

doc. Ing. Vladimír ZMRHAL, Ph.D.
 ČVUT v Praze, Fakulta strojní,
 Ústav techniky prostředí

Metodický pokyn pro návrh větrání škol

Methodological Guidance on Design of Ventilation in Schools

Recenzent
 Ing. Václav Šimánek

Článek popisuje metodiku pro návrh větrání škol, která slouží jako pomůcka pro žadatele o dotaci při realizaci energetických úspor u budov sloužících pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých v rámci Operačního programu Životní prostředí. Součástí metodického pokynu je i výpočetní pomůcka sloužící pro výpočet průběhu koncentrace CO_2 během vyučování. V článku je uveden popis a zdůvodnění navrženého pokynu v podobě návrhu průtoku venkovního vzduchu a volby větracího systému vč. souvisejících aspektů.

Klíčová slova: větrání, energetická náročnost, koncentrace CO_2 , zpětné získávání tepla, metodický pokyn

The paper describes a methodology for the design of ventilation in schools, which serves as a guide to applicants for funding during the realization of energy savings in the buildings used for upbringing and education of children and adolescent, within the Operational Programme Environment. The methodological guidance includes a computational tool for calculation of the CO_2 concentration time course during the lessons. The article gives a motivation and description of the proposed guidance, which is based on the design of the fresh air flow rate and selection of the ventilation system incl. related aspects.

Keywords: ventilation, energy demand, CO_2 concentration, heat recovery, methodological guidance

ÚVOD

Ministerstvo životního prostředí ČR prostřednictvím Státního fondu životního prostředí (SFŽP) vyhlásilo výzvu pro podávání žádostí o podporu z Operačního programu Životní prostředí (OPŽP) pro období 2014–2020, která se zaměřuje i na projekty energetických úspor u veřejných budov. Důraz je kladen na celková nebo dílčí energeticky úsporná opatření a zvýšení využití obnovitelných zdrojů energie včetně projektů využívajících takzvané energetické služby se zárukou (EPC). Dotaci mohou získat majitelé veřejných budov (města a obce) na území celé České republiky. Podporu lze získat na zateplení obvodového pláště budovy, výměnu a renovaci otvorových výplní, realizaci opatření majících prokazatelně vliv na snížení energetické náročnosti budovy nebo zlepšení kvality vnitřního prostředí. Podporovány jsou projekty nuceného větrání se zpětným získáváním tepla, projekty na výměnu zdroje tepla pro vytápění nebo přípravu teplé užitkové vody s výkonem nižším než 5 MW a projekty na využívání obnovitelných zdrojů energie.

Podmínky pro žadatele ke dni 14. 10. 2015 doznaly oproti minulosti podstatných změn [22] a výrazně se týkají zařízení techniky prostředí ve školách, resp. v učebnách.

V obecných kritériích prioritní osy 5 (specifický cíl 5.1) [22], která se vztahuje na energetické úspory, se mj. uvádí požadavek: „Pokud je jedním z opatření projektu zlepšení tepelně technických vlastností obvodových konstrukcí budovy sloužící pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých, musí být v rámci projektu navržen systém větrání v souladu s vyhláškou č. 410/2005 Sb., o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých, ve znění pozdějších předpisů. Souladu je dosaženo pouze realizací jednoho ze systémů větrání definovaného v ČSN EN 15665/Z1.“

METODICKÝ POKYN

Jelikož výše uvedený požadavek je velmi obecný (navíc norma ČSN EN 15665/Z1 se vztahuje na obytné budovy, jejichž provoz je odlišný), rozhodl se SFŽP vytvořit pro žadatele o podporu podklad „Metodický pokyn pro návrh větrání škol“ vč. výpočetní pomůcky. Metodický pokyn je dostupný elektronicky na adrese Operačního programu [22].

Množství větracího vzduchu

Při určování požadavku na množství větracího vzduchu přiváděného do učeben se vycházelo ze dvou platných předpisů. Na základě vyhlášky č. 268/2009 Sb., v platném znění [7], nesmí koncentrace CO_2 v obytných prostorách převýšit hodnotu 1500 ppm. Vyhláška č. 410/2005 Sb., ve znění pozdějších předpisů [4], požaduje množství přiváděného venkovního vzduchu do učeben 20 až 30 m^3/h na žáka. Uvedené množství však nerozlišuje věk žáků a jejich sníženou produkci CO_2 [19]. S ohledem na hospodárnost provozu tak metodický pokyn doporučuje navrhovat průtok venkovního vzduchu, trvale přiváděného do učeben v době pobytu žáků, dle tab. 1. Uvedené hodnoty vycházejí z úvah popsanych v již zmíněném článku [19]. Průtoky uvedené v tab. 1 odpovídají koncentraci CO_2 ve vnitřním ovzduší 1200 ppm (při 400 ppm ve venkovním ovzduší). Při zvýšení koncentrace CO_2 ve venkovním ovzduší až na hodnotu 700 ppm, která se může vyskytovat např. ve městech, nebude v učebně maximální koncentrace 1500 ppm překročena.

Tab. 1 Minimální množství venkovního vzduchu

Tab. 1 Minimal amount of the fresh air

| Množství venkovního vzduchu [m^3/h .žáka] | | | |
|--|--------------|--------------|-------------|
| 3 – 6 let | 6 – 10 let | 10 – 15 let | 15 – 18 let |
| Školka | 1. stupeň ZŠ | 2. stupeň ZŠ | SŠ |
| 10 | 12 | 18 | 20 |

Větrání ostatních prostor školy, jakými jsou kabinety, sborovny, tělocvičny, kuchyně, jídelny, hygienická zázemí a šatny, se navrhuje v souladu s platnými právními předpisy [2], [4], [7] nebo doporučeními [14], [20], na které se metodický pokyn odkazuje.

Požadavek na průtoky vzduchu podle tab. 1 je asi nejkontroverznějším bodem celé metodiky, neboť v době, kdy vznikl (prosinec 2015), byly návrhové průtoky vzduchu v rozporu s platným zněním vyhlášky č. 410/2005 Sb. Na druhou stranu většina škol v ČR tuto vyhlášku nesplňuje a snahou tvůrců metodického pokynu bylo zlepšit současný nevyhovující stav. V době vzniku tohoto článku (leden/únor 2016) se vyhláška č. 410/2005 Sb. [4] podle dostupných informací novelizuje a průtoky vzduchu podle tab. 1 byly předloženy k diskusi.

Na obr. 1 je znázorněna tepelná ztráta učebny (při venkovní výpočtové teplotě $t_e = -15\text{ °C}$) jedné starší rekonstruované školy. Zatímco tepelná ztráta prostupem se snížila, díky zateplení a výměně oken, z původních 1,8 kW na 0,57 kW, tepelná ztráta větráním se teoreticky nezměnila, neboť systém větrání zůstal zachován – otevíratelná okna (pomíjíme skutečnost, že reálně je přirozené větrání většinou zcela potlačeno). Na obr. 1 je žlutou barvou znázorněna tepelná ztráta větráním stanovená podle ČSN EN 12831 (intenzita větrání $I = 2\text{ h}^{-1}$), která je téměř 10x vyšší, než tepelná ztráta prostupem. Pokud bychom uvažovali průtok 20 až 30 m³/h na žáka podle platné vyhlášky [4], bude tepelná ztráta větráním 13 až 20x vyšší. Je evidentní, že rozdíly v tepelné ztrátě prostupem a větráním jsou propastné (více o potřebě energie na větrání učeben viz článek [19]). Vzhledem k tomu, že SFŽP prostřednictvím OPŽP podporuje pouze energeticky úsporná opatření, bylo nutno metodiku tomuto cíli přizpůsobit.

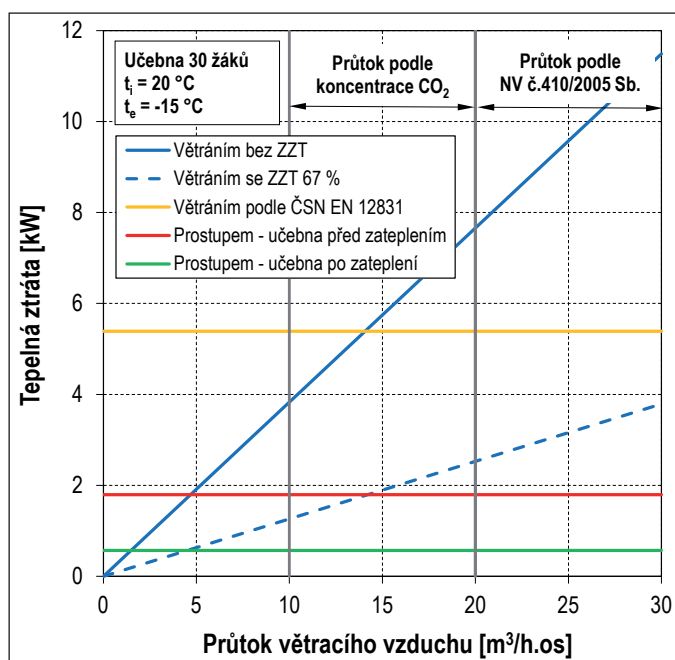
Tepelnou ztrátu větráním je možné redukovat snížením množství větracího vzduchu, za předpokladu udržení požadované kvality vnitřního prostředí (maximální přípustná koncentrace CO₂ 1500 ppm) a využitím výměníků se zpětným získáváním tepla (ZZT). V případě uvažování sníženého průtoku větracího vzduchu (10 až 20 m³/h na žáka) a minimálního teplotního faktoru (účinnosti) ZZT ve větrací jednotce 67 %, v souladu se směrnicí o ekodesignu [15], bude tepelná ztráta větráním výrazně nižší (viz modrá čárkovaná čára v obr. 1). Je zřejmé, že i v tomto případě je tepelná ztráta větráním stále dominantní. Další snižování návrhového průtoku vzduchu je již nepřijatelné. Potřeba na ohřev vzduchu se bude úměrně snižovat s rostoucím teplotním faktorem (účinností) ZZT [19].

VĚTRACÍ SYSTÉMY

Metodický pokyn obsahuje v Příloze 1 přehled větracích systémů se schémata, stručnou charakteristikou vč. použitelnosti ve školách pro větrání učeben. Obecně se doporučuje používat systémy, které umožňují řízené větrání – regulují průtok venkovního vzduchu podle potřeby (prioritně podle koncentrace CO₂).

Přirozené větrání

Přirozené větrání infilrací, resp. mikroventilací se pro větrání učeben nedoporučuje i přes to, že tato možnost je uvedena ve vyhlášce



Obr. 1 Tepelná ztráta větráním vs. tepelná ztráta prostupem
Fig. 1 Ventilation heat loss vs. heat loss by heat transfer

č. 410/2005 Sb. [4]. Nová okna se vyznačují minimálním průtočným průřezem funkčních spár. Mikroventilace je poloha okna, která z hlediska průtoku vzduchu není nijak definována. Požadavky na větrání nelze tímto systémem splnit.

Přirozené větrání okny se obecně nedoporučuje, neboť je prováděno lokálním přívodem chladného venkovního vzduchu do učeben v chladném období roku. Větrání okny je často hodnoceno jako problematické s ohledem na bezpečnost žáků. I přes uvedené výhrady by okna v učebnách měla být navržena jako otevíratelná pro umožnění větrání v teplém a přechodovém období roku.

Přirozené větrání v podobě provětrávání ručně otevíratelnými okny se připouští pouze u místností s malým počtem osob a u místností s občasným výskytem osob (učebny ZUŠ, kabinety apod.). Použití přirozeného větrání je možné při rekonstrukci památkově chráněných objektů, kde je instalace nuceného větrání problematická. Podmínkou je funkčnost nebo obnova původního systému přirozeného větrání s přívodem i odvodem vzduchu (větracími otvory, šachtami apod.).

Nucené podtlakové větrání

Přívod venkovního vzduchu je zajištěn podtlakem (přísáváním) přes větrací otvory, které jsou integrovány do obálky budovy, v kombinaci s nuceným odvodem vzduchu. Odvod vzduchu zajišťuje ventilátor navržený na potřebný průtok venkovního vzduchu. Negativní skutečností, která provází nucené podtlakové větrání, je lokální přívod chladného venkovního vzduchu do učeben v zimním období roku s rizikem výskytu tepelného diskomfortu v blízkosti otvorů pro přívod vzduchu. Nucené podtlakové větrání neumožňuje vyhovět současnému požadavku na snížení energetické náročnosti budovy.

Hybridní větrání

Hybridní větrání kombinuje účinky přirozeného větrání okny a nuceného podtlakového větrání. Pro přívod vzduchu lze použít dělená okna s výklopnými horními křídly ovládanými servopohonem na základě potřeby (podle koncentrace CO₂). V našich podmínkách se jedná o neodzkoušený systém, navíc hybridní větrání neumožňuje vyhovět současnému požadavku na snížení energetické náročnosti budovy.

Nucené rovnotlaké větrání

Nuceným rovnotlakým větráním se dosahuje vyšší kvality vzduchu než u ostatních systémů. Systém umožňuje řízené větrání a využití zpětného získávání tepla. S ohledem na charakter dotačního titulu, který je zaměřen zejména na snižování energetické náročnosti budov, je nucené rovnotlaké větrání pro učebny doporučovaným systémem.

SOUVISEJÍCÍ POŽADAVKY

V metodickém pokynu jsou uvedeny aspekty, které bezprostředně souvisí s návrhem větracího systému tak, aby bylo zařízení provozuschopné. Jedná se slovní vyjádření požadavků na některé související profese.

Ohřev vzduchu

U všech větracích systémů musí být zajištěn ohřev přiváděného venkovního vzduchu. V případě přirozeného, hybridního nebo nuceného podtlakového větrání musí tepelnou ztrátu větráním hradit otopná soustava instalovaná v učebně. U nuceného rovnotlakého větrání musí být větrací jednotka (s nuceným přívodem a odvodem vzduchu) vybavena výměníkem se ZZT a dohřev vzduchu pokrývá otopná soustava instalovaná v učebně nebo ohříváč vzduchu ve větrací jednotce.

Hlukové parametry

Při návrhu nuceného větrání je nutno věnovat zvýšenou pozornost volbě a umístění větrací jednotky nebo ventilátoru, případně umístění a pro-

vedení větracích otvorů určených pro přívod vzduchu (hluk od dopravy). Umístění hlučného zařízení v učebně je z pohledu vytvoření pohody prostředí zcela nepřijatelné (viz zkušenosti [17]).

Podle závazných předpisů [1] může být hladina akustického tlaku A v učebně až 45 dB. Vzhledem k tomu, že tato hodnota je poměrně vysoká, je v metodickém pokynu doporučeno řídit se hodnotami uvedenými v normě ČSN EN 15 251 [10], tj. 30–40 dB. Jen velmi málo větracích jednotek na českém trhu je možné umístit přímo do učebny, aby splnily výše zmíněný požadavek. Z tohoto důvodu se doporučuje umísťovat větrací zařízení mimo prostor učeben.

Znečištění venkovního vzduchu

V řadě lokalit ČR je venkovní ovzduší znečištěno pevnými částicemi nebo chemickými látkami. V oblastech, kde jsou překračovány přípustné limity škodlivin ve venkovním ovzduší, nelze použít přímý přívod vzduchu do učeben, tj. přirozené, hybridní nebo nucené podtlakové větrání. Správné řešení vede na nucené větrání (vzduchotechnické jednotky) s příslušným typem filtrace podle typu znečištění vzduchu.

Měření a regulace

Provoz větracího systému se předpokládá dle stanoveného časového plánu. Zejména s ohledem na energetickou náročnost budov musí být průtok venkovního vzduchu do učeben řízen na základě měření koncentrace CO₂ v větracím prostoru.

VÝPOČETNÍ POMŮCKA

Součástí metodického pokynu je i výpočetní pomůcka „Stanovení průtoku vzduchu a bilance CO₂ v učebně“. Výpočetní pomůcka v programu vytvořená v MS Excel se skládá z několika oblastí – hlavičky, výpočetní části a výsledkové části. Hlavička obsahuje obecné informace o projektu.

Výpočetní část se dělí na levý a pravý sloupec. *Levý sloupec* obsahuje zadání učebny, a jeho výstupem je návrhový průtok vzduchu a tepelná ztráta větráním. Uživatel zde volí typ učebny z rozbalovacího menu (MŠ, ZŠ 1. stupeň, ZŠ 2. stupeň a SŠ), maximální koncentraci CO₂, která nemá být překročena (1000, 1200, 1500 ppm), a koncentraci CO₂ ve venkovním ovzduší (400 ppm pro venkovskou oblast, 550 ppm pro městskou aglomeraci a 700 ppm pro průmyslovou oblast). Pro výpočet produkce CO₂ v učebně během přestávek je nutno zadat procento dětí zůstávajících ve třídě. Pokud děti opouští učebny o přestávkách, uvede se 0 %, pokud mají děti povolen volný pohyb po budově, uvede se 50 %, v ostatních případech 100 %.

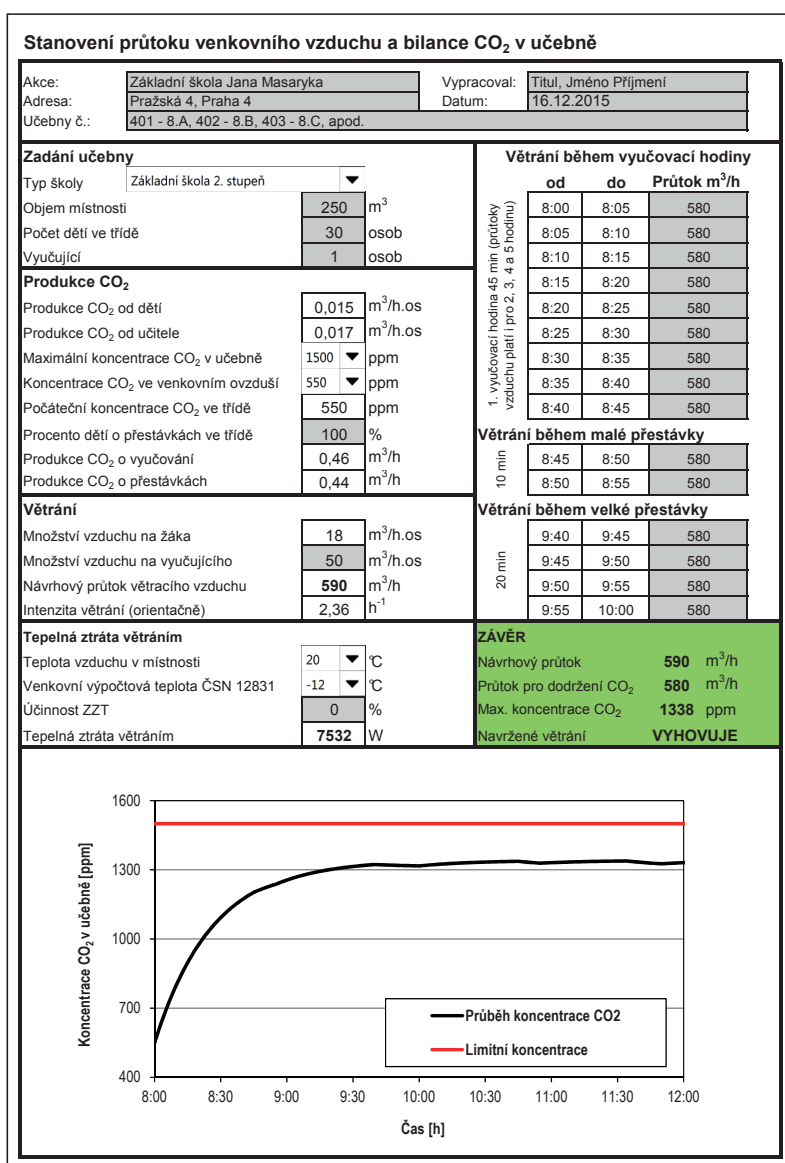
Pravý sloupec slouží k zadání průtoku vzduchu v pětiminutových intervalech pro kontrolu průběhu koncentrace CO₂ od počátku vyučování. Počáteční koncentrace v učebně se rovná koncentraci CO₂ ve venkovním ovzduší. Výpočet předpokládá malou přestávku po 1., 3. a 4. vyučovací hodině, velkou přestávku po 2. vyučovací hodině. Průtoky vzduchu zadané pro počátek vyučování se opakují i v dalších vyučovacích hodinách a přestávkách. Pole pro zadání průtoku vzduchu nesmí zůstat prázdné a hodnota musí být vždy větší než 0 (např. 0,001 pro úsek bez větrání). Výsledkem výpočtu je průběh koncentrace CO₂ při časově proměnném (případně přerušovaném) větrání, např. pro větrání s rozdílnou intenzitou (rozdílným průtokem venkovního vzduchu) o vyučovacích hodinách a přestávkách. Průběh koncent-

race se zobrazuje ve spodní části protokolu. V pravém sloupci je pak v podbarveném poli zobrazen výsledek – průtok vzduchu, maximální koncentrace CO₂ a zda navržené větrání vyhovuje.

ZÁVĚR

Už v knize architekta a stavitele Václava Wellendorfa [21] z roku 1930, tj. v době, kdy okna vypadala zcela odlišně než dnes, se mimo jiné dozvíme, že ve školách se musí větrat. Autor uvádí průtoky venkovního vzduchu na žáka pro obecné školy 10 až 12 m³/h, pro vyšší školy 15 až 30 m³/h. V novodobé historii se problematika vnitřního prostředí škol řeší prakticky od roku 2001, kdy vyšla závazná vyhláška MZČR [5]. Od té doby se o problematice vnitřního prostředí škol vedou debaty, které však řešení v podstatě nepřinesly. Ve většině tuzemských škol je tak stav vnitřního prostředí nevyhovující. Předložená metodika [21] reaguje na současnou situaci, vychází z požadavku na vytvoření kvalitního vnitřního prostředí s ohledem na účel dotačního titulu, tj. snižování spotřeby energie ve veřejných budovách.

Kontakt na autora: Vladimír.Zmrhal@fs.cvut.cz



Obr. 2 Výpočetní pomůcka pro stanovení průtoku vzduchu a kontrolu koncentrace CO₂ v učebně (ilustrativní příklad)

Fig. 2 Computational tool for determination of the air flow and CO₂ concentration control in the classroom (illustrative example)

Použité zdroje:

- [1] Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.
- [2] Nařízení vlády č. 93/2012 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění nařízení vlády č. 68/2010 Sb.
- [3] Vyhláška č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov.
- [4] Vyhláška č. 410/2005 Sb., o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých, ve znění pozdějších předpisů (Vyhláška č. 343/2009 Sb.).
- [5] Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 108/2001 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na prostory a provoz škol, předškolních zařízení a některých školských zařízení.
- [6] Vyhláška č. 480/2012 Sb. o energetickém auditu a energetickém posudku.
- [7] Vyhláška č. 268/2009 Sb., kterou se mění vyhláška o technických požadavcích na stavby, ve znění pozdějších předpisů (Vyhláška č. 20/2012 Sb.).
- [8] ČSN EN 308. *Výměníky tepla – Metody zkoušek pro ověření výkonnosti zařízení pro regeneraci tepla.* ÚNMZ. 1998.
- [9] ČSN EN 13779. *Větrání nebytových budov – Základní požadavky na větrací a klimatizační systémy.* ÚNMZ 2010.
- [10] ČSN EN 15251. *Vstupní parametry vnitřního prostředí pro návrh a posouzení energetické náročnosti budov s ohledem na kvalitu vnitřního vzduchu, tepelného prostředí, osvětlení a akustiky.* Praha: ÚNMZ, 2011. Třídící znak 127028.
- [11] ČSN EN 15665/Z1: 2009. *Větrání budov – Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov.* ÚNMZ 2011.
- [12] ČSN EN 12 831: 2005. *Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu.* ÚNMZ 2011. 2005.
- [13] ČSN 73 0540–2. *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky.* ÚNMZ. 2011.
- [14] VDI 2052:2006. *Raumlufttechnische Anlagen für Küchen.*
- [15] Nařízení Komise (EU) č. 1253/2014 ze dne 7. července 2014, kterým se provádí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/125/ES, pokud jde o požadavky na ekodesign větracích jednotek.
- [16] ASHRAE Handbook 2009 Fundamentals. 2009, Atlanta: ASHRAE. ISBN – 978-1-933742-55-7.
- [17] BEGENI, M., ZMRHAL, V., *Větrání učebny základní školy. Vytápění, větrání, instalace.* 2014, roč. 23, č. 4, s. 180-183. ISSN 1210-1389.
- [18] BEGENI, M., ZMRHAL, V. *Dotazníkový průzkum stavu školských budov.* In: *portál TZB info* [online]. ISSN 1801-4399. 2015.
- [19] BEGENI, M., ZMRHAL, V. *Potřeba energie pro větrání učeben. Vytápění, větrání, instalace.* 2014, roč. 24, č. 5, s. 218-222. ISSN 1210-1389.
- [20] MATHAUSEROVÁ, Z., MORÁVEK P. *Větrání kuchyní.* Sešit projektanta č. 1. Společnost pro techniku prostředí. 2000.
- [21] WELLENDORF, V. *Topení a větrání budov.* Nakladatel O. Pyšvějc knihkupec. 1930.
- [22] *Operační program životní prostředí. Domovské stránky* [online]. Dostupné z: <http://www.opzp.cz/vyzvy/19-vyzva/dokumenty>
- [23] *Pravidla pro žadatele a příjemce podpory v Operačním programu Životní prostředí pro období 2014–2020.* Verze 5.0. Znění účinné od: 14. 10. 2015. SFŽP.
- [24] *TZB-info* [online]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/118172-3-miliardy-na-projekty-energetickych-uspor-verejnych-budov-z-opzp-a-zvyhodneny-uver>



Čistý vzduch

Čerstvý vzduch

Chlazení

Vytápění

Zehnder.
Vše pro komfortní, zdravé
a energeticky úsporné
vnitřní klima.

Řízené větrání s rekuperací tepla až 95%:

- stálý přívod čerstvého vzduchu
- 30-50% úspora nákladů na vytápění
- odvádění vlhkosti / zvlhčování vzduchu
- zamezení plísní, příznivé pro alergiky
- ochrana před vnějším prachem a hlukem

Vytápění designovými radiátory:

- pro koupelnu a bytové prostory
- podlahové konvektory

Vytápění i chlazení stropními panely:

- příjemné sálavé teplo, bez víření prachu
- úspora až 44% provozních nákladů

Zehnder Akademie: školení odborníků

Tel.: 383 136 222, 731 414 443
E-mail: info@zehnder.cz
www.zehnder.cz

always
around you

zehnder