

Ing. Jakub KOLAŘÍK,
The Silesian University of Technology,
Gliwice, Poland
Pawel WARGOCKI, Ph.D.,
International Centre for Indoor
Environment and Energy, Technical
University of Denmark

Použití fotokatalytické oxidace pro čištění větracího vzduchu

Application of photocatalytic air cleaning in ventilation systems

Čištění vzduchu fotokatalytickou oxidací je obecně považováno za účinnou metodu snižování koncentrace znečišťujících látek ve vnitřním ovzduší, která zároveň umožňuje snížení množství přiváděného venkovního vzduchu a tím i snížení spotřeby energie. Příspěvek popisuje princip fotokatalytického čištění vzduchu a shrnuje výsledky výzkumu jeho vlivu na vnímanou kvalitu vzduchu v kancelářích.

Klíčová slova: větrání, fotokatalytická oxidace, vnímaná kvalita vzduchu

Recenzent:
prof. Ing. Karel Hemzal, CSc.

Photocatalytic air purification is considered to have a great potential to reduce concentration of indoor air pollutants. Using this method also allows decreasing outdoor air supply rates, which consequently results in lower energy consumption. The article describes operation principle of the photocatalytic oxidation and summarizes results of the research focused on its effect on perceived air quality in office buildings.

Keywords: ventilation, photocatalytic oxidation, perceived air quality

KVALITA VZDUCHU PRO VĚTRÁNÍ V SOUČASNOSTI

Většina kancelářských budov je v současnosti vybavena systémem větrání, případně klimatizací. Jejich úkolem je nejen odvádět tepelné zisky či hradit tepelné ztráty objektu, ale především zajišťovat předepsaný průtok větracího vzduchu potřebný na zředění lidmi produkovaných pachů a dalších biologických příměsí na přijatelnou úroveň. Dalším úkolem je potom odvádět znečištěný vnitřní vzduch mimo obývané prostory.

Ve většině případů jsou upravovány pouze tepelné a vlhkostní parametry venkovního vzduchu a na jeho možné znečištění není brán ohled. Přitom venkovní vzduch může obsahovat různé znečišťující látky ať už v podobě chemických sloučenin nebo tuhých částic. Venkovní znečištění může znamenat problém zejména v oblastech se silnou koncentrací průmyslových závodů, v okolí elektráren, nebo v oblastech se silným automobilovým provozem. Tuhé částice obsažené ve venkovním vzduchu jsou většinou odloučeny filtry instalovanými ve vzduchotechnických jednotkách. Je však nutno připomenout, že tyto filtry jsou instalovány zejména proto, aby ochránily před znečištěním zařízení samotné, nikoliv aby zvyšovaly kvalitu přiváděného vzduchu. Početné studie ukázaly, že systémy větrání a klimatizace samy o sobě mohou být zdrojem znečištění větracího vzduchu [1, 2]. Bylo prokázáno, že právě filtry tuhých částic významně přispívají ke znečištění přiváděného vzduchu [3, 4, 5, 6, 7]. Dalšími částmi vzduchotechnických zařízení, které mohou znečišťovat přiváděný vzduch jsou zejména adiabatické zvlhčovače (pračky vzduchu) a tepelné výměníky [8].

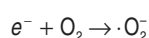
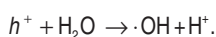
Vzduch v kancelářských budovách však není znečišťován jen venkovními zdroji či vzduchotechnickým systémem. Sama budova společně se svými obyvateli je největším zdrojem znečištění vnitřního vzduchu. Bylo zjištěno, že materiály použité k vybavení interiérů, nábytek, ale také čisticí prostředky používané při úklidu, emitují širokou škálu toxických a dráždivých sloučenin. V neposlední řadě také tabákový kouř a pachy z kuchyní a jídelen znamenají emise škodlivých látek. Většinu škodlivin můžeme shrnout pod název „Prchavé organické sloučeniny“ (anglicky Volatile Organic Compounds, VOC). Přítomnost prchavých organických sloučenin (dále jen VOC) ve vnitřním prostředí způsobuje obyvatelům exponovaných prostor různé zdravotní problémy. Mohou trpět bolestmi hlavy, alergickými reakcemi. Mohou se objevit mdloby či ztráta koordinace. Vyšší koncentrace VOC nebo dlouhodobá expozice těmito látkám může dokonce vyústit v rakovinu, poškození jater, ledvin nebo centrálního nervového systému [9]. Některé z těchto látek byly identifikovány jako hlavní původci takzvaného „Syndromu nemocných budov“ (anglicky Sick Buildings Syndrome, SBS). SBS zahrnuje zejména symptomy jako vysoušení sliznic, podráždění očí, únava, bolesti hlavy a zvýšený výskyt katarálních onemocnění. Bylo usku- tečně mnoho studií, které měly za úkol zkoumat příčiny a okolnosti vedoucí k tomu, že lidé trpí SBS symptomy [10, 11, 12]. Rychlost emise VOC látek z různých materiálů může být proměnlivá v průběhu životního cyklu budovy, ale

dokonce i když koncentrace jednotlivých sloučenin jsou pod svými přípustnými limity, jejich směs může stále negativně působit na lidské zdraví. Lidé, kteří pobývají v budově znečišťují vnitřní vzduch svými pachy a produkcí CO₂. Bylo také prokázáno, že běžné kancelářské vybavení jako počítače, tiskárny, skenery a kopírky jsou silnými zdroji VOC, a mohou tedy způsobovat SBS symptomy [13]. Přitom toto vybavení je dnes nezbytnou součástí každé kanceláře.

Jak vyplývá z výše uvedených skutečností je třeba hledat techniky umožňující efektivní čištění vnitřního vzduchu. V současnosti se používá mnoha principů pro odstraňování běžného znečištění. Již výše zmíněné filtry tuhých částic, HEPA filtry, různé sorpční materiály a filtry na bázi aktivního uhlíku. Při použití všech těchto metod jsou znečišťující látky zachyceny na povrchu filtrační vrstvy, ale nejsou úplně odstraněny. Z tohoto důvodu se filtr, pokud není včas vyměněn, po určité době sám stává zdrojem znečištění. Během různých chemických reakcí, které mohou probíhat na jeho povrchu mohou být původní znečišťující látky transformovány v mnohem škodlivější sloučeniny. Následná desorpce těchto látek potom působí jako další zdroj znečištění větracího prostoru. „Fotokatalytická oxidace“ (anglicky Photocatalytic Oxidation, PCO) je novou metodou čištění vzduchu, při které nedochází k akumulaci znečišťujících látek na filtrační vrstvě, ale k jejich oxidaci na oxid uhlíčitý a vodní páru.

PRINCIP A POUŽITÍ FOTOKATALYTICKÉ OXIDACE

Fotokatalytická reakce probíhá na povrchu polovodivého fotokatalyzátoru. Jako vhodné fotokatalyzátory jsou nejčastěji používány oxid titaničitý (TiO₂) a další (ZnO, CdS apod.) [14, 15, 16]. Fotokatalyzátor je v závislosti na typu použitého reaktoru buď v tenké vrstvě nanesen na stěny reaktoru, kovovou matici nebo nesen silikagelem tvořícím při průtoku vzduchu fluidní lože. Aby na fotokatalyzátoru mohlo dojít k oxidaci zachycených znečišťujících látek, je třeba ozářit jeho povrch UV zářením. Nejčastěji používané vlnové délky UV záření se pohybují v rozmezí cca 185 až 400 nm. Fotony dodávají na povrch fotokatalyzátoru energii. Pokud je tato energie větší než energie potřebná pro uvolnění elektronů z jejich valenčních vazeb, dochází v polovodiči k tvorbě párů díra-elektron. Tyto páry migrují polovodičem směrem k jeho povrchu přičemž dochází k produkci hydroxilových radikálů ($\cdot\text{OH}$) a iontů O₂⁻. Tento proces probíhá dle níže uvedených rovnic:



Hydroxilové radikály a O₂⁻ ionty patří mezi nejsilnější oxidační prvky. Přitahují oxidovatelné znečišťující látky a oxidují je v anorganické sloučeniny: CO₂ a vodní páru.

Jednotlivé fáze procesu heterogenní fotokatalytické reakce můžeme shrnout [14]:

- ❑ Reaktanty (znečišťující látky) jsou nesený proudem vzduchu do prostoru reaktoru kde dochází k jejich kontaktu s povrchem pokrytým fotokatalyzátorem.
- ❑ Následně jsou znečišťující látky zachyceny na povrchu katalyzátoru (jsou přitahovány hydroxilovými radikály a O_2^- ionty).
- ❑ Dochází k fotochemické reakci na povrchu katalyzátoru a znečišťující látky jsou oxidovány na H_2O a CO_2 .
- ❑ Produkty oxidace se uvolňují z povrchu reaktoru a jsou odnášeny proudem procházejícího vzduchu.

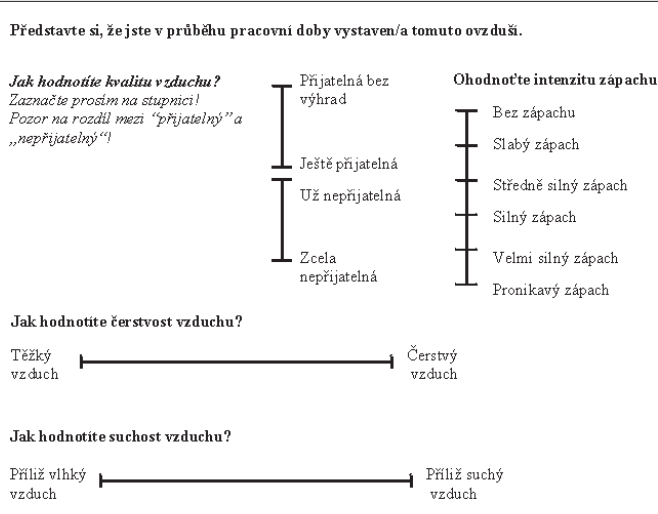
Hlavní výhodou čištění vzduchu fotokatalytickou oxidací je skutečnost, že tato metoda neakumuluje znečišťující látky jejich pouhým odloučením z proudu vzduchu na filtrační vrstvě, nýbrž tyto znečišťující látky přímo oxiduje na oxid uhličitý a vodní páru [14, 15, 16]. Přestože mnohé studie prokázaly, že fotokatalytickou oxidací lze účinně snižovat koncentraci znečišťujících látek ve větracím vzduchu, jen velmi málo informací je známo o tom, jak kvalitu ovzduší hodnotí lidé pobývající v prostorách větraných takto upravovaným vzduchem.

HODNOCENÍ ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ LIDSKÝMI ČIHOVÝMI VJEMY

Vzhledem k tomu, že chemickou analýzou ovzduší většinou není možné kvantifikovat jak je dané znečištění vnímáno lidmi, je pro posouzení přímého vlivu úpravy vzduchu fotokatalytickou oxidací na obyvatele vhodné použít ohodnocení kvality vzduchu lidskými čichovými vjemy. Lidský čich je ve většině případů mnohem přesnější v detekci koncentrace škodlivin než existující měřicí přístroje. Čichové receptory jsou umístěny v horních pasážích lidského nosu. Vnímání pachů je subjektivní záležitostí a je velmi těžké definovat přesné limity či prahové koncentrace (intenzity) pro jednotlivé stimulační pachy. Kvalita vzduchu je tedy prakticky určována tím, jak lidé vnímají kombinaci různých pachů přítomných ve vzduchu [17].

Citlivost lidského čichu vůči pachům byla studována Fangerem, který zavedl nový přístup v hodnocení intenzity a koncentrace znečišťujících látek ve vzduchu. Fanger zavedl dvě jednotky pro hodnocení zdrojů znečištění [18]: *olf* (z Latinského slova *olfactus*) a *decipol* (z Latinského slova *pollutio*). Jeden *olf* je definován jako emise „lidských“ pachů produkovaná průměrným dospělým člověkem vykonávajícím velmi lehkou pracovní činnost (např. práce v sedě v kanceláři). Jedná se o relativní jednotku založenou na subjektivním hodnocení vzduchu školenou nebo neškolenou skupinou osob – probandů. Jednotka může také být použita pro vyjádření síly jiných zdrojů znečištění. Jejich síla je potom vyjádřena jako ekvivalent počtu standardních osob (*olfů*), které by způsobily stejnou nespokojenost s kvalitou vzduchu jako hodnocený zdroj znečištění. Vnímání intenzity znečištění – *vnímaná kvalita vzduchu* (anglicky Perceived Air Quality, PAQ) způsobená jednou standardní osobou (1 *olf*) v místnosti větrané čistým vzduchem o průtoku 10 l s^{-1} je 1 *decipol*. Uvedený systém jednotek nelze použít pro znečišťující látky, které jsou bez zápachu jako například oxid uhelnatý, radon atd.. Bylo též zjištěno, že systém hodnocení kvality vzduchu jednotkami *olf* a *decipol* je ovlivňován úrovní vyškolení použitých probandů, kulturními rozdíly mezi jednotlivými členy hodnotící skupiny, typem hodnoceného znečištění atd.. Nicméně tyto jednotky byly zavedeny do evropského standardu pro větrání jako kritéria pro návrh průtoku větracího vzduchu [19].

Samotné hodnocení vnímané kvality vzduchu probíhá tak, že každý z probandů použije k ohodnocení podmínek v daném prostoru dotazník s přesně definovanými otázkami. V praxi se většinou používá hodnocení čtyřmi stupnicemi. Jsou to: *Přijatelnost kvality vzduchu* (anglicky Acceptability of the Air Quality, ACC), *intenzita zápachu* (anglicky Odour Intensity, OI), *čerstvost vzduchu* (anglicky Air Freshness, AF) a *suchost vzduchu* (anglicky Air Dryness, AD), viz. obr. 1. Formulář, který dostane proband pro hodnocení konkrétního prostředí se skládá ze dvou stránek. První stránka obsahuje pouze stupnici pro hodnocení přijatelnosti kvality vzduchu a ostatní tři stupnice jsou uvedeny na druhé straně formuláře. Tak je zaručeno, že přijatelnost kvality vzduchu je vždy probandem hodnocena jako první. Údaje získané na formulářích jsou později digi-



Obr. 1 – Stupnice používané pro hodnocení kvality vzduchu

talizovány a statisticky zpracovávány. Ze získaných průměrných hodnot přijatelnosti kvality vzduchu lze vypočítat procento osob nespokojených s kvalitou vzduchu [20]:

$$PD = \frac{\exp(-0,18 - 5,28) \cdot ACC}{1 + \exp(-0,18 - 5,28) \cdot ACC} \cdot 100 \quad [\%] \quad 1$$

kde

$$ACC = \text{přijatelnost kvality vzduchu} \quad [-]$$

Vnímání kvality vzduchu v decipolech je následně určeno z procenta osob nespokojených s kvalitou vzduchu [18]:

$$C = 112 \cdot [\ln(PD) - 5,98]^4 \quad [\text{decipol}] \quad 2$$

kde

$$PD = \text{procento lidí nespokojených s kvalitou vzduchu} [\%]$$

Vliv fotokatalytické oxidace na vnímanou kvalitu vzduchu

Cílem experimentu, uskutečněném na International Centre for Indoor Environment and Energy při Technical University of Denmark, bylo studovat schopnost fotokatalytické čističky vzduchu zlepšovat vnímanou kvalitu vzduchu v kancelářských prostorách. Zde jsou hlavními zdroji znečištění materiály používané k vybavení interiéru (nábytek, podlahové krytiny apod.), kancelářská technika a v neposlední řadě také lidské biologické příměsi.

Zdroje znečištění

Znečištění vzduchu, typické pro současné kancelářské prostory, bylo simulováno předem definovanými zdroji znečištění. Tyto zdroje zahrnovaly kombinaci materiálů používaných k vybavení interiéru (použitý koberec, použité linoleum a dřevotřísková deska), použitý kapsový filtr a dva monitory typu CRT (Catod Ray Tube monitor) připojené na jeden osobní počítač. Materiály vybavení interiéru byly zavěšeny v ocelovém rámu, kapsový filtr byl instalován v ocelové krabici opatřené potrubím pro přívod a odvod vzduchu. V odvodní části potrubí (za filtrem) byl instalován axiální ventilátor cirkulující přes filtr vzduch z místnosti (průtok vzduchu byl nastaven cca 110 l s^{-1}). Počítačové monitory byly nově zakoupeny a jejich provozní doba v době začátku experimentu byla 50 hodin. Dále byl vzduch znečišťován také lidskými pachy, které byly emitovány sedmi osobami sedícími po celou dobu experimentu v experimentální místnosti za přepážkou, aby nemohly být spatřeny osobami hodnotícími ve stejném čase

kvalitu vzduchu v daném prostoru. Stupeň aktivity osob produkujících znečištění odpovídal hodnotě 1 met.

Každý z výše uvedených zdrojů znečištění byl instalován v jedné z experimentálních místností, kde byla poté hodnocena kvalita vzduchu jak za provozu fotokatalytické čističky vzduchu a tak i v případě, že čistička nepracovala. Kvalita vzduchu byla hodnocena pro dvě hodnoty intenzity větrání (viz. níže). Konkrétní hodnoty intenzit větrání pro jednotlivé místnosti ukazuje tab. 1.

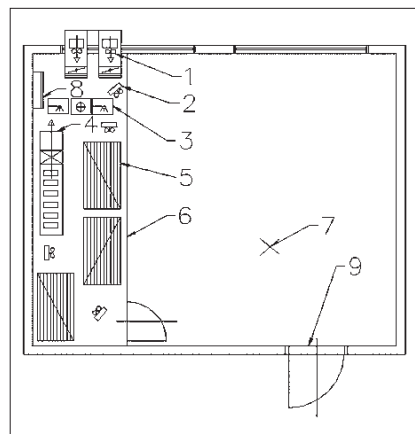
Tab. 1 – Zdroje znečištění a intenzity větrání použité v experimentu

Zdroj znečištění		Povrch materiálu, resp. počet kusů	Intenzita větrání* [h ⁻¹]	Průtok vzduchu [ls ⁻¹]
Materiály vybavení interiéru	dřevotřísková deska	5 [m ²]	0,6; 2	18; 60
	linoleum	12,5 [m ²]		
	koberec	50 [m ²]		
Použitý kapsový filtr		6 [m ²]	2; 4	22; 44
Počítačové monitory		2 [ks]	1; 3	11; 33
Lidské pachy		7 [osob]	1; 2	11; 22

* Intenzita větrání je uvedena v pořadí: nízká; vysoká.

EXPERIMENTÁLNÍ MÍSTNOSTI

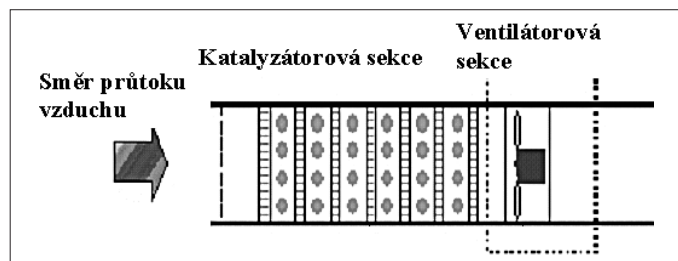
V prostorách budovy Centra byly vyhrazeny tři místnosti (o objemu 108 m³ a 2 x 40 m³), které byly upraveny jako prostory s nízkou emisí škodlivin (0,2 olf/m³). Jak je patrné z obr. 2 místnosti byly rozděleny přepážkou na dvě části. První část sloužila pro instalaci zdrojů znečištění, fotokatalytické čističky vzduchu a zařízení upravujícího teplotné a vlhkostní parametry vzduchu v prostoru. Místnosti byly v průběhu experimentu větrány dvěma různými intenzitami (dále označovány jako „nízká“ a „vysoká“), aby byly zajištěny výrazné rozdílné koncentrace škodlivin.



Obr. 2 – Experimentální místnost

1 – axiální ventilátor; 2 – malé mobilní ventilátory; 3 – topné těleso a zvlhčovače; 4 – čistička vzduchu; 5 – zdroje znečištění; 6 – přepážka; 7 – místo hodnocení; 8 – klimatizační jednotka; 9 – odvod vzduchu šterbinou pod dveřmi

Přívod čerstvého venkovního vzduchu do místností byl zajišťován axiálními ventilátory instalovanými v části okenního otvoru. Vzduch byl odváděn šterbinou pod dveřmi místnosti. Stálá teplota 23 °C byla udržována elektrickými olejovými topnými tělesy a klimatizační split jednotkou. Relativní vlhkost vzduchu 35 % byla udržována ultrazvukovými zvlhčovači. Pro dosažení dokonalého promíchávání vzduchu před a za přepážkou byly v místnostech instalovány přenosné axiální ventilátory. Aby osoby hodnotící kvalitu vzduchu ne-



Obr. 3 – Fotokatalytická čistička vzduchu použitá v experimentu

byly schopné rozlišit, zda je v dané místnosti fotokatalytická čistička v provozu či nikoliv, byla hladina akustického tlaku udržována konstantní po celou dobu trvání experimentu.

Fotokatalytická čistička vzduchu

Fotokatalytická čistička vzduchu použitá při experimentu je vyobrazena na obr. 3. Zařízení bylo vybaveno sedmi sekcemi katalyzátorových plechů. Jako fotokatalyzátor byl použit TiO₂. Mezi každými dvěma katalyzátorovými plechy byly umístěny čtyři UV lampy. Za katalyzátorovými plechy byl instalován axiální ventilátor zajišťující konstantní průtok vzduchu 225 l s⁻¹ přes katalyzátorovou sekci.

Subjektivní hodnocení kvality vzduchu

Pro hodnocení kvality vzduchu bylo použito skupiny padesáti osob – probandů. Členové této skupiny nebyli k hodnocení kvality vzduchu speciálně vyškoleni. Pisemně jim byly doručeny instrukce týkající se procedury hodnocení kvality vzduchu a také jejich chování v době před experimentem (nebyla například dovolena konzumace velmi aromatických potravin, které by mohly ovlivnit čichové smysly). První den experimentu byl zkušební, osoby hodnotily kvalitu vzduchu, ale data nebyla použita při zpracování výsledků. Šlo tedy pouze o to, aby se členové hodnotící skupiny důkladně seznámili s použitou procedurou.

Kromě vnímané kvality vzduchu osoby hodnotily také intenzitu zápachu, čerstvost a suchost vzduchu. Osoby neznaly podmínky vytvořené v jednotlivých experimentálních místnostech a kvalitu hodnotily neprodleně po vstupu do místnosti.

VÝSLEDKY

Data získaná subjektivním hodnocením skupiny probandů byla statisticky zpracována. Nejdříve byla testována na normální (Gaussovo) rozdělení. Data pro jednotlivé podmínky byla dále porovnána různými statistickými metodami podle toho, zda odpovídala normálnímu rozdělení či nikoliv.

Obr. 4 ukazuje, že provoz fotokatalytické čističky vzduchu výrazně zlepšil přijatelnost kvality vzduchu znečištěného zápachem emitovaným z materiálu vybavení interiéru (koberec, linoleum, dřevotřísková deska). Dále je na tomto obrázku vidět také významné zlepšení přijatelnosti kvality vzduchu v případě provozu čističky v místnosti znečištěné zápachem z kombinace materiálů vybavení interiéru, použitého kapsového filtru a počítačových monitorů.

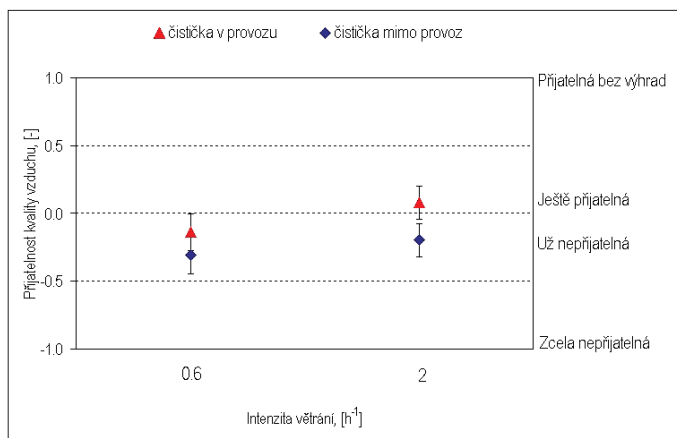
Slabší, nicméně stále pozitivní, vliv fotokatalytické čističky na kvalitu vzduchu byl zaznamenán v případech, kdy byl vzduch znečištěn samostatně použitým kapsovým filtrem nebo počítačovými monitory.

Jak je patrné z obr. 5 fotokatalytická čistička vzduchu prokazatelně zlepšila přijatelnost kvality vzduchu znečištěného lidskými pachy.

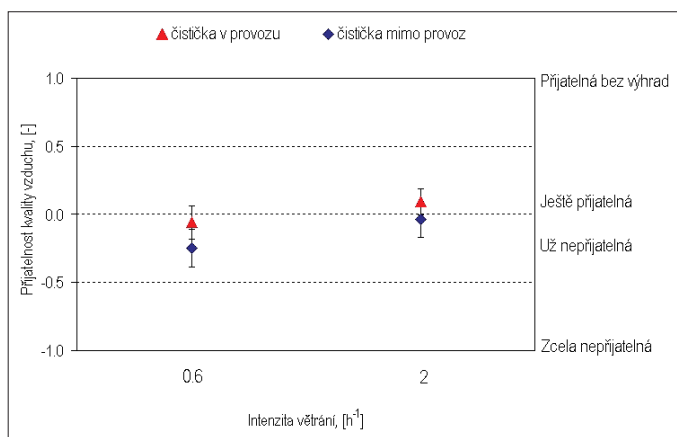
Hodnocení intenzity zápachu a čerstvosti vzduchu vykazovalo trendy shodné s hodnocením vnímané kvality vzduchu. Intenzita zápachu byla hodnocena jako nižší zejména v případě práce čističky v místnosti se znečištěním materiály vybavení interiéru a kombinací zdrojů znečištění (obr. 6). V těchto případech byl vzduch také hodnocen jako čerstvější. Oproti tomu, provoz čističky vzduchu nebo intenzita větrání neměly vliv na ohodnocení suchosti vzduchu, která byla hodnocena beze změn v průběhu celého experimentu (pro všechny testované podmínky).

Na základě hodnot přijatelnosti kvality vzduchu získaných subjektivním hodnocením byly pro jednotlivé podmínky vypočítány hodnoty vnímané kvality vzduchu (PAQ) v decipolech. Tyto výsledky shrnuje tab. 2, která také ukazuje odpovídající procento osob nespokojených s kvalitou vzduchu (PD).

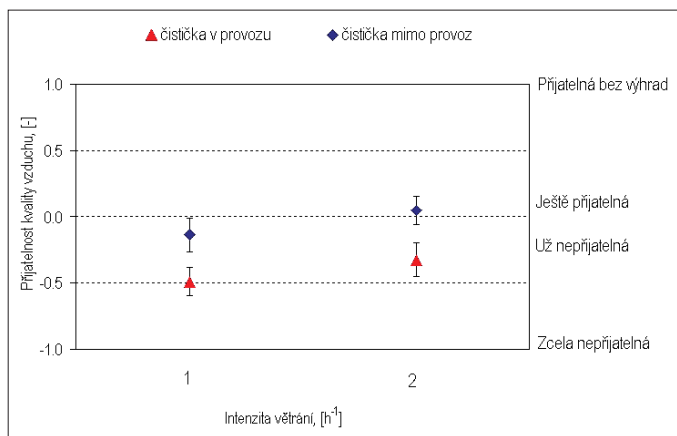
Účinnost fotokatalytické čističky byla stanovena z hodnot vnímané kvality vzduchu podle vzorce:



Obr. 4 – Přijatelnost kvality vzduchu pro materiály vybavení interiéru a kombinaci zdrojů znečištění (úsečky vyznačují 95 % konfidenční interval)



Obr. 5 – Přijatelnost kvality vzduchu pro znečištění lidskými biologickými příměsemi (úsečky vyznačují 95 % konfidenční interval)



Obr. 6 – Intenzita zápachu pro materiály vybavení interiéru a kombinaci zdrojů znečištění

$$\eta^* = \frac{Q_o}{Q^*} \left(\frac{PAQ}{PAQ^*} - 1 \right) \quad [-]$$

- kde
 Q_o přiváděný průtok čerstvého venkovního vzduchu; [l s⁻¹]
 Q^* průtok vzduchu čističkou; [l s⁻¹]
 PAQ vnímaná kvalita vzduchu – čistička mimo provoz; [decipol]
 PAQ^* vnímaná kvalita vzduchu – čistička v provozu; [decipol]

Hodnoty účinnosti čističky jsou též uvedeny v tab. 2 společně s faktorem dodávky čistého vzduchu (anglicky Clean Air Delivery Rate, CADR), který je defi-

Tab. 2 – Vnímaná kvalita vzduchu, účinnost čističky a faktor dodávky čistého vzduchu

Zdroj znečištění	Intenzita větrání	Provoz čističky	PD [%]	PAQ [decipol]	CADR [h ⁻¹]	η^*
Materiály vybavení interiéru	nízká	mimo provoz	81	17,9	0,6	0,06
		v provozu	64	10,2		
	vysoká	mimo provoz	71	12,8	2	0,69
		v provozu	35	3,3		
Kombinace zdrojů znečištění	nízká	mimo provoz	76	15	0,9	0,17
		v provozu	53	7		
	vysoká	mimo provoz	51	6,4	1,2	0,31
		v provozu	34	3		
Použitý kapsový filtr	nízká	mimo provoz	75	14,6	3,4	0,39
		v provozu	33	2,9		
	vysoká	mimo provoz	38	3,7	1,4	0,13
		v provozu	28	2,3		
Počítačové monitory	nízká	mimo provoz	73	13,8	0,8	0,05
		v provozu	59	8,4		
	vysoká	mimo provoz	42	4,5	0,9	0,01
		v provozu	41	4,3		

nován jako množství čistého vzduchu dodávané čističkou do prostoru vyjádřený jako intenzita větrání:

$$CADR = \eta^* \cdot Q^* \cdot \frac{3,6}{V} [h^{-1}]$$

- kde
 V objem větrané místnosti; [m³]

DISKUSE VÝSLEDKŮ A SHRNUTÍ

Z výsledků experimentu vyplývá, že fotokatalytická čistička vzduchu má schopnost zlepšovat vnímanou kvalitu vzduchu v běžných kancelářských prostorách. Vliv fotokatalytické čističky vzduchu na vnímanou kvalitu vzduchu závisí zejména na druhu znečištění daných prostor, intenzitě výměny vzduchu a na počáteční koncentraci znečišťujících látek.

Pro dosažení optimálního výkonu je třeba optimalizovat použitý fotokatalyzátor tak, aby jeho účinnost byla vysoká právě v kombinaci se zdrojem znečištění, který je v dané konkrétní aplikaci považován za majoritní. Stejně optimalizovat je třeba intenzitu větrání. Pokud je koncentrace znečišťujících látek v prostoru nízká, nemá použití fotokatalytické čističky významnější vliv na vnímanou kvalitu vzduchu. Naopak při vyšší koncentraci škodlivin je provoz čističky schopen zlepšit vnímanou kvalitu vzduchu až o 50 %.

Použití testovaného zařízení pro prostory, které jsou významnou měrou znečištěny lidskými biologickými příměsemi (prostory s velkou koncentrací osob jako například poradní místnosti, přednáškové sály, školní třídy a pod.), by nebylo možné. Fotokatalytická čistička vzduchu prokazatelně snížila vnímanou kvalitu vzduchu znečištěného lidskými pachy. Zaznamenaný pokles byl pravděpodobně způsoben neúplnou oxidací alkoholů, které jsou lidmi emitovány ve významné míře. Oxidace alkoholů byla ukázána jako problematická také ve dřívějších prováděných studiích [21].

Produkty nedokonalé oxidace mely zřejmě silnější vliv na vnímanou kvalitu vzduchu než původně emitované reaktanty (alkoholy). Schopnost fotokatalytické čističky zlepšovat kvalitu vzduchu znečištěného lidskými pachy je však důležitá pro další praktické využití zařízení nejen v současných kancelářských budovách, ale také v divadlech, posluchárnách a dalších prostorách, kde se objevují problémy s kvalitou vnitřního vzduchu.

Další výzkum by se proto měl zaměřit na vývoj a testování katalyzátorů vhodných pro použití ve výše zmíněných případech. Dále je třeba podrobně popsat vliv intenzity větrání a průtoku vzduchu přes zařízení na jeho výkonnost. Pak bude možné navrhovat fotokatalytické čističky vzduchu tak, že jejich instalace v recirkulačním potrubí systému vzduchotechniky nejen pomůže zlepšit kvalitu vzduchu v prostoru, ale také přispěje k úsporám energie vydávané na ohřev venkovního vzduchu.

Spojení na autora: jak@mek.dtu.dk

Použitá zdroje:

- [1] Pejtersen, J., Bluyssen, P., Kondo, H., Clausen, G., Fanger, P.O.: Air pollution sources in ventilation systems. Proceedings of Healthy Buildings/IAQ'97 (1997), Washington DC, USA, Vol. 1: 545-550
- [2] Bittner, F., Fitzner, K.: Odour emissions from an HVAC system. Energy and Buildings, 34 (2002) 809-816
- [3] Beko, G., Halas, O., Clausen, G., Weschler, C.J., Toftum, J.: Initial studies of oxidation processes on filter surfaces and their impact on perceived air quality. In: Proceedings of Healthy Buildings 2003
- [4] Clausen, G., Alm, O., Fanger, P.O.: Sensory source strength of used ventilation filters. Proceedings of Indoor Air (2002)
- [5] Alm, O., Clausen, G., Fanger, P.O.: Exposure-response relationships for emissions from used ventilation filters. Proceedings of Healthy Buildings (2000), Vol. 2: 245-250
- [6] Pejtersen, J.: Sensory pollution and microbial contamination of ventilation filters. Proceedings of Indoor Air (1996), Vol. 6:239-248
- [7] Pasanen, P., Teijonsalo, J., Seppanen, O., Ruuskanen, J., Kalliokoski, P.: Increase in perceived odor emissions with loading of ventilation filters. Proceedings of Indoor Air (1994), Vol. 4:106-113
- [8] Burge, S., Hedge, A., Wilson, S., Bass, J.H., Robertson, A.: Sick Building Syndrome: A study of 4373 office workers. Ann. Occup. Hyg. (1987), Vol.3:493-504
- [9] Wolkoff, P., Nielsen, G.: Organic compounds in indoor air – their relevance for indoor air quality. Atmospheric Environment 35 (2001), pp. 4407-4417
- [10] Fang, L., Wyon, D.P., Clausen, G., Fanger, P.O.: Sick Building Syndrome symptoms and performance in a field study at different levels of temperature and humidity. In Proceeding of Indoor Air 2002
- [11] Sundel, J., Lindvall, T., Stenberg, B.: Influence of type of ventilation and outdoor air flow rate on the prevalence of SBS symptoms. Proceedings of ASHRAE Conference IAQ 1991, Washington DC, USA, pp 85-89
- [12] Wargocki, P., Wyon, D.P., Baik, Y.K., Clausen, G., Fanger, P.O.: Perceived Air Quality, Sick Building Syndrome (SBS) Symptoms and Productivity in an Office with Two different Pollution Loads. Proceeding of Indoor Air (1999), Vol. 9: 165-179
- [13] Wargocki, P., Bako-Biro, Z., Clausen, G., Fanger, P.O.: Air quality in a simulated office environment as a result of reducing pollution sources and increasing ventilation. Energy and Buildings 34 (2002) 775-783
- [14] Zhao, J., Yang, X.: Photocatalytic oxidation for indoor air purification: a literature review. Building and Environment 38 (2003), 645-654
- [15] Sekiguchi, K., Ishitani, O., Sakamoto, K.: Removal of VOC by photocatalytic degradation involving photochemical reaction with O3 under short-wavelength UV radiation. International Conference on Indoor Air Quality and Climate, and the Air Infiltration and Ventilation Centre (AIVC) Edinburgh, Scotland (1999), Vol. 2: 695-700
- [16] Peral, J., Domenech, X., Ollis, D.F.: Heterogeneous Photocatalysis for Purification, Decontamination and Deodorization of Air. J.Chem. Technol. Biotechnol. (1997), 117-140.
- [17] Awbi, H.B.: Ventilation for buildings – second edition. SPON PRESS, London and New York (2003), ISBN 0-415-27056-1
- [18] Fanger, P.O.: Introduction of the olf and decipol Units to Quantify Air Pollution Perceived by Humans Indoors and Outdoors. Energy and Buildings (1988), Vol. 12
- [19] CEN 1998. CEN Report CR 1752:1998, Ventilation for buildings – Design criteria for the indoor environment European Committee for Standardization, Brussels
- [20] Gunnarsen, L., Fanger, P.O.: Adaptation to indoor air pollution. Proceedings of Energy and Buildings (1992), pp. 43-54.
- [21] Skorek, A., Famula, B., Wargocki, P.: The Effect of Photocatalytic Air Cleaning on Perceived Air Quality. Proceedings of RoomVent 2004, Coimbra, Portugal. ■

Recenze

Nová kniha **Vetrání a klimatizácia** autorů M.Székýová – k. Ferstl – R. Nový, vyšla v nakladatelství JAGA v Bratislavě 2004. Na jejím vzniku se podíleli vesměs vysokoškolská učitelé. Kromě tří hlavních autorů, docentů Slovenské technické university v Bratislavě, Marty Székýové a Karola Ferstla a Českého vysokého technického v Praze, Richarda Nového, také dva inženýři Pavel Ehrenwald a Belo Fűri, specializovaní na regulaci a chlazení.

Kniha je určena především projektantům větracích a klimatizačních zařízení a jako doporučená literatura posluchačům studujícím obor Technika prostředí. Mohou z ní také čerpat konstruktéři a technici odpovědní za provoz těchto zařízení.

Obsahem knihy jsou kromě teoretických základů větrání a klimatizace zejména přehledy větracích a klimatizačních systémů. Poukazuje na jejich praktické uplatnění v budovách různého určení. Poskytuje návod na jejich dimenzování včetně prakticky využitelných údajů, nomogramů a grafů.

Je první publikací na Slovensku, která svým rozsahem pokrývá problematiku obsaženou v českém Technickém průvodci stejného názvu z roku 1993. Obsahuje celou řadu původních příkladů, zpracovaných hlavním autorem (co do rozsahu) Karolem Ferstlem v částech, věnovaných dimenzování klimatizačních zařízení. Český čtenář najde v publikaci cenné pomůcky, algoritmy, analytické vztahy a nomogramy, převzaté z nyní již těžko dostupných podkladů, obsažených ve skriptech ČVUT.

Kniha v rozsahu 422 stran má perfektní grafické zpracování – jak je ve vydavatelství JAGA standardem a je významnou pomůckou všem, kteří se oborem větrání a klimatizace zabývají. Najdou zde potřebné informace začínající, rekvalifikovaní a zkušení pracovníci. Aktivity, zaměřené na problematiku Techniky prostředí, které má toto renomované vydavatelství, nemají v ČR obdobu.

(Hz)

* BIOPEPEL proti plísní

Na konzultačním dnu DDD 2004 v SZÚ Praha bylo 7. 12. 2004 mj. referováno o dosavadních zkušenostech s aplikací nového typu biologického prostředku BIOPEPEL v terénní praxi. Tento nový prostředek se používá k ošetření stěn napadených mikroskopickými vláknitými houbami (plísněmi). Desinfekční postup využívá mezidruhový parazitismus mikroskopických vláknitých hub. Metoda je založena na principu, kdy specifická kompozice mikroorganismů izolovaných z přírodních substrátů potlačuje nežádoucí růst plísní na zdech, omítkách apod. Po jejich odstranění (chemickým nebo fyzikálním postupem) biologický proces ustane.

Řečeno velmi populárně: jedna plíseň zničí druhou a posléze zanikne. Aktivní mikroflora obsažená ve zmíněném prostředku (*Pythium oligandrum*) nemá žádné negativní účinky pro ovzduší, rostliny, zvířata a lidi.

Pramen: Zprávy CEM SZÚ Praha, 13, 2004, č. 12, s. 520.

(Laj)

* A + A 2005 Düsseldorf

Ve dnech 24. až 27. 10. 2005 se bude v Düsseldorfu (SRN) konat mezinárodní veletrh, zaměřený na individuální ochranu zaměstnanců, bezpečnost a zdraví při práci. Tento veletrh je největší svého druhu na světě. Kromě špičkových novinek nabízí možnost setkání odborníků, neboť jeho součástí je i 29. kongres o bezpečnosti a zdraví při práci, tentokrát na téma „Budoucnost s prevencí“. Veletrh se koná v Düsseldorfu každé dva roky (v lichých letech zde, v sudých letech v Hannoveru). Těchto akcí se účastní stále více vystavovatelů.

Více informací najde zájemce na internetových stránkách www.AplusA-online.de a www.messe-duesseldorf.de.

(Laj)