchu. Senzorický modul „STM 110“ má tři analogové vstupy pro požadované měřené veličiny a čtyři digitální vstupy. Celková provozní energie pro senzoriku, přijímání měřených dat a radiový vysílač jsou získávány z jedné 3 cm<sup>2</sup> velké solární buňky. Energie získaná z denního nebo umělého světla, které není momentálně pro funkci zapotřebí, se ukládá do energetického zásobníku a vystačí pro funkci přístroje po více než 60 hodin tmy. K integraci musejí být do analogových vstupů zapojeny vlastní senzorické prvky pro měření teploty, vlhkosti a kvality vzduchu. Analogové signály se v přístroji pak transformují na digitální.

CCI 07/2009 (Ku)

### \* Jak funguje odkuřování výtahu

Výtahovou šachtu monitoruje trvale zařízení pro odvod kouře a tepla napájené náhradním zdrojem. Pokud je detekován kouř buď nasávacím systémem nebo bodovým hlásičem kouře, spustí se poplach a otevře se odtahový otvor v hlavě šachty. Současně automaticky sjedou výtahy do naprogramované úrovně. Při řešení odkuřovacího zařízení je třeba vycházet ze směrnice EU 95/16/EG.

CCI 10/2009 (Ku)