

Ing. Petra BARÁNKOVÁ
 ČVUT v Praze, Fakulta strojní,
 Ústav techniky prostředí

Měření intenzity větrání metodou značkovacího plynu CO₂ (Část 1.)

Ventilation measurements using CO₂ as a tracer gas (Part 1.)

Recenzent
 prof. Ing. František Drkal, CSc.

Příspěvek pojednává o problematice větrání v domovech a metodice měření intenzity větrání v přirozeně větraných budovách. Pozornost je zaměřena na možnosti využití oxidu uhličitého produkovaného lidmi jako levného značkovacího plynu. V tomto článku je uvedena první část studie, zabývající se počáteční analýzou a distribucí CO₂ produkovaného lidmi v místnosti bez použití směšovacích ventilátorů.

Klíčová slova: měřicí metoda, větrání, oxid uhličitý, značkovací plyn, distribuce CO₂

The article is focused on a topic of ventilation in dwellings and methodology of ventilation measurements in naturally ventilated buildings. The attention is paid to a possibility of using carbon dioxide produced by people as a cheap tracer gas. This paper deals with the first part of the study, which covers the initial problem analysis and distribution of CO₂ produced by people in a room without mixing fans.

Key words: measurement technique, ventilation, carbon dioxide, tracer gas, CO₂ distribution

ÚVOD DO PROBLEMATIKY

Odborné studie z poslední doby poukazují na možnou souvislost mezi intenzitou větrání v domovech a zvýšeným výskytem alergií a astmatu [1]. Tato problematika je v současnosti hodně diskutovaná, nicméně počátek současných problémů se spojuje již s energetickou krizí v 70. letech, kdy rapidní zvýšení cen ropy odstartovalo globální snahy o snížení spotřeby energie. Jedním z důsledků bylo také zateplování budov, které mělo omezit tepelné ztráty. Zároveň se začala používat celá řada nových syntetických materiálů, které našly uplatnění jako stavební izolace, podlahové krytiny či součásti interiérů. V přirozeně větraných obytných budovách, kde je větrání zajišťováno otevíráním oken (dveří) a tokem vzduchu spárami a netěsnostmi v obvodovém plášti (infiltrací), často došlo k výraznému snížení intenzity větrání, což současně zvýšilo expozici lidí škodlivinami.

V současné době není známo co zapříčinilo prudký nárůst alergií a astmatu během posledních desetiletí [2]. Zvažuje a ověřuje se mnoho faktorů: výše zmíněné snížení intenzity větrání, zavedení nových materiálů, znečištění venkovního ovzduší, změny stravovacích návyků, chov domácích zvířat v obytných prostorech, výskyt roztočů, chování matky během těhotenství a v raném věku dítěte, atd. Větrání v domovech má však mezi ostatními faktory zvláštní význam, neboť ovlivňuje koncentrace škodlivin (alergenů) ve vdechovaném vzduchu.

MĚŘICÍ METODY VYUŽÍVAJÍCÍ „ZNAČKOVACÍ PLYN“

Měření intenzity větrání v přirozeně větraných obytných budovách jsou obtížně realizovatelná – obyvatelé otevírají okna a dveře dle vlastního uvážení a netěsnosti v obvodové konstrukci není možné přesně lokalizovat a měřit. V současnosti se k těmto měřením používají metody tzv. značkovacích plynů [3], [4].

Základní princip je jednoduchý a obecně hojně užívaný ve všech odvětvích výzkumu: sledováním určitého označeného elementu skupiny, je možno pozorovat celkový pohyb skupiny. Velmi často se popsany princip využívá např. při sledování migrace zvířat, či při studiu ohrožených živočišných druhů. Při určování parametrů vnitřního prostředí lze měřením koncentrací určitého (značkovacího) plynu ve vzduchu určit intenzitu výměny vzduchu mezi dvěma zónami.

Značkovací plyn může být do vzduchu aktivně dávkován před nebo i v průběhu měření. Často používané značkovací plyny jsou: N₂O, freony (CF₂Cl₂), SF₆, CO₂. Typicky je plyn do prostoru dávkován z tlakové lahve a měření trvá 0,5 až 8 hodin. Analytické metody používané ke zpracování výsledků vyžadují rovnoměrné rozložení značkovacího plynu v místnosti, proto je v literatuře doporučeno používat směšovací ventilátory k promíchání plynu s okolním vzduchem [3],

[5]. Aktivní dávkování značkovacího plynu a použití ventilátorů v obytných budovách však není vhodné. Dietz a kol. [6] představil na počátku 80. let metodu PFT (Passive perfluorocarbon tracer gas technique) vyvinutou speciálně pro použití v obytných budovách. Tato technika je však poměrně drahá a navíc umožňuje zjistit pouze průměrnou hodnotu intenzity větrání za měřicí období (1 až 3 týdny). Průměrná hodnota může být postačující pro energetické bilance, avšak z hlediska zdraví může být více relevantní minimální hodnota či intenzita větrání v noci, kdy obyvatelé spí.

Cílem studie, ze které předložený příspěvek vychází, bylo najít jednoduchou a přesnou metodu pro měření intenzity výměny vzduchu v obytných budovách, umožňující získat více informací, než jen průměrnou hodnotu intenzity větrání.

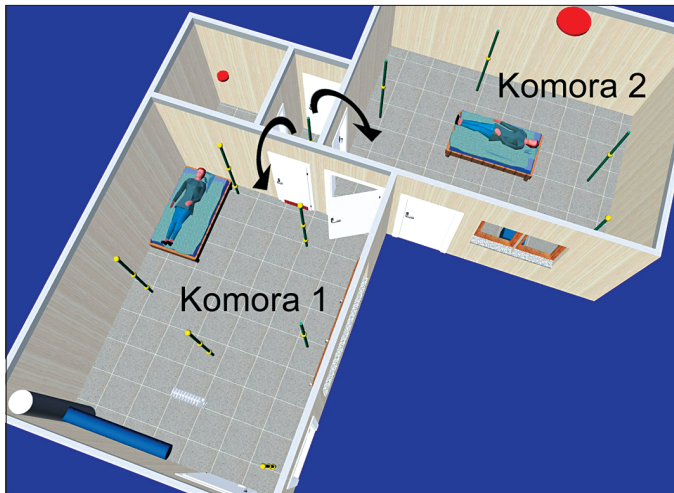
OXID UHLIČITÝ JAKO PŘIROZENÝ ZNAČKOVACÍ PLYN

Oxid uhličitý je anorganický plyn, běžně se vyskytující ve vzduchu. Venkovní koncentrace závisí na stupni urbanizace v dané oblasti a případně i na denní době. V literatuře se většinou uvádí rozmezí 300 až 450 ppm (ppm = parts per million, jeden díl z milionu), vyšší hodnoty se týkají více znečištěných oblastí [3], [7]. Měření z poslední doby však ukazují, hodnoty pod 370 ppm se již takřka nevyskytují [8].

Zdrojem oxidu uhličitého jsou především spalovací a metabolické procesy. Produkce metabolického CO₂ lidmi je definována jako funkce výšky, váhy a stupně fyzické aktivity osoby [3]. Dle těchto parametrů se objemový tok CO₂ produkovaného lidmi mění od cca 4 do 26 l_{CO2}/h osobu. Nejmenší hodnota odpovídá produkci spícího dítěte, nejvyšší dospělé osobě a vysokému stupni fyzické aktivity.

Oxid uhličitý je považován za dobrý ukazatel míry znečištění prostoru obývaného lidmi, proto jsou v některých normách uvedeny maximální koncentrace CO₂ jako limity přijatelnosti vnitřního prostředí. Nejčastěji je doporučovaná hodnota 1000 ppm nebo 650 ppm nad venkovní koncentrací [3]. V poslední době se také ve větrání a klimatizaci začala používat regulace založená na dodržování maximální koncentrace CO₂, která je v literatuře uváděna pod pojmem „Demand Control Ventilation“.

Použití CO₂ produkovaného lidmi jako přirozeného značkovacího plynu pro měření intenzity větrání není běžné. Obecně lze použít pro analýzy tři metody vycházející ze stejného principu jako bilance škodlivin ve větraném prostoru: Po příchodu lidí do místnosti koncentrace CO₂ plynule narůstá. Při zachování konstantních podmínek dojde po určité době k rovnovážnému stavu, kdy se již koncentrace nemění. Po odchodu osob z místnosti koncentrace plynule klesá až na úroveň venkovní koncentrace.



Obr. 1 – Schéma laboratorních komor

– žluté body ukazují měřicí místa, – propojení komor přes chodbu je zvýrazněno šipkami

Několik publikovaných studií se zabývalo možností využití pro kalkulace zbytkový oxid uhličitý poté, co lidé opustí budovu – divadlo, školu [9], [10]. Intenzitu výměny vzduchu v dané místnosti je pak možno vypočítat nejčastěji používanou značkovací metodou na základě měření **poklesu koncentrací** CO₂ v čase [3], [5].

V literatuře se doporučuje použít metodu „**rovnovážné koncentrace**“ [5], [10], [11]. Jde o stav, kdy je v rovnováze produkce metabolického CO₂ a průtok vzduchu místností. Koncentrace CO₂ se tedy nemění a objemový průtok vzduchu místností je roven podílu objemového toku CO₂ produkovaného lidmi a rovnovážné koncentraci CO₂ v místnosti. Doba za kterou dojde k takové rovnováze (časová konstanta) je však nepřímo úměrná intenzitě výměny vzduchu v dané místnosti. Při nízké intenzitě výměny vzduchu (0,2 až 0,4 h⁻¹) by k rovnováze došlo za více než 14 hodin, což často znemožňuje daný princip použít.

Jiný způsob představuje metoda „**nárůstu koncentrací**“, která je založena na předpokladu konstantního toku produkovaného CO₂ a měření nárůstu koncentrací v čase [3], [5].

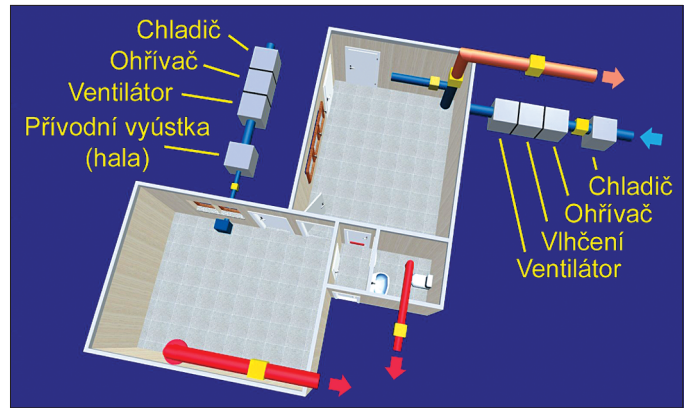
Jak již bylo zmíněno výše, dosavadní použití CO₂ pro měření intenzity větrání se týkalo několika málo případů. Problematické je zejména přesné určení toku CO₂ produkovaného lidmi (je nutné znát nejen počet ale i fyzickou aktivitu osob) a promísení CO₂ s okolním vzduchem bez použití ventilátorů. Tyto parametry přímo souvisí s analýzou nejistot – analytické metody umožňující výpočet intenzity výměny vzduchu z naměřených koncentrací CO₂ byly doposud spíše teoreticky formulovány. Praktické informace pro měření CO₂, zpracování dat a analýza nejistot chyběly.

DISTRIBUCE CO₂ V MÍSTNOSTI

Přirozená distribuce oxidu uhličitého v místnosti při nízkých intenzitách výměny vzduchu byla nejprve studována v sérii laboratorních měření. Výsledky byly následně ověřeny měřeními ve skutečných obytných budovách. S ohledem na závislost produkce CO₂ na fyzické aktivitě osob, byly vybrány dva časové úseky umožňující následnou analýzu dat – doba během noci kdy lidé spí (metoda nárůstu koncentrací) a doba během dne kdy obyvatelé nejsou doma (metoda poklesu koncentrací).

1. Měření v laboratoři

Při měření byly použity dvě experimentální komory stejné velikosti (60 m³), umístěné v prostorách mezinárodního centra International Centre for Indoor Environment and Energy (ICIEE), DTU Lyngby, Dánsko (obr. 1). První část experimentů proběhla pouze v jedné komoře (komora 1). Následně byla zjišťová-



Obr. 2 – Vzduchotechnické systémy použité při laboratorních experimentech

– modře: přívodní potrubí a vyústky, – červeně: potrubí a vyústky pro odvod vzduchu, – žlutě: regulační klapky

na distribuce CO₂ ve dvou propojených místnostech. Byly simulovány dva druhy propojení – přímé propojení přes společné dveře a nepřímé propojení přes chodbu (vyznačeno černými šipkami v obr. 1).

Požadované výměny vzduchu byly zajišťovány dvěmi oddělenými vzduchotechnickými systémy (obr. 2). Průtok přívodního vzduchu byl centrálním regulačním systémem udržován konstantní během všech experimentů. Jednotlivé výměny vzduchu byly pak nastavovány regulačními klapkami umístěnými před přívodními vyústkami. Vzduch byl do komor přiváděn štěrbinami obdélníkového průřezu, teplota vzduchu vystupujícího z vyústek byla 12 až 16 °C. Odvod vzduchu z komory 1 byl řešen štěrbinou ve spodní část dveří. V komoře 2 byla použita vyústka kruhového průřezu ve stropě. V obou komorách byl během experimentů udržován přetlak 2 až 5 Pa.

Spící osoby simulovaly dvě měřicí figuríny (detailní popis viz [12]). Umělá „plíce“ figuríny zajišťovala parametry vydechaného vzduchu: teplotu 34 °C, koncentraci CO₂ 36 000 ppm, respirační frekvenci – 3 sekundy nádech ústy, 3 s výdech nosem a 2 s přestávku. Respirační průtok vzduchu byl 4,7 l/min. Metabolické teplo produkované figurínou odpovídalo spící ženě (70 W). Při většině experimentů byla nastavena intenzita výměny vzduchu 0,2 h⁻¹.

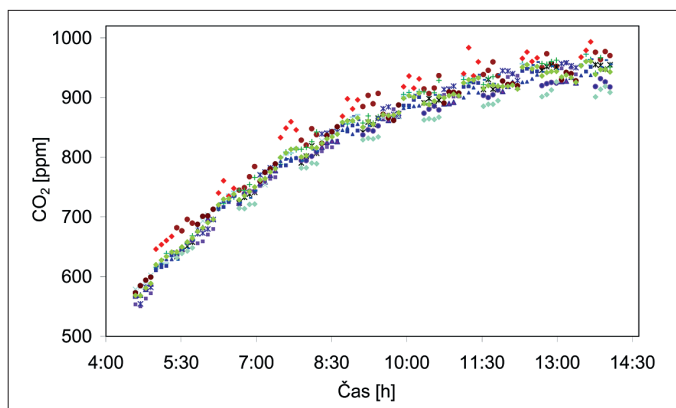
Během měření byly simulovány různé situace, které mohou ovlivnit distribuci CO₂ a následně také zjištěné hodnoty intenzity výměny vzduchu: přítomnost či absence otopného tělesa v místnosti, natočení hlavy spící osoby (směrem do prostoru nebo směrem ke zdi), odchod osoby z místnosti během noci nebo naopak příchod osoby během dne, kdy je místnost bez lidí.

Koncentrace oxidu uhličitého byly měřeny v pětiminutových intervalech v 18 nebo 12 bodech rozmístěných ve třech vertikálních úrovních v obou komorách (obr. 1). Směšovací ventilátory byly použity pouze před začátkem jednotlivých měření – v průběhu experimentů byly vypnuty.

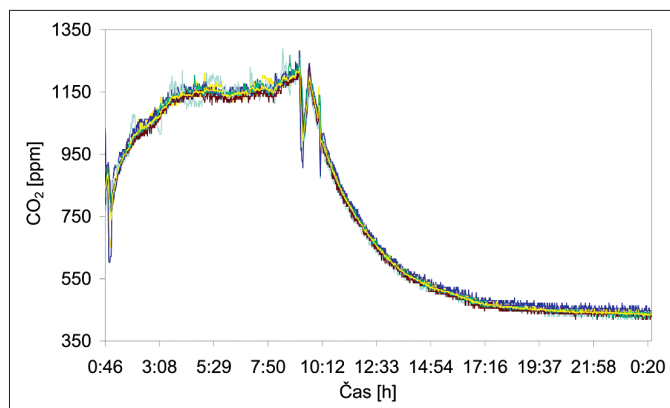
Doporučení týkající se rovnoměrnosti koncentrací značkovacího plynu v měřeném prostoru je formulováno v normě ASTM Standard E 741-00 [5], [11]: absolutní hodnoty odchylek koncentrací značkovacího plynu v reprezentativních místech prostoru počítané vzhledem ke střední hodnotě koncentrací by měly být menší než 10 %.

Graf na obr. 3 ukazuje koncentrace CO₂ měřené v komoře 1 během jednoho experimentu (otopné těleso bylo vypnuto, figurína měla hlavu otočenou směrem ke zdi). Byla simulována doba během noci, figurína tedy byla zapnuta a koncentrace CO₂ plynule narůstaly. Okamžité procentuální odchylky koncentrací od středních hodnot byly ve všech měřených bodech menší než 8 %.

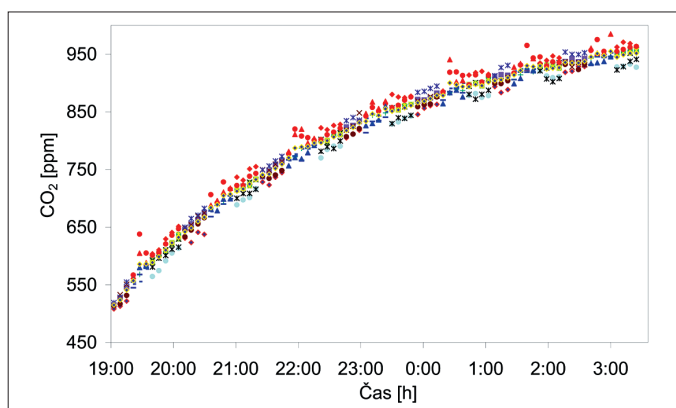
Podobné výsledky byly dosaženy i v experimentu kdy bylo otopné těleso během experimentu zapnuto (obr. 4). V tomto případě byla zjištěna ještě vyšší uniformita koncentrací – okamžité procentuální odchylky koncentrací od středních hodnot byly menší než 6 %. Lepší promísení pravděpodobně způsobil konvekční proud indukovaný otopným tělesem. Nejvyšší hodnoty koncentrací



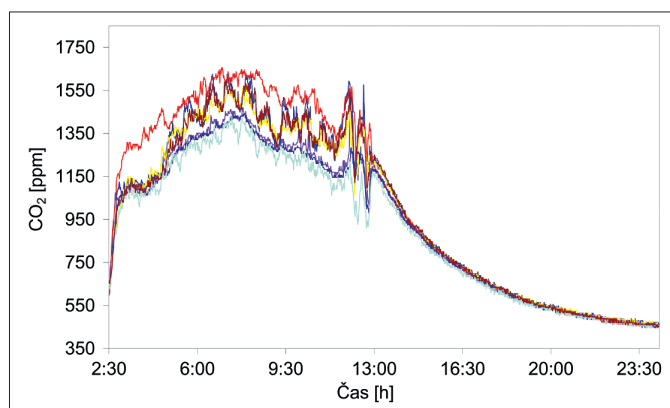
Obr. 3 – Koncentrace oxidu uhličitého měřené v 18 místech v komoře 1 během jednoho experiment



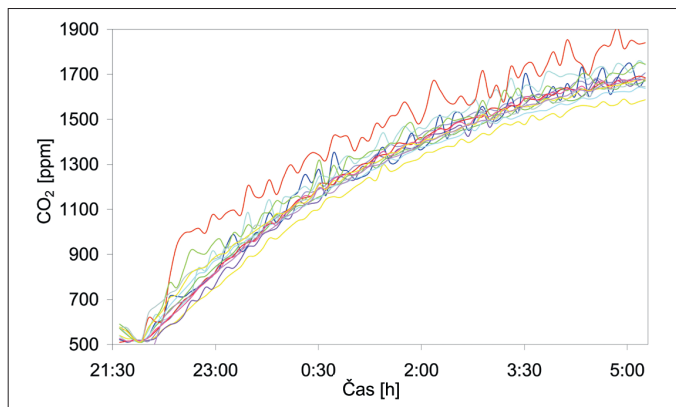
Obr. 6. Koncentrace CO_2 měřené v sedmi bodech v pokoji obývaném jednou osobou (světle modrá křivka odpovídá hodnotám naměřeným pod oknem u otopného tělesa)



Obr. 4 – Koncentrace oxidu uhličitého měřené v 18 bodech v komoře 1 (otopné těleso bylo zapnuto během měření)



Obr. 7. Koncentrace CO_2 měřené v sedmi bodech v menším pokoji obývaném dvěma osobami (červená křivka ukazuje hodnoty naměřené nad spícími osobami, spodní modrá křivka byla naměřena přístrojem umístěným na stole pod oknem)



Obr. 5 – Koncentrace oxidu uhličitého měřené ve 12 bodech v obou komorách

byly naměřeny v blízkosti měřicí figuríny, obzvláště v bodech umístěných přímo nad hlavou figuríny, kde je vydechovaný oxid uhličitý přímo unášen vzhůru teplym konvekčním proudem. Nejnižší koncentrace CO_2 byly naopak měřeny poblíž přívodní vyústky a v rozích komory. Podobné výsledky byly zjištěny i v dalších experimentech.

Měření, kdy byla uplatněna metoda poklesu koncentrací (během nepřítomnosti osob), ukázala obecně lepší promísení značkovacího plynu – okamžité procentuální odchylky koncentrací od středních hodnot nepřekročily 6 %.

Dostatečné promísení CO_2 bylo zjištěno také ve většině měření v obou komorách s různým způsobem propojení. V obr. 5 je zobrazen nárůst koncentrací CO_2 měřených v obou komorách ve 12 bodech. Komory byly propojeny pouze nepřímo přes společnou chodbu (dveře z obou komor vedoucí do chodby byly otevřeny 15 cm). Obě měřicí figuríny byly zapnuty a umístěny dle obr. 1. Okamžité procentuální odchylky koncentrací od středních hodnot překročily 10 % pouze v jednom bodě – umístěném nad měřicí figurínu v komo-

ře 2. Podrobnější informace o výsledcích a průběhu laboratorních měření lze nalézt v [13].

2. Měření v obytných budovách

Měřeno bylo v prosinci 2003 v 10 různých obytných budovách v okolí města Lyngby (Dánsko). Studie zahrnovala měření ve 12 pokojích obývaných jednou osobou a také 3 pokoje obývané dvěma osobami. Velikosti pokojů byly různé (13 až 40 m^3) stejně jako konstrukce jednotlivých budov. Každé měření trvalo 24 hodin, tak aby byla zjištěna distribuce CO_2 během noci, kdy byl pokoj obýván a během dne, kdy byl pokoj bez lidí.

Koncentrace oxidu uhličitého byly vždy měřeny v sedmi bodech v různých vertikálních výškách. Pozice blízko spících osob a oken, identifikované v laboratorních experimentech jako místa s největším rozdílem koncentrací, byly také zahrnuty.

Výsledky měření v obytných budovách potvrdily výsledky získané v laboratoři. Ve většině případů byly okamžité procentuální odchylky koncentrací od středních hodnot menší než 10 % ve všech měřených bodech (obr. 6).

Větší rozptyl naměřených koncentrací byl naměřen v několika pokojích o velikosti do 12 m^2 (příklad je na obr. 7). Důvodem bylo především rozmístění přístrojů blízko spících osob či oken. Jako místa nevhodná pro měření byly navíc identifikovány pozice blízko stropu (umístění výše než 2m), na zemi a v blízkosti otopných těles. Po vyloučení těchto měřicích bodů, byla již podmínka uniformity splněna ve všech případech (více informací viz [8]).

Měření v laboratorních podmínkách i ve skutečných obytných budovách ukázala, že použití směšovací ventilátorů při využití oxidu uhličitého produkovaného lidmi jako značkovacího plynu není nutné. Je však třeba pečlivě zvolit měřicí

místo, zejména pokud je možné měřit koncentrace CO₂ jen v jednom bodě. Především je třeba se vyvarovat měření v blízkosti spících osob a v dalších místech popsanych výše.

Otázka přirozené distribuce CO₂ v místnosti byla pouze jedním z bodů studie. Následně byla řešena problematika zpracování dat (zjištění intenzity větrání z naměřených hodnot) a analýza nejistot jejíž výsledky budou uvedeny ve druhém příspěvku, který bude následovat.

Studie je součástí projektu zabývajícího se příčinami alergií a astmatu, který je v současnosti řešen na ICIEE. Na realizaci se dále podíleli K. G. Naydenov, A. K. Melikov a J. Sundell z ICIEE, DTU Lyngby, Dánsko.

Poznámka autorky: Pojem intenzita větrání se vztahuje na větrání čerstvým venkovním vzduchem. V příspěvku je použito i pojmu intenzita výměny vzduchu tam, kde se jedná o obecnou výměnu vzduchu v prostoru.

Spojení na autorku: petra.barankova@fs.cvut.cz

Použité zdroje:

- [1] Bornehag, C.G., Sundell, J., Hägerhed, L., DBH Study Group: *Dampness in dwellings and sick building symptoms among adults: a cross-sectional study on 8918 Swedish homes*. Proceedings of Healthy Buildings, December 2003, Singapore, Vol. 1, pp. 582-587.
- [2] Sundell, J.: *Ventilation in homes and health*. Proceedings of International Symposium on Indoor Air Quality and Health Hazards, Tokyo, October 2003, Vol. 2, pp. 49-51.
- [3] ASHRAE Handbook Fundamentals (2001). American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, 2001.

- [4] Etheridge, D., Sandberg, M. *Building Ventilation, Theory and Measurement*. John Wiley & Sons Ltd., 2000, ISBN 0-471-96087-X.
- [5] ASTM E 741-00. *Standard Test Method for Determining Air Change in a Single Zone by Means of a Tracer Gas Dilution*. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 2000.
- [6] Dietz, R.N., Goodrich, R.W., Cote, E.A., Wieser, R.F. *Detailed Description and Performance of a Passive Perfluorocarbon Tracer System for Building Ventilation and Air Exchange Measurements*. ASTM STP 904, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1986.
- [7] Liddament, M.W. *A Guide to Energy Efficient Ventilation*. Air Infiltration and Ventilation Centre, 1996, Coventry, United Kingdom
- [8] Naydenov, K.G., Baránková, P., Melikov, A.K., Sundell J. *Natural distribution of metabolic carbon dioxide: Part 2 – Field study*. Book of Abstracts, ROOMVENT 2004, Coimbra, Portugal, 5-8 September, pp. 356-357.
- [9] Gierczycka, E., Baranowski, A., Blaszczyk, M., Popiolek, Z. *Badanie wymiany powietrza w mieszkaniu metoda zaniku stężenia znacznika gazowego*, VII Ogólnopolskie Sympozjum Zastosowanie Mechaniki Płynów w Inżynierii Środowiska, Gliwice-Wiśła, 2001, pp 65-72.
- [10] Persily, A.K. *A few caveats on carbon dioxide monitoring*. IAQ Journal 4, 1994, No.1, 22-25
- [11] ASTM D 6245–98 (RA 2002). *Standard Guide for Using Indoor Carbon Dioxide Concentrations to Evaluate Indoor Air Quality and Ventilation*. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA
- [12] Melikov, A.K., Kaczmarczyk, J., Cygan, L. *Indoor Air Quality Assessment by A "Breathing" Thermal Manikin*. Proceedings of ROOMVENT 2000, July 9-12 2000, Reading, UK
- [13] Baránková, P., Naydenov, K.G., Melikov, A.K., Sundell, J. *Distribution of Carbon Dioxide Produced by People in a Room: Part 1 – Laboratory study*. Book of Abstracts, ROOMVENT 2004, Coimbra, Portugal, 5-8 September, pp 337-338. ■

* Nová koncepce vídeňského AQUA-THERMU

Vídeňský „Aqua-therm“, od 26.–29. 4. 2005, poprvé proběhne s odborným veletrhem pro obor elektrotechniky „Power Days“ a v rámci nového počínu Reed Exhibitions Messe Wien – veletrhu „Energie-Raum-Gebäude – ERG“ rozšíří tradiční zaměření „Aqua-thermu“ o nové obory jako bezpečnost, osvětlení a systémy komunikace v budovách.

Přehled oborů ERG: sanita/koupelna; vytápění, obnovitelné zdroje energie, využití solární energie, tepelná čerpadla, příslušenství, čerpadla, potrubí a armatury, izolace, spojovací technika; vzduchotechnika a klimatizace; bezpečnostní technika; technika budov; měření, řízení a regulace; vybavení dílen, vzdělávání, poradenství.

Obory „Power Days“: elektroinstalační technika; technika osvětlení; informační a komunikační technika v budovách; bezpečnostní technika; služby a servis.

Pořadatel veletrhu připravuje bohatý doprovodný program, poradenská a informační střediska pro přenos informací, zkušeností a know-how, přednášky expertů i kontaktní fórum pro vztahy mezi východem a západem. Vynikající infrastruktura moderního výstavního centra poskytne pohodlí a kompletní servis vystavovatelům i návštěvníkům.

Další podrobnosti a přihlášky pro české a slovenské vystavovatele poskytne agentura:

Progres Partners Adv., s. r. o.,

Olga Pešková, tel. +420/221 602 324, e-mail peskova@ppa.cz

Ze zahraniční literatury

- Monti, E.: **Air conditioning at the La Scala theatre**. (Klimatizace v divadle La Scala). Refrigeration World, sept. 2004, s. 33–35

Kdo by neznal slavný operní dům La Scala v Miláně! Budovu postavil v roce 1778 architekt Giuseppe Piermarini. Koncem roku 2001 přišla zpráva o katastrofálním požáru divadelní-

ho objektu, který byl téměř zničen. Okamžitě bylo rozhodnuto o obnově budovy, pomohla i veřejná sbírka. Divadelní soubor byl přemístěn do jiné nové divadelní budovy Teatro degli Arcimboldi a začaly stavební práce. V současnosti jsou dokončovány úpravy interiérů a 7. prosince 2004 byla budova po náročném rekonstrukci slavnostně otevřena. Jen na pohled to bude tatáž budova, ve skutečnosti to bude moderní objekt s náročným technickým vybavením, které zajistí v letním období v interiéru teplotu 25 °C, v zimě 20 °C a po celý rok relativní vlhkost 50 %. Klimatizační systém využívá tři chladicí jednotky RTHC D1 Trane v paralelním zapojení s chladičem R 134a. Každá jednotka má výkon 1055 kW. Výkon požadovaný projektantem počítá s možností překlenutí nenadálých extrémních zátěží (jsou uvažovány píky do výše cca 2000 kW). Dvě jednotky budou stále v provozu, jedna v pohotovostním režimu jako záložní. Jednotky mohou rychle reagovat na měnící se zátěž, mohou pracovat se změnou 20 až 100 % výkonu v několika minutách. Vytápěcí síť je řízena dálkově. Distribuci vzduchu obstarává 20 centrálně řízených jednotek Trane ve třech různých nastaveních a 600 fan coilů. Od počátku byly kladeny vysoké nároky na hlučnost klimatizačního zařízení. V historické části budovy nepřesáhne hladina akustického tlaku A ve vzdálenosti 1m od vyústky 40 dB.

Podle již dnes pyšných autorů projektu bude klimatizace první hvězdou, která v divadle la Scala 7. prosince v plné kráse zazáří!

(Laj)

* Zářiče na fotbalových stadionech

Celá řada provozovatelů fotbalových stadionů je vybavuje v poslední době infra-zářiči, protože vytápění tribun přináší vyšší návštěvnost. Investiční náklady činí v SRN cca 12 Euro na jedno sedadlo a také provozní náklady jsou nevýznamné. Firma GoGas Goch v Dortmundu je výrobcem takovýchto plynových zářičů a vybavila již přes 20 stadionů i v zahraničí – např. v Utrechtu nebo Den Haagu. V SRN nejnověji je vybavován velký sportovní stadion v Düsseldorfu celkem 270 zářiči s instalovaným výkonem 8,4 MW, které zajistí pod střechou tribun minimální teplotu 15 °C. Pokud nejsou tribuny plně obsazeny lze zářiče po skupinách vypínat.

CCI 9/2004

(Ku)