

Ing. Miroslava MIKEŠOVÁ,
RNDr. Bohumil KOTLÍK Ph.D.,
MUDr. Helena KAZMAROVÁ,
Státní zdravotní ústav Praha,
Centrum hygieny životního prostředí,
odborná skupina hygieny ovzduší

Měření kvality vnitřního prostředí v základních školách

Indoor Environment Quality Measurement in Elementary Schools

Recenzentka
MUDr. Ariana Lajčíková, CSc.

Sdělení prezentuje výsledky studie realizované v rámci Monitoringu zdravotního stavu obyvatelstva zaměřené na kvalitu ovzduší v učebnách základních škol. Ve vybraných 14 školách byly v celkem 141 učebně změřeny hmotnostní koncentrace aerosolových částic frakcí $PM_{10, 2,5 a 1,0}$ a charakteristiky základních mikroklimatických parametrů (teplota, relativní vlhkost a proudění vzduchu). Výsledky doplňujícího měření CO_2 byly použity jako kritérium úrovně výměny vzduchu.

Klíčová slova: školy, vnitřní ovzduší, mikroklima, aerosolové částice

The paper presents results of a study carried out within a Monitoring of public health focused on the air quality in classrooms in elementary schools. Mass concentration of aerosol particles fractions $PM_{10, 2,5 a 1,0}$ and basic microclimatic parameters characteristics (temperature, relative humidity and air flow) were measured in selected 14 schools in 141 classrooms totally. Results of supplementary CO_2 measurement were used as the air change rate criterion.

Keywords: schools, indoor air, microclimate, aerosol particles

Vnitřní ovzduší můžeme také definovat jako ovzduší, které nemá přímé spojení s ovzduším venkovním, a/nebo je natolik ovlivňováno vnitřními zdroji a aktivitami, že se významně liší od ovzduší venkovního. Navíc může mít zcela odlišné, často specifické mikroklima. Na základní úrovni pak lze vnitřní prostředí rozdělovat na pracovní, řešené Nařízením vlády č. 361/2007 Sb. [1], a na nepracovní. Do nepracovního spadá široké spektrum typů prostředí od bytů, přes dopravní prostředky až po tzv. pobytové prostory, jejichž výčet vychází z díky § 13 zákona č. 258/2000 Sb. ve znění novely č. 471/2005 Sb. [2]. Stručně řečeno, jedná se o zařízení pro výchovu a vzdělávání, vysoké školy, školy v přírodě, stavby pro zotavovací akce, stavby zdravotnických zařízení léčebně preventivní péče, ústavy sociální péče, ubytovací zařízení, stavby pro obchod a pro shromažďování většího počtu osob. Podle Vyhlášky č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností [3], jsou uživatelé či provozovatelé těchto staveb povinni zajistit, aby vnitřní prostředí pobytových místností odpovídalo hygienickým limitům chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů.

Pro účely tohoto sdělení není podstatné, jak jsou definovány pobytové prostory (většinou ve vazbě na Vyhlášku 137/1998 Sb. MMR ze dne 9. června 1998 o obecných technických požadavcích na výstavbu [4], jejíž novela se v současnosti připravuje), ale to, že jejich součástí jsou zařízení pro výchovu a vzdělávání – školy. A školy už lze řadit mezi frekventovaná a expozičně významná prostředí, která v tomto případě podléhají i dozorové činnosti orgánů státní správy. Význam úrovně expozice je dán tím, že právě děti spadají mezi citlivé populační skupiny, a že ve školním roce 2007/2008 bylo v České republice celkem 4 254 základních škol, na které docházelo 849,9 tisíc žáků [5]. Pokud nebudeme brát v úvahu další čas dobrovolně strávený ve škole (družiny, kroužky a pod.), lze dobu denně strávenou žáky ve škole odhadnout v rozsahu 5 (první stupeň) až 8 (druhý stupeň) hodin; počet vyučovacích dnů může dosáhnout od 150 až do 200 dnů v rámci školního roku.

Na vnitřní prostředí školských zařízení se v ČR vztahuje ještě Vyhláška MZ ČR č. 410/2005 Sb. ze dne 4. října 2005 o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých [6].

LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY V ČR

Legislativní požadavky na kvalitu vnitřního prostředí staveb pro výuku a vzdělávání shrnují a stanovují příslušné právní předpisy tj. Vyhláška MZ ČR č. 6/2003 Sb. a Vyhláška MZ ČR č. 410/2005 Sb.

1. V příloze č. 1 Vyhlášky MZ ČR č. 6/2003 Sb. jsou stanoveny požadavky na mikroklimatické podmínky a v příloze č. 2 limitní hodnoty vybraných chemických látek.

Požadavky na mikroklimatické faktory

- ☐ rychlost proudění vzduchu – 0,16 až 0,25 m/s v teplém a 0,13 až 0,20 m/s v chladném období roku,
- ☐ relativní vlhkost – nejvýše 65 % v teplém a nejméně 30 % v chladném období roku,
- ☐ pobytové místnosti musí mít zajištěno přímé nebo nucené větrání,
- ☐ množství vyměňovaného vzduchu se stanovuje s ohledem na množství osob a vykonávanou činnost tak, aby byly dodrženy požadavky na mikroklimatické podmínky a hygienické limity chemických látek a prachu.

Tab. 1 Stanovené limity Vyhláškou č. 6/2003 Sb.

Ukazatel	Jednotka	Limit (stanovený jako hodinový)
Oxid dusičitý	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	100
Frakce prachu PM_{10}	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	150
Frakce prachu $PM_{2,5}$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	80
Oxid uhelnatý	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	5000
Ozón	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	100
Azbestová a minerální vlákna	Počet vláken/ m^3	1000
Amoniak	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	200
Benzen	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	7
Toluen	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	300
Suma xylenu	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	200
Styren	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	40
Etylbenzen	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	200
Formaldehyd	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	60
Trichloretylen	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	150
Tetrachloretylen	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	150

2. V příloze č. 3 Vyhlášky MZ ČR č. 410/2005 Sb. jsou stanoveny požadavky na mikroklimatické podmínky ve školách.

- ☐ průměrná výsledná teplota v místnosti v zimě $\Phi_{tg} = 22 \pm 1^\circ\text{C}$,
- ☐ minimální výsledná teplota v místnosti v zimě $\Phi_{tg} = 19^\circ\text{C}$,
- ☐ průměrná výsledná teplota v místnosti v létě $\Phi_{tg} = 28^\circ\text{C}$,
- ☐ maximální výsledná teplota v místnosti v létě $\Phi_{tg} = 31^\circ\text{C}$,
- ☐ intenzita větrání v učebnách – 20 až 30 m^3/h na 1 žáka,
- ☐ rozmezí relativní vlhkosti 30 až 70 %,
- ☐ rychlost proudění vzduchu 0,1 až 0,2 m/s.

LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY A DOPORUČENÍ V ZAHRANIČÍ

Požadavky na potřebné větrání publikované v zahraničí jsou shrnuty v příloze č. 1

PROJEKT MĚŘENÍ KVALITY VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ VE ŠKOLÁCH

Je zřejmé, že takto expozičně významné prostředí dlouho neunikalo pozornosti „Systému monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k životnímu prostředí“ (MZSO) a v dlouhodobém projektu monitorování vnitřního ovzduší byla na přelomu roku 2006–2007 realizována první etapa měření vnitřního ovzduší ve školách. Cílem projektu bylo získat základní informace o rozpětí běžně se vyskytujících hodnot vybraných parametrů kvality vnitřního ovzduší a formou dotazníkového šetření získat informace o některých aspektech zdravotního stavu dětí. V druhé úrovni bylo záměrem ověřit použitelnost a reprezentativnost vypracovaných postupů měření kvality vnitřního ovzduší a strategie odběrů vzorku vnitřního ovzduší. Začátkem roku 2008 bylo uskutečněno měření k doplnění a rozšíření této studie, jehož cílem bylo ověřit reprezentativnost výsledků a doplnit informace o prostorové variabilitě vybraných parametrů.

MĚŘENÉ PARAMETRY

Rozsah vycházel z Vyhlášky MZ ČR č. 6/2003 Sb. a z výsledků první etapy měření vnitřního ovzduší ve školách (zpráva MZSO, subsystém ovzduší za rok 2006) [7], které identifikovaly jako potencionálně problematické:

- dodržování hodnot mikroklimatických parametrů, a to především teploty, pro kterou předpis uvádí pro chladné období roku požadované rozmezí 22 ± 2 °C, relativní vlhkosti, s požadovanou hodnotou pro chladné období minimálně 30 % a výměny vzduchu indikované hodnotami proudění vzduchu a objemovými koncentracemi CO₂;
- expozici aerosolovým částicím frakce PM₁₀ a PM_{2,5}. Tyto frakce byly doplněny sledováním frakce PM_{1,0}.

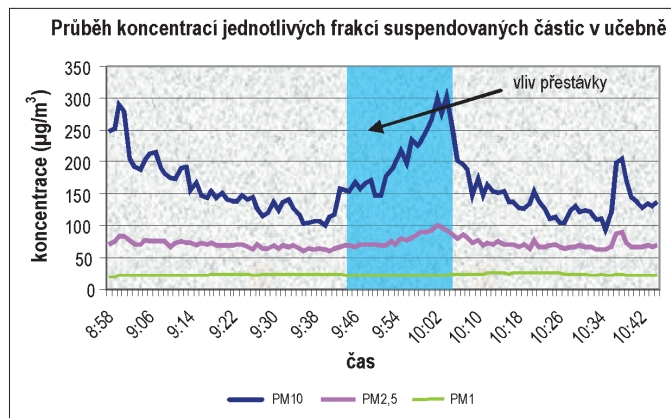
MĚŘENÍ

V rámci projektu bylo v každém kraji proměřeno v jedné základní škole za plného (normálního) vyučovacího režimu deset učeben a popsána variabilita vybraných parametrů vnitřního prostředí. Školy byly vybírány ve spolupráci s Krajskými hygienickými stanicemi; jediným kritériem výběru byl požadavek vícepatrové budovy (minimálně 2 patra/3 podlaží). Proměřené učebny byly umístěny v různých podlažích budov a jejich okna byla náhodně orientována vzhledem ke světovým stranám; měření tak byly třídy žáků prvního i druhého stupně. Měření proběhla v topné sezóně 2008 (v období leden až duben) ve všech 14ti krajích České republiky. V každé učebně byly měřeny vždy 2 vyučovací hodiny včetně přestávky mezi nimi.

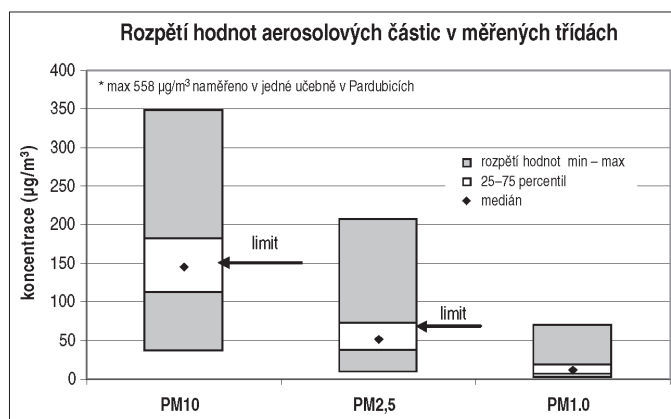
Hmotnostní koncentrace aerosolových částic byly měřeny optickým čítačem částic Grimm (typ 1.107/1.109) a mikroklimatické faktory a objemové koncentrace CO₂ kombinovaným přístrojem Testo (typ 442). Data byla sbírána do řídicího PC.

VÝSLEDKY MĚŘENÍ

V této části jsou prezentovány základní charakteristiky naměřených hodnot jednotlivých parametrů, jednak vzhledem k měřené škole (tab. 2), jednak vzhledem ke všem změřeným učebnám (tab. 3). Bylo změřeno celkem 14 základních škol, ve kterých bylo změřeno 141 učeben. Měření bylo realizováno v topné sezóně.



Obr. 1 Typický příklad průběhu koncentrací suspendovaných částic v učebně



Obr. 2 Rozpětí koncentrací suspendovaných částic frakce PM₁₀, PM_{2,5} a PM_{1,0} v měřených učebnách

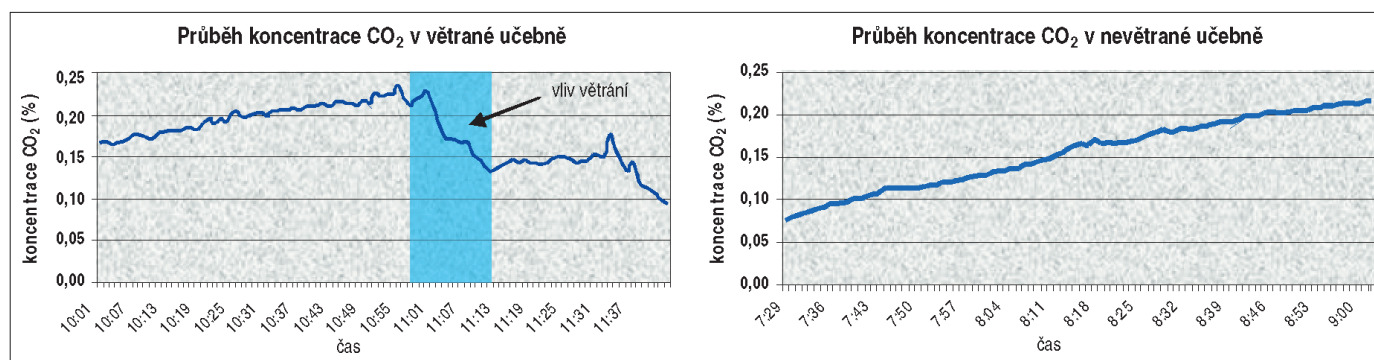
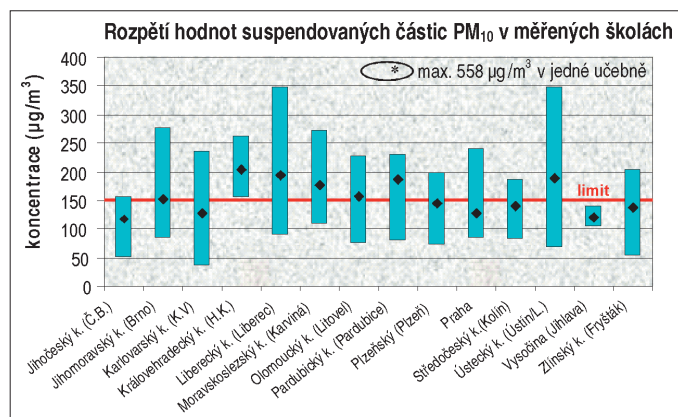
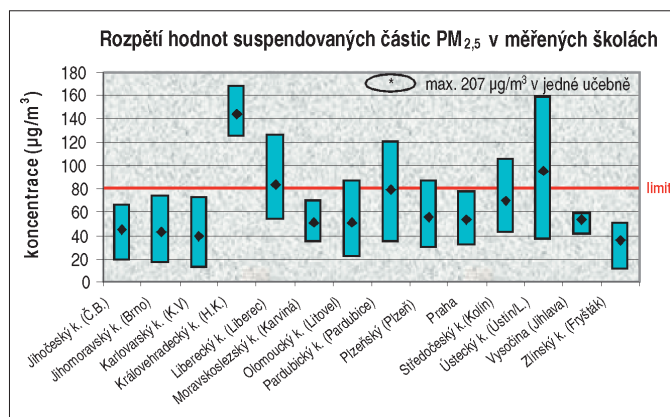
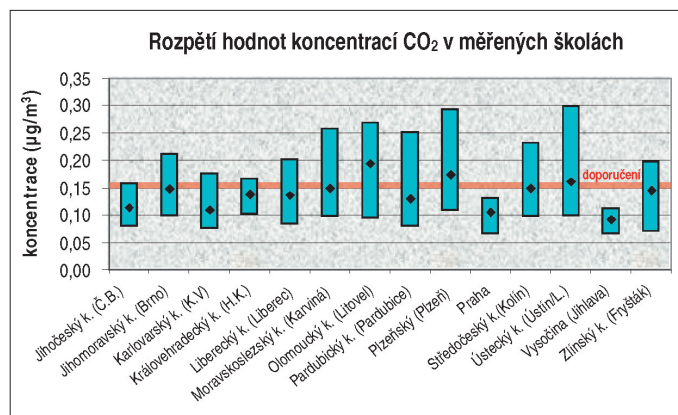
Tab. 2 Přehled koncentrací suspendovaných částic v jednotlivých školách

KRAJ	PM ₁₀ [µg/m ³]			PM _{2,5} [µg/m ³]			PM _{1,0} [µg/m ³]		
	min	max	prům	min	max	prům	min	max	prům
Jihočeský (Č.B.)	51	158	117	20	67	45	6	29	13
Jihomoravský (Brno)	86	278	151	17	74	43	3	17	10
Karlovarský (K.V.)	37	236	127	13	73	39	3	9	6
Královéhradecký (H.K.)	158	262	204	125	169	144	43	70	58
Liberecký (Liberec)	91	349	194	55	126	84	13	31	20
Moravskoslezský (Karviná)	111	271	177	35	70	51	8	23	11
Olomoucký (Litovel)	77	227	157	22	87	51	4	31	14
Pardubický (Pardubice)	80	558	185	35	207	79	5	50	19
Plzeňský (Rokycany)	73	200	144	30	87	56	4	23	12
Praha (Praha 10)	86	242	128	32	77	54	6	35	15
Středočeský (Kladno)	85	186	141	43	106	69	13	40	20
Ústecký (Ústí/L.)	68	348	189	37	159	95	9	46	28
Vysočina (Jihlava)	106	139	120	42	60	53	8	19	12
Zlínský (Fryšták)	54	203	137	11	51	36	3	13	7

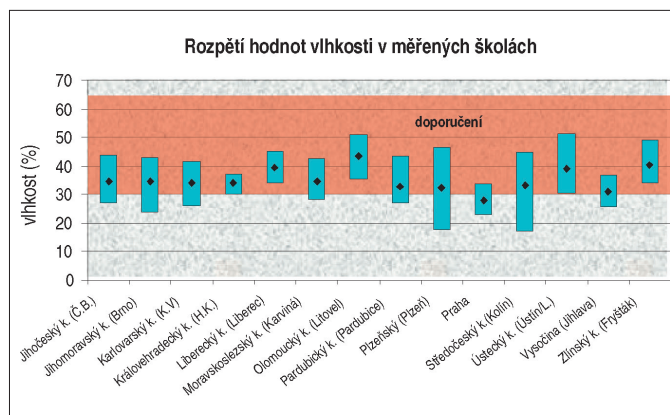
Tab. 3 Základní statistické charakteristiky koncentrací aerosolových částic frakce PM₁₀

	PM ₁₀ [µg/m ³]	PM _{2,5} [µg/m ³]	PM _{1,0} [µg/m ³]	CO ₂ [%]	Vlhkost [%]	Teplota [°C]
min	37	11	3	0,066	17	20,6
max	558	207	70	0,298	52	30,0
medián	146	51	12	0,124	35	23,7
25percentil	113	38	8	0,103	31	22,6
75percentil	183	74	19	0,166	39	24,7
průměr	155	63	17	0,138	35	23,8
limit (doporučení)	150	80	-	(0,12 - 0,15)	30 až 65	20 až 24

V tab. 2 jsou uvedeny výsledky měření suspendovaných částic frakce PM₁₀, PM_{2,5} a PM_{1,0} v jednotlivých školách. Hodnoty suspendovaných částic, především frakce PM₁₀ a PM_{2,5}, jsou ovlivněny činností ve třídě (obr. 1), režimem úklidu a významný vliv má také typ podlahové krytiny.

Obr. 3 Typický průběh koncentrace CO_2 v závislosti na režimu větráníObr. 4 Hodnoty koncentrací suspendovaných částic frakce PM_{10} v měřených školáchObr. 5 Hodnoty koncentrací suspendovaných částic frakce $\text{PM}_{2,5}$ v měřených školách

Obr. 6 Hodnoty koncentrací oxidu uhličitého v měřených školách



Obr. 7 Hodnoty vlhkosti v měřených školách

Přestože se použití koberců jeví jako nevhodné, bylo celoplošným kobercem pokryto 3,5 % učeben a na části podlahové plochy byl koberec v 17 % učeben.

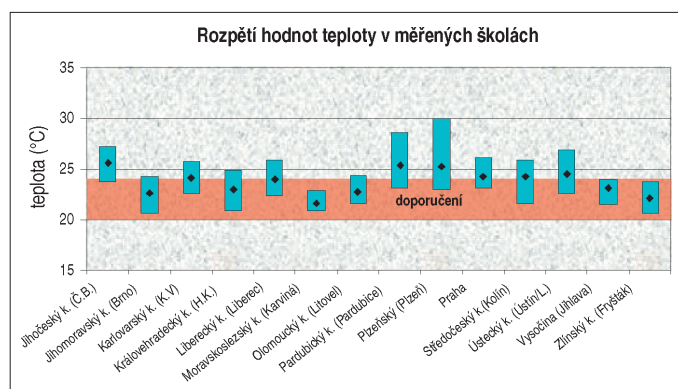
Tab. 4 Přehled hodnot mikroklimatických faktorů a koncentrací oxidu uhličitého v jednotlivých školách

KRAJ	CO_2 [%]			Vlhkost [%]			Teplota [°C]		
	min.	max	prům	min.	max	prům	min.	max	prům
Jihočeský (Č.B.)	0,080	0,159	0,114	27,1	43,7	34,6	23,8	27,2	25,6
Jihomoravský (Brno)	0,101	0,211	0,148	23,7	43,0	34,7	20,6	24,2	22,6
Karlovarský (K.V.)	0,075	0,177	0,108	26,4	41,8	34,1	22,6	25,7	24,1
Královéhradecký (H.K.)	0,103	0,166	0,139	30,1	37,4	33,9	20,8	24,9	23,1
Liberecký (Liberec)	0,085	0,202	0,135	34,0	45,2	39,6	22,4	25,9	24,0
Moravskoslezský (Karviná)	0,098	0,258	0,149	28,6	42,4	34,5	20,9	22,9	21,7
Olomoucký (Litovel)	0,096	0,269	0,194	35,4	51,0	43,3	21,6	24,4	22,8
Pardubický (Pardubice)	0,081	0,252	0,128	27,2	43,6	32,9	23,2	28,6	25,4
Píseňský (Rokycany)	0,110	0,295	0,174	17,7	46,6	32,5	22,9	30,0	25,3
Praha (Praha 10)	0,068	0,132	0,105	22,9	33,7	28,1	23,1	26,1	24,3
Středočeský (Kladno)	0,098	0,231	0,149	17,3	44,9	33,3	21,6	25,9	24,2
Ústecký (Ústí/L.)	0,099	0,298	0,160	30,5	51,6	39,0	22,7	26,9	24,5
Vysočina (Jihlava)	0,066	0,111	0,091	25,7	36,6	31,0	21,6	24,0	23,1
Zlínský (Fryšták)	0,072	0,198	0,145	34,2	49,0	40,3	20,7	23,7	22,2

Měření potvrdilo, že problém představují také mikroklimatické faktory včetně požadavků na výměnu vzduchu indikovanou měřeními hmotnostními koncentracemi oxidu uhličitého (tab. 3 a 4). Mikroklimatické faktory může ovlivnit chování osob (větrání – obr. 3, intenzita topení, zvlhčování vzduchu...) a do jisté míry i vybavení místnosti, jako je typ oken nebo použití žaluzií. V měřených školách bylo 37 % učeben vybaveno plastovými okny a 84 % učeben mělo okenní žaluzie.

ZÁVĚRY

Měření ve 141 učebně ve 14 základních školách potvrdila, že vytípané parametry představují ve vnitřním ovzduší škol problém, a to ať už se jedná o aerosolové částice (obr. 2, 4 a 5) nebo



Obr. 8 Hodnoty teplot v měřených školách

mikroklimatické faktory včetně požadavků na výměnu vzduchu indikovanou měřeními hmotnostními koncentracemi oxidu uhličitého (obr. 3, 6, 7 a 8).

- ❑ Limit ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$) stanovený Vyhláškou MZ ČR č. 6/2003 Sb. pro **aerosolové částice frakce PM_{10}** byl překročen ve 65 učebnách (46,1 %), zjištěný aritmetický průměr byl $155 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a maximální naměřená hmotnostní koncentrace byla $558 \mu\text{g}/\text{m}^3$, největší rozdíl mezi minimální a maximální průměrnou hodnotou v učebně v rámci jedné školy byl $478 \mu\text{g}/\text{m}^3$, naopak nejmenší rozdíl mezi měřenými učebnami byl $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$, nejvyšší průměrná hodnota ve škole (průměr z 10 měřených učeben) byla $204 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- ❑ u **aerosolových částic frakce $\text{PM}_{2,5}$** byl stanovený limit ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$) překročen ve 29 učebnách (20,6%), zjištěný aritmetický průměr byl $63 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a maximální naměřená hmotnostní koncentrace byla $207 \mu\text{g}/\text{m}^3$, nejvyšší průměrná hodnota ve škole (průměr z 10 měřených učeben) byla $144 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a nejnižší $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$, největší rozdíl mezi minimální a maximální průměrnou hodnotou v učebně v rámci jedné školy byl $172 \mu\text{g}/\text{m}^3$ naopak nejmenší rozdíl mezi měřenými učebnami byl $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- ❑ přestože pro **aerosolové částice frakce $\text{PM}_{1,0}$** není stanoven závazný limit i v této frakci stojí za zaznamenání některé naměřené hodnoty, už jenom z toho důvodu, že právě u této velikostní frakce je předpokládána nejvyšší míra infiltrace z venkovního ovzduší – nejvyšší koncentrace $\text{PM}_{1,0}$ v učebně byla $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$, nejvyšší průměrná hodnota ve škole (průměr z 10 měřených učeben) byla $58 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a největší rozdíl mezi minimální a maximální průměrnou hodnotou v učebně v rámci jedné školy byl $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- ❑ nejvyšší doporučená koncentrace **oxidu uhličitého** (0,12 až 0,15 obj. %) byla překročena ve 48 učebnách (34,3 %), ve kterých tak jednoznačně nebyly splněny požadavky na výměnu vzduchu, maximální naměřená hodnota byla 0,298 obj. %, průměrné hodnoty ve školách (průměr z 10 měřených učeben) se pohybovaly v rozmezí 0,091 až 0,194 obj. %;
- ❑ vyšší **teplota** než je požadavek pro chladné období roku, byla naměřena v 51 učebně (36%), maximální zjištěná průměrná teplota byla 30°C , největší zaznamenaný rozdíl mezi minimální a maximální průměrnou hodnotou v rámci jedné školy byl $7,1^\circ\text{C}$, naopak nejmenší rozdíl mezi měřenými učebnami byl $2,0^\circ\text{C}$, průměrné hodnoty teploty ve škole (průměr z 10 měřených učeben) se pohybovaly v rozmezí $21,7$ až $25,6^\circ\text{C}$;
- ❑ **relativní vlhkost** nižší než požaduje vyhláška byla zjištěna ve 31 učebně (22,1%), průměrné hodnoty vlhkosti v jednotlivých školách (hodnocené jako průměr z 10 učeben měřených v dané škole) se pohybovaly v rozmezí 28,1 až 43,3 %.

Blíží informace o hodnotách v jednotlivých školách shrnuje závěrečná zpráva SZÚ z měření ve školách [8].

Spojení na autory: Mikesova@szn.cz, b.kotlik@szn.cz

Použité zdroje:

- [1] Nařízení vlády č. 361 ze dne 12. prosince 2007, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci
- [2] Zákon č. 471/2005 Sb., O ochraně veřejného zdraví a změně některých souvisejících zákonů
- [3] Vyhláška MZ ČR č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí v pobytových místnostech některých staveb
- [4] Vyhláška MMR č. 137/1998 Sb. ze dne 9. června 1998 o obecných technických požadavcích na výstavbu
- [5] Tisková zpráva MŠMT – statistické informace k novému školnímu roku 2007/2008
- [6] Vyhláška MZ ČR č. 410/2005 Sb. ze dne 4. října 2005 o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých
- [7] Zpráva MZSO, subsystém ovzduší za rok 2006, <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/archiv-odbornych-zprav>
- [8] Zpráva z měření ve školách: <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/kvalita-vnitriho-ovzdusi-v-zakladnich-skolach>
- [9] CEN 1752: Ventilation for Buildings – Design Criteria for the Indoor Environment
- [10] DIN 1946-6: Ventilation and Air Conditioning – Part 6 Ventilation for Residential Buildings Requirements, Performance, Acceptance
- [11] ASHRAE Standard 62.1-2004: Ventilation for Indoor Air Quality – Part 3
- [12] CIBSE (Chartered Institution of Buildings Service Engineers) Guide B: Heating, Ventilation, Air Conditioning and Refrigeration
- [13] ČSN 73 0540/2 – Tepelná ochrana budov, funkční požadavky.

PŘÍLOHA Č. 1 – POŽADAVKY NA POTŘEBNÉ VĚTRÁNÍ – SOUHRN Z ODBORNÉ LITERATURY PUBLIKOVANÉ V ZAHRANIČÍ

Požadavky jsou dány zajištěním následujících funkcí:

- ❑ odvedení CO_2 a vlhkosti vznikající pobytem osob ve vnitřním prostředí
- ❑ přivedení kyslíku O_2
- ❑ odvedení pachů vznikajících pobytem osob a různými činnostmi
- ❑ odvedení škodlivých látek, které se uvolňují ze zařízení interiéru a stavebních materiálů

Požadavek normy pro obydlené místnosti vychází z množství vzduchu potřebného pro odvod vydechaného CO_2 . Koncentrace CO_2 se ve venkovním ovzduší pohybuje v hodnotách 320 až 400 ppm. V řadě států je doporučena maximální koncentrace CO_2 ve vnitřním ovzduší 1000 ppm (viz. tabulka), která je ve shodě s Pettenkoferovým kritériem. Podle světových studií jsou při koncentracích přesahujících 3000 ppm pozorovány poruchy soustředění a objevují se pocity diskomfortu. Při koncentracích přesahujících 5000 ppm dochází k bolestem hlavy, ospalosti a letargii.

Pro výpočet potřebného množství čerstvého vzduchu pro dodržení maximální koncentrace 1000 ppm lze použít rovnici (dle normy USA: ASHRAE 62.1) [11]

$$V = m / (c_{\text{max}} - c) = 17,8 / [(1000 - 320) \cdot 10^{-3}] = 26,2 \text{ m}^3/\text{h}/\text{osoba}$$

kde

- V – potřebné množství čerstvého vzduchu pro udržení koncentrace oxidu uhličitého 1000 ppm,
- m – produkce CO_2 dýcháním – $17,8 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}/\text{osoba}$,
- c_{max} – maximální koncentrace v interiéru 1000 ppm,
- c – koncentrace CO_2 ve venkovním přiváděném vzduchu – 320 ppm,

Pro dodržení hodnoty vychází nutný minimální přívod vzduchu $26 \text{ m}^3/\text{h}/\text{osobu}$.

Tab. 5 Požadavky na větrání ve světě uvedené v normách

Zahraniční Předpis	Intenzita výměny vzduchu [h ⁻¹]	Množství větracího vzduchu	Maximální koncentrace CO ₂ [ppm]
DIN 1946-6 (Německo) [10]	0,17 až 0,5	volné větrání 20 m ³ h ⁻¹ /osoba nucené větrání 30 m ³ h ⁻¹ /osoba	1000
ASHRAE 62.1 (USA) [11]	0,35	27 m ³ h ⁻¹ /osoba	1000
CIBSE Guide B (GB) [12]	-	28,8 m ³ h ⁻¹ /osoba	1000
CEN 1752 (EU) [9]			
- kategorie A	-	36 m ³ h ⁻¹ /osoba	venkovní konc. CO ₂ + 350
- kategorie B	-	25,2 m ³ h ⁻¹ /osoba	venkovní konc. CO ₂ + 500
- kategorie C	-	14,4 m ³ h ⁻¹ /osoba	venkovní konc. CO ₂ + 800

* LEED pro projektanty

Ptáte se, co to je? Je to Leadership in Energy and Environmental Design, tedy školení v ekologickém projektování budov. Na světě je více než 56 tisíc certifikovaných specialistů – projektantů s titulem LEED, ale 54 tisíc z nich je v USA. V současnosti žádá o tuto certifikaci 10 německých předních odborníků a jedna projektantka – Karen Klose – již titul získala.

Titul uděluje Green Building council (www.usgbg.org). Je to nezávislá certifikační společnost s více než 10 tisíci členy, kteří projektují nízkoeenergetické budovy využívající kvalitní a k vnitřnímu i venkovnímu prostředí přátelské materiály a vytvářejí zdravé životní prostředí vně i uvnitř budov. Tito odborníci jsou vzděláni v oblasti vytápění, větrání, tvorby klimatu a osvětlení. Při projektování zohledňují ekologické chování budov, vodní hospodářství, tepelnou pohodu lidí a kvalitu vnitřního prostředí pro trvalý rozvoj budovy. Veškeré aspekty stavby jsou hodnoceny bodovým systémem a podle získaných bodů je pak budova certifikována a získá status stříbrné, zlaté nebo platinové stavby.

Časopis CCI v č. 11 přináší na straně 54 rozhovor s paní Karen Klose o přípravě na certifikaci a o průběhu zkoušky. K certifikaci se přihlásila přes internet na stránkách Green Building Certification Institute (GBCI). Byla informována o náplni a požadavcích a připravovala se samostudiem. Zkoušku skládala v Berlíně. Pečlivě bylo kontrolováno, zda nemá u sebe nějaké pomůcky a i když skládala zkoušku v angličtině (test na počítači), nebyl přípustný ani slovník. Dokonce místo zkoušky bylo monitorováno kamerovým systémem a pořizován záznam. K. Klose hodnotí přípravu na zkoušku jako časově náročnou, zkoušku samotnou jako obtížnou vzhledem k formulaci anglických otázek, ale je ráda, že test úspěšně absolvovala. Načerpala nové znalosti, které již uplatňuje ve své praxi a které předává mladším kolegům.

(Laj)

* Zelený mrakodrap

Nový mrakodrap s kanceláři pro New York Times byl postaven za použití více než 95 % recyklované konstrukční oceli (celková potřeba přes 23,5 tis. tun) a jeho vnější systém keramického „slunolamu“ přináší 30 % úspor umělého osvětlení. Má vlastní systém kogenerace tepla kromě četných jiných podpůrných systémů.

Budova má individuální větrací jednotky v podlaze a vzduchové regulační ventily ve stropu. Centrální systém chlazení vzduchu a systémy výměny vzduchu přivádějí 60 m³/h vzduchu na jednoho osazence. Vytápěcí systém je vytvořen obvodovými jednotkami pro ohřev vzduchu napájenými teplou vodou, z nichž každá může být individuálně nastavena. Objekt má nejmodernější řídicí systém DDC, který také ovládá protipožární zařízení. Sloupy v místnostech přivádějí osazenstvu v jednotlivých podlažích doplňující služby, jako plyn, motorovou naftu, přídatné chlazení aj.

Budova má dvojitý plášť z čirého skla, obloženého zvenčí 186 000 vodorovnými keramickými tyčemi, každá o délce 130 cm a tedy o celkové délce přes 240 km! Tato fasádní mříž z tyčí vytváří další ochrannou vrstvu a optimalizuje pronikání přiroze-

Na potřeby větrání lze pohlížet ze dvou úhlů.

- Především by se mělo zohlednit množství vzduchu, které je nezbytné pro zajištění pohody lidí uvnitř místnosti, což by mělo být splněno tím, že nedojde k navýšení koncentrace CO₂ nad 1 000 ppm. Z toho vyplývá požadavek na minimální výměnu vzduchu v době pobytu lidí 25 m³h⁻¹/osobu.
- Druhým úhlem pohledu je stavební hledisko, kdy při neznalosti konkrétního počtu lidí, který bude obývat vnitřní prostory stavby, je možné navrhnout, kolikrát za hodinu musí dojít k výměně vzduchu v místnosti. V tomto případě lze vycházet z hodnoty uvedené ČSN 73 0540/2 [13], tj. 0,3 až 0,6 h⁻¹. ■

ného světla dovnitř a tlumí odlesky. Kombinací skla a keramických tyčí do panelů, dosáhli architekti snížení nákladů asi o 50 % oproti běžným stěnám. Střecha budovy je připravena pro pozdější instalaci solárních panelů.

Klimatizační zařízení pracuje s elektricky regulovaným absorpčním chladicím systémem. V létě absorpční chladič využívá teplo odváděné ze dvou motorů, zatím co v zimě je toto teplo používáno k vnitřnímu vytápění. Pracuje-li klimatizační zařízení, je chladný vzduch přiváděn při podlaze a teplý odváděn stropem. Tento systém je účinnější, protože spodní systém přívodu používá vzduch o 5 až 6 °C teplejší než při běžnějším způsobu přívodu horem. Systém přívodu vzduchu spodem je opatřen senzory, které řídí potřebu větrání na bázi kontroly CO₂. Kvalita vnitřního vzduchu je optimalizována zařízením, které obsahuje 85% filtrační systém a systém vlhčení vzduchu.

Refrig. World 4/2008

(Ku)

* Technika Fanwall

Jako novou revoluční techniku k dopravě vzduchu zavádí americká firma *Huntair* svou patentovanou technologii Fanwall (ventilátorových stěn) do svých nových vzduchotechnických jednotek. Firma vycházela z nevýhody jednotlivých velkých ventilátorů v jednotkách, řízených technikou VFD (frekvenční měniče). Jde o jednotky s objemovým průtokem 8500 až 700 000 m³/h.

U jednotek Fanwall je jejich ventilátorová komora podstatně kratší a to o 30 až 70 % a jednotky jsou provozně spolehlivější, protože při výpadku jednoho z malých ventilátorů se tento dá snadno nahradit. Výrobce uvádí, že i emise hluku jsou o cca 20 dB nižší a při frekvenční regulaci mezi 60 a 120 Hz jsou při rovnoměrnějším ofukování (téměř laminární proudění) následných stavebních dílců i účinnější.

Kritici této techniky uvádějí nevýhody těchto stěn: U více ventilátorů ovládaných frekvenčním měničem mohou být jednotlivé ventilátory monitorovány jen vestavěnými termistory, což znamená, že nadproudové monitorování každého jednotlivého motoru není možné. Všechny ventilátory se musejí stejně rychle rozbíhat, aby nedocházelo k „přetahování“.

CCI 11/2008

(Ku)

* Využívání systému sprchování střechy

Se zajímavým řešením přišla firma *Piergalski Energietechnik* a to využití často používaného systému skrápění střech vodou k chlazení budov ke skrápění fotovoltaického zařízení na střeše. Tohoto způsobu používá údajně již několik let a dosahuje s ním asi o 10 % vyššího výnosu v plném létě. Přitom se skrápí fotovoltaické zařízení na střeše vodou dodávanou z dešťového tanku malým čerpadlem poháněným solární energií. Neopářená voda se svádí okapovým potrubím zpět do tanku.

CCI 6/2008

(Ku)