

## VĚTRÁNÍ ŠKOL

## VENTILATION IN SCHOOLS

OLGA ŠUŠOLIAKOVÁ, ZUZANA MATHAUSEROVÁ

*Státní zdravotní ústav, Centrum hygieny práce a pracovního lékařství, Národní referenční laboratoř pro prašnost a mikroklima v pracovním prostředí, Praha*

## SOUHRN

Kvalita vnitřního prostředí je jeden z důležitých faktorů, které ovlivňují zejména zdraví, pohodu a pracovní výkon u dětí, mládeže i dospělé populace. Většinu svého života strávíme v budovách. Děti a žáci jsou vystaveni působení jednotlivých faktorů vnitřního prostředí v zařízeních a provozovnách pro výchovu a vzdělávání. Z technického pohledu nyní dochází k masivním investicím pro snížení energetické náročnosti školních budov, ale ukazuje se, že tato opatření jsou jednou z příčin zhoršené kvality prostředí v těchto budovách. Je to v případech, kdy se provedou stavební úpravy vedoucí ke zvýšené těsnosti budov, omezí se tím možnost přirozeného větrání budovy, ale jak jiným způsobem zajistit dostatečnou výměnu vzduchu se již neřeší. Setkáváme se pak s řadou nespecifických obtíží, jako je např. únava během dne, pálení očí, špatné soustředění, problémy se spánkem apod. V dnešní době dochází k intenzivním diskusím o tomto problému v řadách odborníků i laické veřejnosti. Základní diskutovanou otázkou je, jak dostatečně větrat? I když požadavky pro zajištění zdravého vnitřního prostředí budov, tedy i požadavky na větrání, stanoví hygienické předpisy, jejich realizace přináší řadu problémů.

*Klíčová slova:* ovzduší vnitřní – kvalita, větrání budov, škola

## SUMMARY

The quality of the indoor environment is an important factor affecting health, well-being and performance in children, adolescents and adults. The general population spends most of its time indoors and children and pupils are exposed to the effects of indoor factors in school and educational facilities. From a technical viewpoint large investments are made to decrease the energy requirements of school buildings in terms of improving air-tightness, thus limiting natural ventilation with no alternative provision for ensuring adequate air exchange. This leads to a number of non-specific complaints such as daytime fatigue, eye irritation, poor concentration, sleep disorders etc. This issue, as discussed by the professional and general public, boils down to the basic question of how to ensure adequate ventilation. Although the requirements for ensuring a healthy indoor environment (and hence ventilation) are governed by public health regulations their execution poses a number of problems.

*Key words:* indoor air quality, ventilation of buildings, school

<https://doi.org/10.21101/hygiena.a1581>

## Úvod

„Třída musí být dostatečně větrána, aby školáci neusínali či nebyli myslí mdlé a vzdělávání jim prospívalo k radosti jich i jejich rodičů“. Jak je patrné z předpisů jedné ze starých škol, naši předkové si již v dávné minulosti potřebu větrat velice dobře uvědomovali. Jeden z významných průkopníků oboru hygieny a zakladatel objektivizace faktorů prostředí, profesor Gustav Kabrhel, v jednom ze svých spisů z roku 1903 uvádí: „Množství vzduchu, jež pro jednoho žáka za hodinu má být do místnosti přivedeno, má obnášeti ve střední hodnotě 20 m<sup>3</sup>. Ve třídách s žáčky malými jest možno jíti pod tuto hodnotu, ve třídách s žáky dospělými nutno žádati množství vzduchu větší. Nepříznivé účinky druhotné při výměně vzduchové musí zůstat vyloučeny. ... jsou pozorování, že v místnostech přeplněných, nedostatečně větraných jednotlivci byli stíženi jakousi nevolností, provázenou obyčejně zblednutím, potem, nucením k dýchání, která, nevyjde-li postižený rychle na čerstvý vzduch, může končiti i mdlobami“ (1). V současnosti stále probíhá jednorázová měření i dlouhodobější studie některých

parametrů vnitřního prostředí ve školách a školkách, která dokladují, že většina školských a předškolních zařízení v ČR nemá v dnešní době zajištěnu jednu ze základních hygienických podmínek – dostatečné větrání a dochází tak ke zhoršení kvality vnitřního prostředí. Základní otázkou není, zda větrat nebo nevětrat, ale jak zajistit dostatečnou výměnu vzduchu tak, jak požaduje platná legislativa (2).

## Zdravotní aspekty účinků zhoršeného vnitřního prostředí školských budov

Při dlouhodobém pobytu v učebnách s nedostatečným přívodem čerstvého vzduchu jsou děti i učitelé vystaveni zvyšující se koncentraci CO<sub>2</sub>, prachu a některých chemických látek. Problémy mohou nastat i s teplotou a vlhkostí vzduchu. Přítomnost škodlivin poznáme většinou až po vzniku zdravotních obtíží, které bývají převážně nespecifické a obtížně diagnostikovatelné (3). Běž-

nými projevy jsou: únava během dne, pálení očí, špatné soustředění, nedostatečná kvalita spánku, mohou se přidat bolesti hlavy, pálení v krku apod. V závislosti na konstrukci budovy a intenzitě větrání může na různých místech docházet ke kondenzaci vodní páry a vznikající vlhká místa jsou tzv. hotspots pro růst plísní. Ty rostou zásadně tam, kde je nedostatečná výměna vzduchu nikoliv jen ve smyslu celkového větrání, ale i omezené výměny, nebo špatné možnosti cirkulace vzduchu (za nábytkem, obložením, tapetami apod.).

Zdravotní potíže způsobené výskytem a růstem plísní mohou být velice pestré, nejčastější formou jsou alergie. I „ostatní škodliviny“ vyskytující se v prostředí školských zařízení mohou být spouštěčem alergií (4).

### Požadavky na vnitřní prostředí

Kvalita vnitřního prostředí budov je v hygienických předpisech popsána jako „*soubor fyzikálních, chemických a biologických ukazatelů*“ a stanovené limity na jednotlivé faktory prostředí (2, 5) by měly být dodrženy tak, aby bylo vyloučeno zdravotní riziko pro člověka, nebo vymezeno alespoň „přijatelné riziko“ tam, kde působení škodlivin je bezprahové a žádné „bezpečné limity“ stanovit nelze. Pohled na tento problém může být různý podle oboru.

Kvalita vnitřního prostředí budov je vždy ovlivnitelná větráním – vznikající „škodliviny“ jsou z prostředí odvedeny, nebo je jejich koncentrace snížena na přípustnou hodnotu nepoškozující zdraví člověka. Podle § 7 odst. 1 zákona č. 258/2000 Sb. (6), jsou zařízení a provozovny pro výchovu a vzdělávání povinny zajistit, aby byly splněny hygienické požadavky upravené prováděcím právním předpisem na prostorové podmínky, vybavení, provoz, osvětlení, vytápění, mikroklimatické podmínky, zásobování vodou, úklid a nakládání s prádlem.

Zařízením pro výchovu a vzdělávání se rozumí školy a školská zařízení zapsaná do školského rejstříku, s výjimkou zařízení pro další vzdělávání pedagogických pracovníků, školských poradenských zařízení a zařízení školního stravování, a dále zařízení sociálně výchovné činnosti a zařízení pro děti vyžadující okamžitou pomoc. Provozovnou pro výchovu a vzdělávání se rozumí osoby provozující v provozovně živnost, jejíž náplní je péče o děti do 3 let věku nebo výchova, výuka anebo mimoškolní vzdělávání dětí nad 3 roky věku v předškolním zařízení, soukromé škole nebo zařízení sloužícím odbornému vzdělávání, nezařazeném do rejstříku škol a školských zařízení a dále poskytovatel služby péče o dítě v dětské skupině, pokud se jedná o dětskou skupinu nad 12 dětí. Dnešní hygienická praxe v oblasti kvality vnitřního prostředí budov se zaměřuje většinou na zjišťování mikroklimatických podmínek, tj. teploty vzduchu  $t$  [°C] (jako výsledné teploty kulového teploměru, ale k okamžitému ověření tepelného stavu ve školských budovách obvykle stačí i jakékoli teplotní čidlo, měřící normální teplotu vzduchu), relativní vlhkosti vzduchu  $rh$  [%], rychlosti proudění vzduchu  $v_a$  [m/s] a na koncentrace oxidu uhličitého [ppm]. Dalším problémem, v některých utěsněných budovách, jsou i rostoucí koncentrace radonu (7).

I zde je dostatečné větrání vnitřního prostoru budov účinným nástrojem pro snížení rizika vysokých koncen-

trací radonu v budovách. Samozřejmě je možné sledovat i další faktory prostředí, např. prašnost, těkavé organické látky apod. – tím se zabývají většinou pouze dlouhodobější a rozsáhlejší studie. Příkladem je v rámci evropského projektu výzkumný projekt SINPHONIE (8, 9). Tato studie byla realizována v letech 2010–2012 a probíhala ve 23 zemích Evropy, kde bylo proměřeno 122 škol. Ve vybraných školách byly ve třídách a ve venkovním ovzduší měřeny koncentrace řady chemických škodlivin (benzen, trichloreten, tetrachloreten, pinen, limonen, naftalen, formaldehyd, oxid dusičitý, oxid uhelnatý, ozón, suspendované částice velikostních frakcí  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$ , radon, výběrově i PAU). Ve třídách byla zjišťována přítomnost biologických kontaminantů (plísně, alergenů v prachu) a sledovány vybrané mikroklimatické parametry (teplota, vlhkost, proudění vzduchu, oxid uhličitý). Hodnocení zdravotního stavu dětí bylo prováděno pomocí dotazníkových šetření a měřením plicních funkcí žáků.

### Co na to odborníci na problematiku větrání?

Dosavadní zkušenosti stavebních techniků a vzducho-techniků se současným stavem legislativy jsou poněkud rozporuplné, požadavky na větrání budov i na jednotlivé parametry vnitřního prostředí budov nejsou zcela jednoznačné. A do hry stále více vstupuje snaha o snižování energetické náročnosti budov. Větrání, především přirozené větrání, patří právě do oblasti energeticky velmi náročných opatření. V platné legislativě (2) je uveden základní požadavek na větrání školských a předškolních zařízení, pro učebny je požadováno 20 až 30  $m^3/h$  čerstvého vzduchu na žáka. Již tady vyvstává první otázka, kolik tedy, 20 nebo 30  $m^3/h$ ? A tento požadavek by měl platit vždy, bez ohledu na použitý způsob větrání. A další otázkou je, nakolik je požadavek zajistitelný jen organizačními opatřeními v utěsněných budovách, tj. otevřením oken o přestávkách a důkladným vyvětráním. A kdy je nutné použít větrání nucené. Určitě nejde stanovit jedno obecné řešení, ale vždy je nutné větrání každé školské budovy řešit individuálně.

Pokud provozovatelé školských zařízení žádají o dotaci na zateplení budov a výměnu oken v rámci Operačního programu životního prostředí, prioritní osy 5, mají k dispozici *Metodický pokyn pro návrh větrání škol* (10), protože v Operačním programu je uvedeno: „*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.*“ A tady dochází k základní třetí ploše. Platná legislativa, tj. školská vyhláška (2) požaduje v učebnách 20 až 30  $m^3/h$  čerstvého vzduchu na žáka. V Operačním programu jsou požadavky jiné. Vychází ze stejného principu jako obecné požadavky na větrání, tj. z množství vydechaného oxidu uhličitého. A protože malé dítě a žák vydechuje méně oxidu uhličitého než dospělá osoba (pro dospělé osoby je platnou legislativou (11) stanoven základní požadavek na přívod 25  $m^3/h$  čerstvého vzduchu na osobu), jsou zde požadavky na větrání odstupňovány podle věku dětí a žáků – v rozporu s platnou právně závaznou legislativou.

A hygienici mají nyní problém, jak se při předložení projektu vycházejícího z tohoto dokumentu zachov-

Tab. 1: Požadavky na větrání školských a předškolních zařízení podle Metodického pokynu pro větrání škol Operačního programu životního prostředí

Typ prostoru	Množství vzduchu m <sup>3</sup> /h
Herny a ložnice školek	10 na 1 dítě
Učebny 1. stupeň ZŠ	12 na 1 žáka
Učebny 2. stupeň ZŠ	18 na 1 žáka
Učebny SŠ a vyšší stupně vzdělávání	20 na 1 studenta

vat. Zdánlivě je to jednoduché. Máme zde jediný právně závazný dokument, požadující min 20 m<sup>3</sup>/h čerstvého vzduchu na žáka, bez ohledu na způsob zajištění tohoto požadavku. Na 12 m<sup>3</sup>/h určitě nikdo z hygieniků nepřistoupí. Ale bude-li skutečně zajištěn trvalý přívod vzduchu vycházející z dávky vzduchu 18 m<sup>3</sup>/h na žáka, pak je většinou (nutno výpočtem ověřit) násobnost výměny vzduchu v takto větrané učebně dostatečná a je to ten žádaný kompromis mezi zajištěním požadované kvality prostředí při snížené energetické náročnosti budovy. Základním ukazatelem dostatečného větrání je právě koncentrace CO<sub>2</sub>. Limitní hodnotu nenajdeme v hygienické vyhlášce (2), ale ve vyhlášce stavební (11) a je 1 500 ppm.

### Větrací systémy

V citovaném *Metodickém pokynu pro návrh větrání škol* i v dalším dokumentu, který souhrnně popisuje důvody proč větrat a jakým způsobem větrat, v *Konceptu větrání* zpracovaném odborníky z Ústavu pro techniku prostředí Českého vysokého učení technického, jsou uvedeny jednotlivé systémy větrání od větrání přirozeného, přes větrání nucené a klimatizaci a popsány jejich výhody a nevýhody (12).

**Přirozené větrání** školských budov okny se nedoporučuje, protože snížení energetické náročnosti budovy při zachování odpovídající kvality vnitřního prostředí budovy není možné tímto způsobem zajistit. Hlavním negativem je pak lokální přívod chladného venkovního vzduchu v zimním období roku a nemožnost filtrace venkovního vzduchu (13). Uvádí se jako vhodné pouze u místností s malým počtem osob (kabinet učitele ...). Většina školských budov je ale stále větraná přirozeně a protože infiltrace (větrání netěsnostmi oken) již většinou není po provedených stavebních úpravách funkční, je proto častěji otevřené okno nutností, bez ohledu na energetickou náročnost i menší chvilkový tepelný komfort. Zcela nevhodné je, především v zimním období, mít trvale otevřenu jednu ventilačku v celé řadě oken (nacházíme to často v praxi a učitel je přesvědčen, že trvale a dostatečně větrá). Větrání je zcela nedostatečné a toto místo může být naopak zdrojem kondenzace vodní páry.

Jako vhodnější jsou označovány systémy nuceného větrání, ale i ty „jednodušší“ nesplňují zcela požadavky na snížení energetické náročnosti budovy, ani na trvalý tepelný komfort. Sem patří **nucené podtlakové větrání**, kdy je přívod venkovního vzduchu podtlakem (přisávání) větracími otvory integrovanými do obálky budovy, v kombinaci s nuceným odvodem vzduchu.

Jako nejvhodnější větrací systém pro školské budovy je uváděno **nucené rovnotlaké větrání**. Jedná se

o systém, který zajišťuje nucený přívod a odvod vzduchu, umožňuje využití zpětného získávání tepla, je regulovatelný podle čidla oxidu uhličitého (příp. vlhkosti vzduchu) apod. Větrací jednotka je klasickou vzduchotechnickou jednotkou vybavenou ventilátory, filtrací vzduchu, výměníkem zpětného získávání tepla, případně ohřívačem vzduchu. V tomto případě (ale i u všech jiných systémů nuceného větrání) se musí v budově školy najít místo pro umístění vzduchotechniky a případný rozvod vzduchu a provozovatel se musí starat o provoz VZT zařízení a počítat tak s provozními náklady – musí zajistit pravidelnou výměnu filtrů, kontrolu funkčnosti, údržbu a čištění.

### Co na to zahraniční studie?

Zájem o problematiku větrání škol dokazují i výzkumné zahraniční studie. Výzkum je zaměřen zejména na hodnocení zdravotních rizik v návaznosti na kvalitu ovzduší ve školském prostředí jak z pohledu medicínského, tak i z pohledu technického. Např. je možné uvést studii komplexního vyšetřování kvality ovzduší od řeckých autorů Kalimeri a kol. (14), kde se kromě běžných indikátorů, jako měření teploty, relativní vlhkosti a úrovně CO<sub>2</sub> a CO vzaly do úvahy i koncentrace radonu, formaldehydu, benzenu, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, trichlorethylenu, frakce prachu PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>10</sub>. Zohlednily se i technické vlastnosti budovy, stavební materiály, vlastní konstrukce budovy, stáří budovy, větrání a vytápění, použitý nábytek atd. (14). Dánská studie (15) sledovala asociaci mezi nastaveným režimem větrání ve školách a dopadem na prospěch žáků. Studie svým závěrem navazuje na výsledky předchozích studií, kde koncentrace CO<sub>2</sub> byla v nedostatečně větraných třídách významně překročena. A zjistilo se, že horší prospěch žáků se ukázal u tříd přirozeně větraných než u tříd větraných nuceně (15). To je pochopitelné, u přirozeně větraných tříd nelze trvale zajistit stejnou kvalitu vnitřního prostředí. Otevřením okna se sníží koncentrace CO<sub>2</sub>, ale po jeho uzavření během hodiny opět koncentrace CO<sub>2</sub> rychle stoupá. Problematika kvality vnitřního prostředí budov je častým tématem výzkumných studií po celém světě. Studie provedená u nových staveb potvrzuje, že kvalita vnitřního prostředí a tepelná pohoda jsou jedněmi ze základních faktorů při navrhování nových a vysoce kvalitních budov (16).

### Závěr

Studie od Theodosiou a Ordoumpozanise poukazuje na to, že zdraví žáků a studentů, jejich produktivita a schopnost cítit se dobře by měly být důležitější než náklady na vytápění, větrání a chlazení (17). Všichni víme, že splnění hygienických požadavků daných platnou legislativou musí být nadřazeno požadavkům na energetické úspory. Nově stavěné budovy asi nebudou takový problém z hlediska kvality vnitřního prostředí, ale máme před sebou otázku, jak vyřešit dostatečné větrání starších školských budov, kde byly provedeny stavební úpravy, které omezily možnost přirozeného větrání na minimum a jiný způsob větrání navržen nebyl.

Celá problematika větrání budov školských a předškolních zařízení není jen otázkou pro hygieniky, ale je



zde nutná mezioborová spolupráce a komplexní řešení problému – jak legislativně, tak technicky.

## LITERATURA

- Kabrhel G. Větrání a vytápění škol. Vídeň: Nákladem Josefa Šafáře; 1903.
- Vyhláška 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. Sbírka zákonů ČR. 2005;částka 141:7478-88. Ve znění pozdějších předpisů.
- Maroni M, Seifert B, Lindvall T, editors. Indoor air quality: a comprehensive reference book. Amsterdam: Elsevier; 1995.
- Sarigiannis DA, Karakitsios SP, Gotti A, Liakos IL, Katsoyiannis A. Exposure to major volatile organic compounds and carbonyls in European indoor environments and associated health risk. Environ Int. 2011 May;37(4):743-65.
- Vyhláška č. 6/2003 Sb. ze dne 16. prosince 2002, kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb. Sbírka zákonů ČR. 2003;částka 4:121-5.
- Zákon č. 258/2000 Sb. ze dne 14. července 2000 o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů. Sbírka zákonů ČR. 2000;částka 74:3622-62. Ve znění pozdějších předpisů.
- Vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 307/2002 Sb. ze dne 13. června 2002 o radiační ochraně. Sbírka zákonů ČR. 2002;částka 113:6362-540. Ve znění pozdějších předpisů.
- Projekt INTERREG Central Europe InAIRQ číslo CE 69. Management kvality vnitřního prostředí v základních školách [Internet]. Praha: Státní zdravotní ústav [cit. 2. února 2018]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/centrum-zdravi-a-zivotniho-prostredi>.
- Projekt SINPHONIE. Znečištění vnitřního prostředí škol a zdraví: síť pro monitorování zdraví v Evropě. Luxembourg: Publications Office of the European Union; 2014.
- Ministerstvo životního prostředí. Metodický pokyn pro návrh větrání škol. Praha: MŽP; 2015.
- Vyhláška č. 268/2009 Sb. ze dne 12. srpna 2009 o technických požadavcích na stavby. Sbírka zákonů ČR. 2009;částka 81:3702-19. Ve znění pozdějších předpisů.
- Zmrhal V, Drkal F, Šimánek V. Koncept větrání. Praha: ČVUT Praha; 2016.
- Begeni M, Zmrhal V. Dotazníkový průzkum stavu školských budov. TZB Info [Internet]. Praha: Topinfo; 2015 [cit. 2. února 2018]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/12873-dotaznikovy-pruzkum-stavu-skolskych-budov>.
- Kalimeri KK, Saraga DE, Lazaridis VD, Legkas NA, Missia DA, Tolis EI, et al. Indoor air quality investigation of the school environment and estimated health risks: two-season measurements in primary schools in Kozani, Greece. Atmos Pollut Res. 2016 Nov;7(6):1128-42.
- Toftum J, Kjeldsen BU, Wargocki P, Menå HR, Hansen EM, Clausen G. Association between classroom ventilation mode and learning outcome in Danish schools. Build Environ. 2015 Oct;92:494-503.
- Asere L, Mols T, Blumberga A. Assessment of indoor air quality in renovated buildings of Liepāja municipality. Energy Procedia. 2016 Jun;91:907-15.
- Theodosiou TG, Ordoumpozanis KT. Energy, comfort and indoor air quality in nursery and elementary school buildings in the cold climatic zone of Greece. Energy Build. 2008;40(12):2207-14.

*Došlo do redakce: 16. 10. 2017*

*Přijato k tisku: 8. 2. 2018*

*PhDr. Olga Šušoliová, Ph.D.*

*Státní zdravotní ústav*

*Centrum hygieny práce a pracovního lékařství*

*Národní referenční laboratoř*

*pro prašnost a mikroklima v pracovním prostředí*

*Šrobárova 48*

*100 42 Praha 10*

*Česká republika*

*E-mail: [olga.susoliakova@szu.cz](mailto:olga.susoliakova@szu.cz)*