

# Úspory tepla a vnitřní prostředí obytných budov (1)

Mirek Lupač, Agentura Koniklec, o. p. s.

Publikováno 27. 7. 2018

## O čem je tento článek?

Tento článek je prvním dílem cyklu poradenských článků o kvalitě vnitřního prostředí obytných budov a bytů zejména v kontextu zateplování a souvisejících opatření k úspoře energií. Text je určen hlavně obyvatelům starších bytů a domů, kde bylo provedeno dodatečné zateplení. Ti totiž bohužel často platí daň v podobě zhoršených životních podmínek. Proto by měli znát rizika, způsoby, jak je odhalit a jak je řešit. Problematika je to velmi široká, proto jí rozdělíme přibližně do 3 – 5 částí. Informace čerpáme z nejrůznějších domácích i zahraničních zdrojů a také z vlastních měření a pozorování.

Úspory tepla a energií, ze kterých je teplo vyráběno, lze ve starších domech a bytech docílit především dodatečným zateplením. Dodatečné zateplení je prováděno u kancelářských budov (veřejných i soukromých organizací), škol, nejrůznějších institucí a samozřejmě domácností. Růst ceny energií a ekologická hlediska vedla u nás už v 80. letech k aplikaci úspornějších technologií při výstavbě. Přitom do roku 1970 u nás více než 70 % domácností bydlelo v nezateplených bytech [\[1\]](#). Podle údajů ČSÚ z roku 2017 zatepluje nejvíce domácností (75 %) byty pomocí nových oken a 47 % domácností pomocí izolace obvodových stěn. Celkově je u více než 80 % obydlených bytů v ČR použita nějaká forma zateplení [\[1\]](#).

Každé dodatečné zateplení domu postaveného starší stavební technologií s sebou nese některá úskalí, o kterých je dobré vědět. Opatření prováděná při výstavbě jsou samozřejmě účinnější, spolehlivější a mají méně vedlejších nežádoucích dopadů, než opatření prováděná dodatečně. Stejně tak platí, že opatření aplikovaná na celý bytový dům jsou účinnější a spolehlivější, než individuální řešení u jednotlivých bytů. Smyslem tohoto článku je upozornit na úskalí skrytá v méně komplexních dodatečných úsporných opatřeních a zejména pak na vliv těchto opatření na kvalitu života v takto upravených bytech a domech. Úspora energií je totiž v těchto případech vyvážena rizikem zhoršení kvality vnitřního prostředí. Těmto důsledkům lze ale předcházet. Je tedy dobré vědět, jak dobře žít v zatepleném domě a šetřit tak peníze i vlastní zdraví.

Představme si nejprve modelový příklad dodatečného zateplení. Nejčastěji je to instalace izolační vrstvy na plášť domu, zpravidla polystyrenové obálky o různé tloušťce v kombinaci s výměnou starých oken (a dveří) za plastová. Tato dvě hlavní opatření jsou doplněna izolací střechy. Ponecháváme stranou variantu vnitřního zateplení jednotlivých místností, které je případem samo pro sebe a je z hlediska počtu takto bydlících obyvatel v menšině. Musíme si uvědomit, že zmíněná opatření v modelovém případě nejsou doprovázena instalací

moderních technologií pro větrání a výměnu vzduchu. Po dokončení zateplení pak v bytech a domech dochází ke změnám vnitřního klimatu, které se mohou negativně podepsat na komfortu a zdraví bydlících.

### **Budovy mohou být nemocné**

V roce 1984 oznámila Světová zdravotnická organizace, že až 30 % nově postavených nebo rekonstruovaných budov může být předmětem stížností na závažné zhoršení kvality vnitřního ovzduší [4]. V roce 1986 se objevil termín „Syndrom nezdravé budovy“, známější pod zkratkou SBS (Sick Building Syndrome). Hovoří se také o „environmentálním onemocnění“, onemocnění souvisejícím s budovami (BRI) či o vícečetné citlivosti na chemické látky (MCS). Lékaři přisoudili toto označení souboru příznaků, které by mohly být vyvolány působením chemických a fyzikálních činitelů uvnitř budov. Od počátku byl SBS předmětem polemik. Zatímco jedni jej přímo spojovali s kvalitou vnitřního prostředí (hlavně ovzduší), jiní tuto souvislost zpochybňovali. V každém případě neexistuje jasná diagnóza ani léčba, a proto SBS nemůže být označován jako nemoc [2].

Mezi rizikové faktory SBS patří dlouhodobý pobyt ve vnitřních prostorách (kancelářská práce), psychické poruchy (deprese, úzkost), zvýšená citlivost na chemické látky, alergie, astma, zvýšené vnímání pachů. Příznaků SBS je celá řada: bolest hlavy, nevolnost, průjem či zácpa, škrábání v krku, kašel, krvácení z nosu, bolest svalů a kloubů, bolest na hrudníku, únava a psychické problémy. Právě dva poslední příznaky se významně podepisují na společenské závažnosti SBS - jsou totiž (spolu s fyzickými příznaky) příčinou nepohody a někdy až zásadního snížení výkonnosti člověka (viz dále).

### **Rozhodujícím ukazatelem mikroklimatu je koncentrace oxidu uhličitého**

Jak tedy souvisí instalace úsporných opatření a SBS? Pravděpodobně přímo tak, že po zateplení obydlí (zejména po instalaci plastových oken) bez odpovídajícího řešení cirkulace vzduchu dochází k nárůstu koncentrace nebezpečných plynů, toxických látek, relativnímu úbytku kyslíku, zvýšení vlhkosti vzduchu a dalším změnám, které mohou mít SBS na svědomí [3]. A před tímto rizikem zpravidla nejsou lidé nijak varováni.

Agentura pro životní prostředí USA (EPA USA) [4] definuje hlavní okruhy příčin vyvolávajících SBS takto:

- 1) Nedostatečná ventilace, výměna vzduchu
- 2) Chemické látky pocházející z vnitřního prostředí
- 3) Chemické látky pocházející z vnějšího prostředí
- 4) Biologičtí činitelé

Jednotlivé body spolu přímo souvisí, koncentrace škodlivých látek je závislá na způsobu ventilace, klimatizace a filtrace vzduchu. Zde se zaměříme na nedostatečnou výměnu vzduchu, její příznaky, důsledky a možná řešení. Klíčovými parametry kvality vnitřního

mikroklimatu jsou teplota vzduchu, relativní vlhkost vzduchu<sup>1</sup> a koncentrace oxidu uhličitého (CO<sub>2</sub>). Teplota vzduchu je udávána ve stupních Celsia, relativní vlhkost vzduchu v procentech a koncentrace plynů v ppm (parts per milion, částic na milion)<sup>2</sup>.

Oxid uhličitý je stejně jako vodní pára produktem dýchání. Je to plyn bez barvy a zápachu, 1,52x těžší než vzduch (za běžných podmínek klesá k zemi) a je nedýchatelný. Jeho koncentrace v „čistém vzduchu“ vnějšího prostředí se pohybuje mezi 350 – 400 ppm.

Buněčné dýchání je metabolický děj, ve kterém buňka spotřebovává kyslík a produkuje energii vloženou do (trifosfátové) chemické vazby (ATP), CO<sub>2</sub> a vodu. Pobyt obyvatel uvnitř budov vede k zvyšování koncentrace CO<sub>2</sub>, vlhkosti vzduchu a také teploty. Kromě produktů respirace totiž lidé vyzařují teplo, a to v docela velkém množství. Jeden člověk (nevykonávající žádnou práci) vyzaří asi 80 W za sekundu, tedy skoro tolik, co stowattová žárovka.

Hodnoty teplot, doporučené relativní vlhkosti vzduchu a maximální koncentrace CO<sub>2</sub> udává stavebně-hygienická legislativa a příslušné normy.

Vnitřní výpočtové teploty dle ČSN EN 12831 a doporučené relativní vlhkosti vzduchu pro trvale užívané obytné budovy dle ČSN 06 0210 (zdroj: TZB info)

| Druh vytápěné místnosti   | Výpočtová vnitřní teplota | Relativní vlhkost vzduchu |
|---|---------------------------|---------------------------|
|   | t <sub>i</sub> [°C]       | φ <sub>ai</sub> [%]       |
| obývací místnosti, tj. obývací pokoje, ložnice, jídelny, jídelny s kuchyňským koutem, pracovny, dětské pokoje | 20                        | 60                        |
| kuchyně   | 20                        | 60                        |
| koupelny  | 24                        | 90                        |
| klozety   | 20                        | 60                        |
| vytápěné vedlejší místnosti (předsín, chodby aj.)   | 15                        | 60                        |
| vytápěná schodiště  | 10                        | 60                        |

Pro rekreační nemovitosti jsou normou stanoveny prakticky totožné hodnoty pro dobu, kdy jsou prostory používány k pobytu. V době mimo tento provoz je stanovena jednotná (nižší) hodnota teploty a (vyšší) hodnota vlhkosti pro všechny místnosti.

Přípustnou maximální koncentraci CO<sub>2</sub> stanovuje vyhláška 289/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby v aktuálním znění v § 11, odst. 5): „Pobytové místnosti musí mít zajištěno dostatečné přirozené nebo nucené větrání a musí být dostatečně vytápěny s možností regulace vnitřní teploty. Pro větrání pobytových místností musí být zajištěno v době pobytu osob minimální množství vyměňovaného venkovního vzduchu 25 m<sup>3</sup>/h na osobu, nebo

<sup>1</sup> Hodnota relativní nebo také poměrné vlhkosti vzduchu udává poměr mezi okamžitým množstvím vodních par ve vzduchu a množstvím par, které by měl vzduch o stejném tlaku a teplotě při plném nasycení.

<sup>2</sup> Počet částic na jeden milion (100 % = 1\*10<sup>6</sup>, 1 % = 1\*10<sup>3</sup>)

minimální intenzita větrání 0,5 l/h. Jako ukazatel kvality vnitřního prostředí slouží oxid uhličitý CO<sub>2</sub>, jehož koncentrace ve vnitřním vzduchu nesmí překročit hodnotu 1 500 ppm."

Zvýšenou koncentraci CO<sub>2</sub> vnímáme jako těžký nebo vydýchaný vzduch. Od určitých hodnot hrozí zdravotní rizika až smrt udušením.

Účinky CO<sub>2</sub> na lidský organismus (kompilace více zdrojů –u vyšších hodnot se udávané následky expozice u různých pramenů liší)

| Koncentrace CO <sub>2</sub> [ppm] | Účinky  |
|-----------------------------------|---|
| 350 – 400                         | koncentrace ve venkovním ovzduší                                |
| 700                               | koncentrace stále vnímaná jako čerstvý vzduch                   |
| 1000                              | doporučená nejvyšší hodnota pro vnitřní prostory                |
| 1500                              | maximální hodnota pro obytné prostory stanovená vyhláškou       |
| > 2000                            | nastávají příznaky únavy, snižování koncentrace, bolesti hlavy  |
| 5000                              | maximální krátkodobá bezpečná koncentrace bez zdravotních rizik |
| > 5000                            | nevolnost a zrychlený tep                                       |
| > 15 000                          | dýchací potíže, při dlouhodobé expozici poškození zdraví        |
| > 25 000                          | možná ztráta vědomí a smrt                                      |

Pro úplnost je třeba dodat, že koncentrace CO<sub>2</sub> ve venkovním ovzduší se historicky zvyšuje. Za posledních 250 let došlo ke zvýšení z cca 275 ppm na cca 400 ppm. Koncentrace CO<sub>2</sub> je vyšší v sídelních a průmyslových aglomeracích než na venkově.

Jaká je praxe? Uvádí se, že v době převažujícího vytápění tuhými palivy docházelo při běžném přetlaku vzduchu asi k 10násobné výměně vzduchu v místnosti za hodinu. Po zavedení ústředního a etážového topení se výměna snížila na 2-4násobnou. Po výměně oken v objektu bez stavebních spár klesá výměna vzduchu na 0,5násobnou. Taková hodnota nikdy nemůže stačit k udržení hygienických limitů [5]. Při projektování komplexních opatření a novostaveb bere projektant v úvahu také převažující typ činností v dané místnosti budovy. Tam, kde dochází k fyzické práci osob, je zapotřebí větší výměny vzduchu než v odpočinkových zónách [6].

Jediný člověk (o váze 80 kg, v klidu sedící či píšící) vydýchá nevětranou místnost 60 m<sup>3</sup> cca za hodinu. Tím se myslí, že za hodinu stoupne obsah CO<sub>2</sub> o 374 ppm na hodnotu převyšující 1000 ppm [7]. Podle kalkulátoru větrání obytných prostor [8] je pro udržení normálních hodnot v takové místnosti zapotřebí vyměnit cca 1,75 % objemu vzduchu za hodinu.

### **Měření koncentrace CO<sub>2</sub>, teploty a vlhkosti**

Měření relativní vlhkosti vzduchu a teploty v místnosti zvládneme pomocí běžných a poměrně levných elektronických zařízení, kterých je na trhu nepřeberné množství. Měření koncentrace CO<sub>2</sub> už představuje vyšší investici. Podle našich zkušeností a konzultací můžeme

konstatovat, že cena nejlevnějších použitelných přístrojů, které kombinují měření všech tří veličin, začíná cca na 3 tis. Kč. Opravdu přesné a spolehlivé profesionální měřicí přístroje ovšem obvykle nepořídíme za méně než 10 tis. Kč. Rozhodně nelze doporučit levná zařízení zpravidla určená pro spojení s chytrým mobilním telefonem. Ta je možné zakoupit již kolem 1 tis. Kč, ale jsou prakticky nepoužitelná. Při výběru přístroje doporučujeme zvolit zařízení s dataloggerem, tedy možností výsledky měření zaznamenávat. Takové přístroje disponují vnitřní pamětí, ze které lze hodnoty načíst do PC obvykle pomocí dodávané aplikace.



*Domácí měřicí přístroj Hütermann CO<sub>2</sub> HT-501 (foto: Hütermann)*

Samotná technologie měření koncentrace plynu elektronickými přístroji je řešena v zásadě třemi způsoby: použitím infračerveného (IR) čidla, elektrochemického senzoru nebo polovodičového senzoru [9]. Při výběru doporučujeme preferovat přístroje s infračerveným čidlem. Mají dlouhou životnost a dobrou přesnost v měřících rozsazích v řádu tisíců ppm. Jejich slabinou je snížení přesnosti u koncentrací vyšších řádů. Elektrochemický senzor zajišťuje velmi přesné měření. Po krátké době ale tuto přesnost ztrácí a je třeba jej znovu kalibrovat. Jeho životnost je celkově nízká. Pro využití pro domácí měření není příliš vhodný. Třetí typ senzoru, polovodič, je nejlevnější. Bývá používán v malých levných přístrojích. Nelze jím měřit exaktní hodnoty koncentrace. Jeho vlastnosti jsou ale vhodné pro využití např.

v elektronickém ovládní ventilace, kdy hrubé měření s automatickou recalibrací po vyvětrání dostačuje [9].

Při výběru přístroje pro domácí využití:

- volte přístroje kombinující měření koncentrace CO<sub>2</sub>, vlhkosti a teploty;
- nekupujte nejlevnější přístroje, ověřte si jméno značky/výrobce;
- dejte přednost přístroji s IR čidlem, není-li typ uveden v popisu, napište prodejci
- volte model s možností záznamu dat;
- porovnávejte jednotlivé přístroje mezi sebou podle udávané přesnosti (citlivosti) – měla by dosahovat +/- 5 – 10 % (dle rozsahu měření zpravidla +/- 50 – 100 ppm);
- je výhodou možnost nastavení alarmu při dosažení zvolené koncentrace;
- buďte velmi rezervovaní k USB přístrojům pro chytré telefony - pokud si jej vyberete, ověřte si, že váš telefon či tablet podporuje funkci USB/OTG a verze operačního systému odpovídá požadavkům přístroje;
- podrobně si přečtěte recenze a to i ze zahraničních zdrojů na internetu.

Po zakoupení přístroje:

- proveďte úvodní „kalibraci“ na čistém vzduchu podle návodu;
- zkontrolujte ihned všechny funkce, zejména funkci záznamu dat a spolehlivost a kompatibilitu obslužné aplikace;
- vyberte pro přístroj vhodné umístění dle návodu – nejlépe ve výšce hlavy stojícího člověka;
- čas od času nechte přístroj „vyvětrat“ na čistém vzduchu, zkontrolujte, zda je měření venkovní koncentrace v souladu s hodnotami pro venkovní prostředí uváděnými v tomto článku;

Po dohodě je možné u nás krátkodobě zapůjčit základní domácí měřicí přístroj Hütermann CO<sub>2</sub> HT-501.

### **Žijeme v uhlíkové bublině?**

Nedávné dvojitě slepé studie ukázaly, že expozice nadměrné koncentraci CO<sub>2</sub> snižuje schopnost rozhodování a výkonnost v porovnání s pobytem na čerstvém vzduchu o 50 % [10]. Inspirován těmito výsledky publikoval Joel Jean blog „Žiju v uhlíkové bublině“ [10]. Jean zmiňuje i vyšší hodnotu CO<sub>2</sub> v centrech měst. Startovní čára je zde až na 500 ppm. Dále cituje výsledky amerických studií, uvádějících průměrnou hodnotu 810 ppm pro obytné budovy v Bostonu a 1200 ppm pro tamější novostavby vybudované dle přísných stavebních kritérií LEED (včetně zateplení). Sám Jean na sobě vyzkoušel účinky své „uhlíkové bubliny“: sledoval koncentraci CO<sub>2</sub> po dobu dvou let ve své ložnici (o objemu asi 35 m<sup>3</sup>) a současně zaznamenával dobu spánku. Průměrná koncentrace CO<sub>2</sub> v době jeho přítomnosti byla 1500 ppm a 890 ppm, když pobýval mimo město. Nutno podotknout, že další místnosti v bytě obývali jeho spolubydlíci. Když spal, hodnota dosahovala 2500 ppm a často stoupala až

k 3000 ppm. 24hodinová křivka koncentrace odpovídala vyšším hodnotám v noci a nižším přes den. Po pečlivém dvouletém zaznamenávání hodnot dospěl Jean k průměrné hodnotě 3000 ppm na konci 6hodinového spánku. Roční křivka hodnot rozdělených do kvartálů pak logicky zaznamenala největší nárůst během noci v období od října do prosince (bylo ještě brzy na topení, ale příliš zima na trvalé větrání). Korunu všemu nasadil Joel v květnu 2015, kdy kolem dveří nainstaloval izolaci proti hluku. Průměrná koncentrace pak v podzimních a zimních měsících vystoupala z dosavadních 1500 k 2500 ppm!

Na závěr Joel otestoval účinek větrání pootevřením dveří. Při zcela zavřených dveřích zaznamenal výše zmíněný průměrný nárůst koncentrace na 2500 ppm (+/- 560 ppm). S pootevřenými dveřmi se dosažená hodnota snížila na 1840 ppm (+/- 860 ppm).

V červnu 2018 (tedy mimo topnou sezonu za ideálních podmínek pro větrání) provedli naše vlastní měření David a Katka ve svém bytě v zatepleném panelovém domě s plastovými okny. Byt má asi 55 m<sup>2</sup> a nachází se až pod střechou v 9. patře na pražském sídlišti. K měření byl použit levnější, ale spolehlivý přístroj s IR čidlem a dataloggerem Hütermann CO<sub>2</sub> HT-501. V uvedeném období zkoušeli provádět měření za různých podmínek. Jeho výsledky nejlépe ukážeme na přehledných tabulkách:

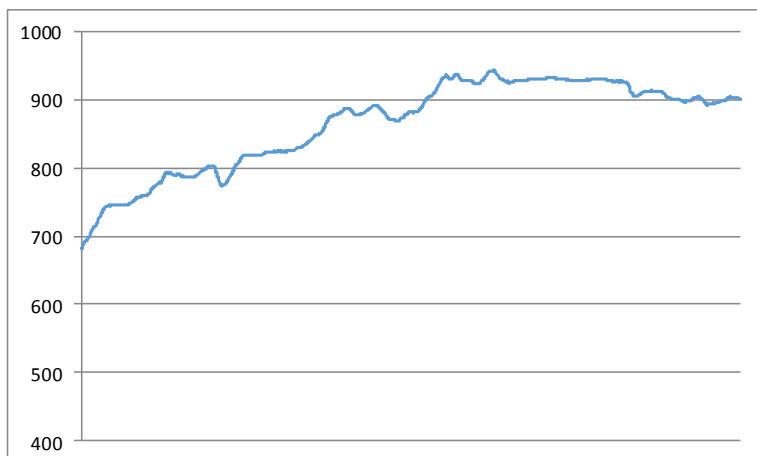
V horkém červnovém dni (ca 28°C) David nejprve vyzkoušel měření při ranním pobytu v obývacím pokoji spojeném s kuchyní s částečně pootevřenými balkonovými dveřmi. Vnitřní dveře mezi místnostmi v bytě byly zavřené. Doba měření byla 45 minut.

| Teplota [°C] |           |          | Relativní vlhkost vzduchu [%] |           |          | Koncentrace CO <sub>2</sub> [ppm] |           |            |
|--------------|-----------|----------|-------------------------------|-----------|----------|-----------------------------------|-----------|------------|
| minimální    | maximální | průměrná | minimální                     | maximální | průměrná | minimální                         | maximální | průměrná   |
| 26,9         | 28,0      | 27,3     | 31,1                          | 40,0      | 32,4     | 410                               | 628       | <b>435</b> |

*Výsledek:* Vidíme, že hodnoty odpovídají čerstvému vzduchu, resp. ani maximální hodnota nepřesáhne 700 ppm, tedy subjektivní vnímání čerstvého vzduchu.

Odpoledne byli v obýváku oba aktéři a vykonávali běžné činnosti. Aby zjistili podmínky v místnosti bez otevřeného okna, zavřeli na dvě hodiny balkon i „ventilačku“ (vertikálně vyklopené větrací okno). Graf ukazuje průběh nárůstů koncentrace CO<sub>2</sub> během dvou hodin.

| Teplota [°C] |           |          | Relativní vlhkost vzduchu [%] |           |          | Koncentrace CO <sub>2</sub> [ppm] |           |            |
|--------------|-----------|----------|-------------------------------|-----------|----------|-----------------------------------|-----------|------------|
| minimální    | maximální | průměrná | minimální                     | maximální | průměrná | minimální                         | maximální | průměrná   |
| 27,5         | 27,9      | 27,8     | 36,9                          | 41,1      | 39,1     | 682                               | 944       | <b>910</b> |



*Výsledek:* Pokud nevětráme vůbec, nebo jen uvnitř bytu, po dvou hodinách se při pobytu dvou lidí ve větší místnosti přiblíží koncentrace oxidu uhličitého doporučenému limitu pro vnitřní prostředí. Koncentrace po dobu měření neklesla na hodnotu vnímanou subjektivně příjemně. Stoupla i průměrná vlhkost vzduchu (ačkoliv stále zůstává na „panelákové“ hodnotě suššího vzduchu).

Stejný den večer pobývali ve stejné místnosti také dva lidé, balkon byl zavřený, ale byla pootevřená „ventilačka“. Doba měření byla 4 hodiny.

| Teplota [°C] |           |          | Relativní vlhkost vzduchu [%] |           |          | Koncentrace CO <sub>2</sub> [ppm] |           |            |
|--------------|-----------|----------|-------------------------------|-----------|----------|-----------------------------------|-----------|------------|
| minimální    | maximální | průměrná | minimální                     | maximální | průměrná | minimální                         | maximální | průměrná   |
| 27,5         | 27,9      | 27,8     | 33,0                          | 37,9      | 36,7     | 467                               | 775       | <b>664</b> |

*Výsledek:* průměrná koncentrace CO<sub>2</sub> nepřesáhla hranici subjektivního vnímání čerstvého vzduchu, ale jednotlivé hodnoty se kolem této hranice pohybovaly. Pro dobré vyvětrání běžného panelákového obýváku se dvěma bdícími lidmi stačila trvale vyklopená „ventilačka“ „jen tak tak“.

Na počátku noci v místnosti spal jeden obyvatel bytu, který si nechal vyklopenou „ventilačku“. Doba měření byla 4 hodiny.

| Teplota [°C] |           |          | Relativní vlhkost vzduchu [%] |           |          | Koncentrace CO <sub>2</sub> [ppm] |           |            |
|--------------|-----------|----------|-------------------------------|-----------|----------|-----------------------------------|-----------|------------|
| minimální    | maximální | průměrná | minimální                     | maximální | průměrná | minimální                         | maximální | průměrná   |
| 27,7         | 27,8      | 27,8     | 35,7                          | 37,9      | 36,5     | 656                               | 842       | <b>722</b> |

*Výsledek:* Výsledky byly podobné, jako přes den s bdícími obyvateli. Hodnota se držela těsně kolem subjektivní hranice čerstvého vzduchu.

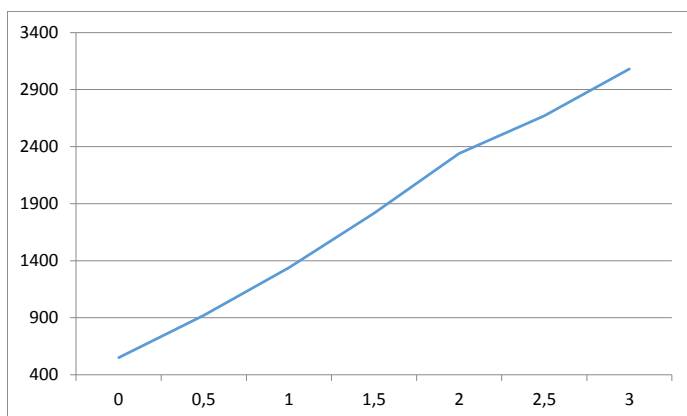
Pro regeneraci a odpočinek je důležitá kvalita vzduchu v ložnici, kde oba obyvatelé bytu v noci odpočívají. Nejprve změřili denní hodnoty. Tedy měřili v době, kdy v ložnici nikdo nepobýval a byla vyklopená malá „ventilačka“. Naměřené hodnoty jsou v prvním řádku tabulky. Následně provedli měření během noci, kdy spali (druhý řádek). V průběhu noci byla také pootevřená ventilačka a jednou za noc vyvětrali důkladně.



| Teplota [°C] |           |          | Relativní vlhkost vzduchu [%] |           |          | Koncentrace CO <sub>2</sub> [ppm] |           |            |
|--------------|-----------|----------|-------------------------------|-----------|----------|-----------------------------------|-----------|------------|
| minimální    | maximální | průměrná | minimální                     | maximální | průměrná | minimální                         | maximální | průměrná   |
| 27,9         | 31,5      | 29,7     | 30,6                          | 33,0      | 31,7     | 472                               | 560       | <b>492</b> |
| 24,9         | 27,3      | 26,5     | 32,8                          | 41,1      | 39,1     | 471                               | 780       | <b>614</b> |

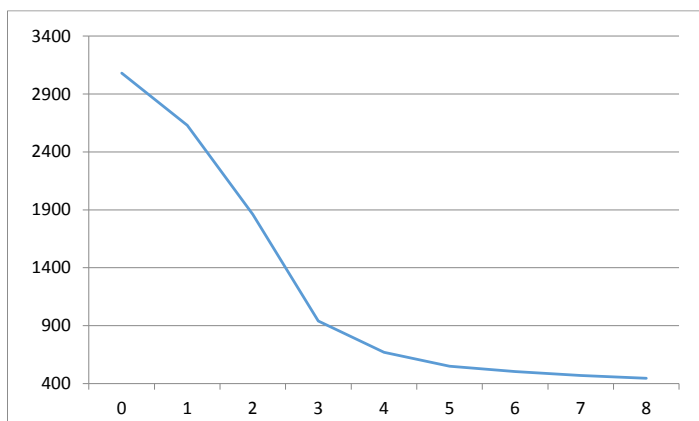
*Výsledek:* Přes den je ve vyvětrané ložnici čerstvý vzduch. Běžné noční větrání postačí k udržení kvality vzduchu pod hranicí subjektivního vnímání „těžkého vzduchu“.

No a co noční spánek v ložnici bez větrání? Na konec měření David s Katkou vyzkoušeli měřit jednu noc bez otevřené „ventilačky“ a se zavřenými dveřmi. Napodobili tak podmínky v topné sezóně. Výsledek si tentokrát ukážeme na grafu průběhu koncentrace CO<sub>2</sub> v intervalu 3 hodiny od usnutí. Hodnoty byly odečítány po půl hodinách.



*Výsledek:* Nárůst koncentrace v uzavřené ložnici byl nečekaně rychlý. Po 3 hodinách bylo nutno vyvětrat. Podle vyjádření experimentátorů byly jejich pocity po této době vyloženě nepříjemné.

Aby zjistili, jak dlouho je třeba intenzivně větrat, aby se hodnoty CO<sub>2</sub> v místnosti vrátily na přijatelnou úroveň, měřil David jeho koncentraci každou minutu následného větrání dokořán otevřeným velkým oknem bez průvanu. Výsledky ukazuje poslední graf:



*Výsledek:* Po otevření okna klesla poměrně rychle po 3 minutách na maximální doporučenou hladinu pro vnitřní prostředí, po další minutě na úroveň vnímanou jako čerstvý vzduch a po 8 minutách bylo dosaženo prakticky koncentrace CO<sub>2</sub> ve venkovním vzduchu. Pro vyvětrání malé ložnice je potřeba otevřít dokořán velké okno nejméně na 5, lépe na 8 minut!

Pro úplnost je třeba uvést rozměry a objem místností. Výška stropu v bytě je 2,4 m. Obývák spojený s kuchyní má rozměry 5,8 x 5 m. Objem této místnosti je 70 m<sup>3</sup>. Ložnice má rozměry 3,9 x 3,2 m. Její objem je tedy 30 m<sup>3</sup>.

Pokud se v bytě s nedostatečně propustnými okny a dveřmi prakticky trvale nevětrá, přesahuje koncentrace CO<sub>2</sub> hranice komfortu a zejména v noci pak hranice zákonných norem pro byty a dosahuje dokonce úrovně považované za dočasně nebezpečnou lidskému zdraví. Naopak, zajištění trvalého větrání udržuje koncentrace na přijatelné úrovni. Měření zopakujeme na konci roku, až se díky zahájení topné sezony výrazně omezí možnost větrání a změní se i další parametry mikroklimatu.

Na samotný závěr úvodního článku se opět vrátíme k Joelovu pozorování, které provedl coby výzkumný pracovník Massachusettského technologického institutu (MIT) při vědeckém měření své uhlíkové bubliny. Nad zjištěnými výsledky vědec se znepokojením konstatuje, že nárůst hodnoty CO<sub>2</sub> v atmosféře vede také ke zvýšení jeho hodnoty v našich bytech a budovách, kde pracujeme nebo studujeme. Dosavadní výsledky sledování dopadu na výkonnost a zdraví člověka bohužel ukazují, že na zvyšující se koncentraci CO<sub>2</sub> se náš organismus neumí adaptovat. I kdyby svět dosáhl snížení národních emisí CO<sub>2</sub> podle Pařížské dohody, budeme v roce 2100 čelit koncentraci 695 ppm ve venkovním ovzduší [11]. Pokud by, hypoteticky, nárůst koncentrací ve vnitřním prostředí tento trend kopíroval, můžeme očekávat pokles průměrné duševní výkonnosti o 16 % - u jednoho každého obyvatele naší planety [10].

### **Shrnutí, aneb co jsme se dozvěděli v prvním díle seriálu?**

- Více než 80 % obydlených bytů v ČR je zateplena. 75 % domácností přistoupilo k výměně oken.
- Chemické a fyzikální činitele uvnitř budov mohou způsobit soubor příznaků označovaných jako Syndrom nemocných budov (SBS).
- Omezená cirkulace vzduchu v zateplených budovách může vést k SBS.
- Hlavními hygienickými parametry kvality vnitřního prostředí jsou teplota, vlhkost vzduchu a koncentrace CO<sub>2</sub>. Stanovuje se v částech na milion (ppm) a naše legislativa určuje limit 1500 ppm pro obytné místnosti.
- Vnější koncentrace CO<sub>2</sub> je asi 400 ppm. Pobytem člověka uvnitř uzavřené místnosti stoupá koncentrace CO<sub>2</sub>, teplota i relativní vlhkost.
- Při koncentraci nad 2000 ppm se u člověka mohou projevit první příznaky, zejména únava, bolest hlavy a snížení výkonnosti.

- Vystavení člověka nadměrné koncentraci CO<sub>2</sub> snižuje schopnost rozhodování a výkonnost v porovnání s pobytem na čerstvém vzduchu o 50 %.
- Organismus člověka se pravděpodobně neumí přizpůsobit zvyšující se koncentraci CO<sub>2</sub>. Ta přitom roste nejen uvnitř, ale také ve vnějším prostředí. V roce 1750 byla asi 250 ppm, dnes se pohybuje kolem 400 ppm a odhadovaná hodnota v roce 2100 je 695 ppm.
- Podle legislativy je třeba zajistit výměnu vzduchu v obytných místnostech v množství alespoň 25 m<sup>3</sup>/h na osobu. Po výměně oken v objektu bez dalších spár klesá výměna vzduchu na 0,5 násobek objemu místnosti za hodinu. To je při obvyklých objemech o dost méně než limit.
- Měření koncentrace CO<sub>2</sub>, teploty i relativní vlhkosti lze provádět cenově dostupnými přístroji, ale je třeba pozorně vybírat z jejich nabídky.
- Podle vlastních měření, která odpovídají příkladům ze zahraničí dosahují reálně naměřené hodnoty v bytech při nedostatečném větrání běžně 3000 ppm i více. Děje se tak při nedostatečném větrání a zejména v noční době, během spánku.
- Již po 1,5 hodině v nevětrané ložnici s dvěma osobami překročí koncentrace povolený limit.
- I v době běžných denních aktivit hodnoty koncentrace CO<sub>2</sub> atakují hranici komfortu, pokud není zajištěno trvalé větrání. Také v nových budovách postavených v souladu s přísnými stavebními certifikacemi mohou hodnoty překračovat doporučené limity.
- Pro vyvětrání malé ložnice na hodnoty čerstvého vzduchu po 3 hodinovém spánku dvou osob je zapotřebí větrat nejméně 5, lépe 8 minut zcela otevřeným velkým oknem.

V dalším díle seriálu se budeme věnovat ostatním činitelům, které mohou způsobovat nebo přispívat k zhoršení vnitřního mikroklimatu a postupně přejdeme k popisu technických i režimových opatření na „léčení nemocných budov“.

Celý seriál postupně najdete na <http://poradme.se/sbs>

**AGENTURA KONIKLEC**

Vydání tohoto článku finančně podpořilo Hlavní město Praha v rámci projektu Ekoporadny Praha.

Vydání podpořilo Ministerstvo životního prostředí. Obsah nemusí vyjadřovat stanovisko MŽP.

Kontakt na autora: [mirek@koniklec.cz](mailto:mirek@koniklec.cz)



Ministerstvo životního prostředí

## Zdroje k článku

- [1] *Statistika&my: Měsíčník Českého statistického úřadu* [online]. Praha, 2017, **7**(2) [cit. 2018-07-24]. Dostupné z: <http://www.statistikaamy.cz/2017/02/ctyri-petiny-domacnosti-jsou-zatepleny/>
- [2] DAVIS, Charles P., CUNHA, John P., ed. Sick Building Syndrome: (Environmental Illness, Multiple Chemical Sensitivity or MCS). *MedicineNet* [online]. 9. 8. 2016 [cit. 2018-07-24]. Dostupné z: [https://www.medicinenet.com/sick\\_building\\_syndrome/article.htm#is\\_there\\_a\\_way\\_to\\_prevent\\_sick\\_building\\_syndrome](https://www.medicinenet.com/sick_building_syndrome/article.htm#is_there_a_way_to_prevent_sick_building_syndrome)
- [3] *Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Syndrom nezdravých budov* [online]. c2017 [cit. 2018-07-24]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Syndrom\\_nezdrav%C3%BDch\\_budov&oldid=15089755](https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Syndrom_nezdrav%C3%BDch_budov&oldid=15089755)
- [4] US EPA. *Indoor Air Facts No. 4 (revised): Sick Building Syndrome* [online]. United States Environmental Protection Agency, 1991 [cit. 2018-07-24]. Dostupné z: [https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-08/documents/sick\\_building\\_factsheet.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-08/documents/sick_building_factsheet.pdf)
- [5] ŠUBRT, R. *Mikroklima ve veřejných budovách jako důvod instalace rekuperace* [online]. Praha: MPO-EFEKT, 2011 [cit. 2018-07-24]. Dostupné z: [https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/ecs\\_co2\\_publikace.pdf](https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/ecs_co2_publikace.pdf)
- [6] Internetová poradna i-EKIS. *MPO-EFEKT.cz* [online]. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2008, 3. 10. 2013 [cit. 2018-07-24]. Dostupné z: <https://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/i-ekis/43109>
- [7] HEJHÁLEK, Jiří. Vydýchaný vzduch a jak ho správně vyvětrat: Rizika pobytu ve vydýchaném prostředí a výpočet správné intenzity větrání pomocí jedinečného programu. *Stavebnictví3000.cz* [online]. Praha: Vydavatelství VEGA, c2014-2018, 15. 1. 2016 [cit. 2018-07-24]. Dostupné z: <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/vydychany-vzduch-a-jak-ho-spravne-vyvetrat/>
- [8] Větrání v bytě a domě. *Stavebnictví3000.cz* [online]. Praha: Vydavatelství VEGA, c2014-2018 [cit. 2018-07-24]. Dostupné z: <http://www.stavebnictvi3000.cz/vypocty/6-vetrani-v-byte-a-dome/>
- [9] VAFEK, Zdeněk. Možnosti měření oxidu uhličitého – měřicí přístroje a čidla. *TZB-info* [online]. Praha: Topinfo, c2001-2018, 14.3.2016 [cit. 2018-07-24]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/13910-moznosti-mereni-oxidu-uhliciteho-merici-pristroje-a-cidla>

[10] JEAN, Joel. I'm living in a carbon bubble. Literally.: I've been making myself stupid for the last 2 years without knowing it. You might be too. In: *Medium.com* [online]. A Medium Corporation, 2016, 3.12.2016 [cit. 2018-07-24]. Dostupné z:

<https://medium.com/@joeljean/im-living-in-a-carbon-bubble-literally-b7c391e8ab6>

[11] Scoreboard Science and Data. In: *ClimateInteractive* [online]. Climate Interactive, c2018 [cit. 2018-07-24]. Dostupné z:

<https://www.climateinteractive.org/programs/scoreboard/scoreboard-science-and-data/>