



# Realizované studie

## měření kvality vnitřního ovzduší



Národní referenční centrum pro venkovní a vnitřní ovzduší  
Státní zdravotní ústav  
Autoři: celé pracoviště  
Kontakt: [bohupil.kotlik@szu.cz](mailto:bohupil.kotlik@szu.cz)

Seminář KVALITA VNITŘNÍHO OVZDUŠÍ 23. 9. 2020, Praha, hotel Olympik

# 25 let měření

dlouhodobé zaměření na sledování kvality vnitřního prostředí v ČR:

- I. Projekt Monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k vnitřnímu a vnějšímu ovzduší (MZSO):
  - monitoring **bytů** - 3 etapy (1999 - 2005)
  - monitoring **předškolních** zařízení - 2 etapy (1994 - 1998 a 2015 - 2016)
  - monitoring **školních** zařízení - 2 etapy (2006-2008)
- II. Mezinárodní projekty
  - Sinfonie - školy (2011 - 2013)
  - InAirQ - školy (2016 - 2019)
- III. Expertizní činnosti - měření v bytech, školách, kancelářích, zdravotnických zařízeních

# Monitoring bytů

## Monitoringu bytů - 3 etapy

1. Etapa 1994 - 1998 - **pilotní studie** - příprava a ověření způsobu odběru vzorků a metod stanovení jednotlivých parametrů. Byty rodin s dětmi předškolního věku
2. Etapa 1999 - 2001 - **celkem 120 bytů**, 30 v každém ze 4 sídel (Brno, Plzeň, Hradec Králové, Ostrava). Byty náhodně vybrané ze souboru dětí navštěvujících mateřskou školu.
  - Pokryta sezónnost (topná x netopná sezóna), měřen dětský pokoj a kuchyň -
  - chemické faktory - oxid dusičitý, formaldehyd, těkavé organické látky
  - fyzikální faktory - teplota, vlhkost, polétavý prach frakce TSP a PM<sub>10</sub>
  - biologické faktory - bakterie a plísně.

# Monitoring bytů - 3. etapa

III. Etapa 2002 - 2005 - 5 měst (Plzeň, Brno, H. Králové, Ostrava, Karviná). Celkem 100 bytů - 20 v každém sídle, vybráno náhodným výběrem, 100 velikostně nejfrekventovanějších bytů ČR (45 až 74 m<sup>2</sup>) - výběr zajišťoval ČSÚ

- Pokryta **sezónnost** (topná/netopná)
- Sledovány byly parametry kvality vnitřního ovzduší
  - chemické faktory - těkavé organické látky (benzen, toluen, suma xylenu, styren, tetrachloreten), oxid dusičitý, formaldehyd
  - fyzikální faktory - teplota, relativní vlhkost, suspendované částice frakce TSP a PM<sub>10</sub>
  - biologické faktory - bakterie, plísně
- Měřena kuchyň (kromě VOC) a největší obytná místnost bytu
- Jednotné SOP a systém QA/QC včetně PZZ

# Byty - vybrané výsledky

Nízké hodnoty NO<sub>2</sub> a VOC  
(kromě benzenu)

## Benzen

- průměr - 6 µg/m<sup>3</sup>  
limit 7 µg/m<sup>3</sup> překročen u  
12 % výsledků v topné  
sezóně a 10 % v netopné

Mikroklima (teplota,  
vlhkost)

- měřené místnosti  
v bytech jsou obecně spíše  
„teplejší“ a „sušší“ než je  
doporučováno.



# Byty - vybrané výsledky

## NO<sub>2</sub>

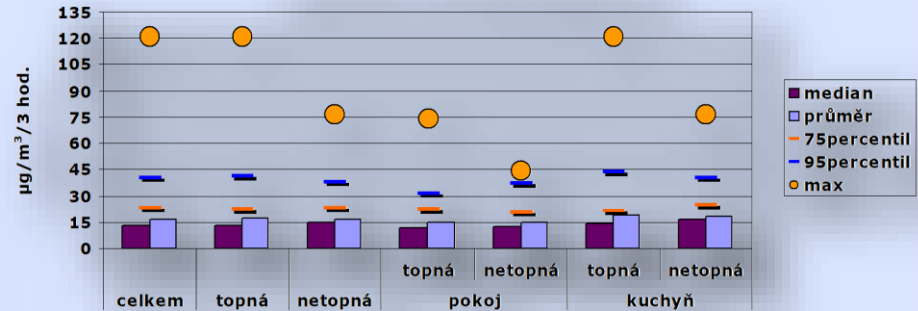
- průměrná hodnota koncentrace NO<sub>2</sub> nepřekročila 20 µg/m<sup>3</sup>

## Formaldehyd

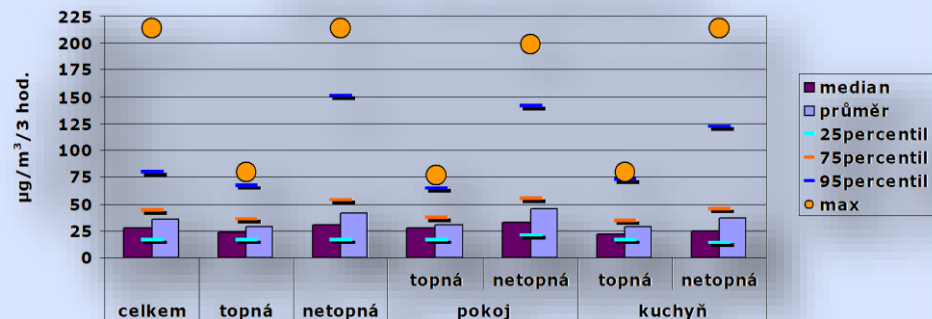
- průměr 35 µg/m<sup>3</sup>
- v topné sezóně průměr v obou místnostech 30 µg/m<sup>3</sup> (maximum je 80 µg/m<sup>3</sup>)
- v netopné sezóně průměr 45 µg/m<sup>3</sup> (max. přes 200 µg/m<sup>3</sup>)

Limit 60 µg/m<sup>3</sup> překročen u 9 % výsledků v topné sezóně a u 20 % v netopné.

Popisné charakteristiky NO<sub>2</sub> v bytech



Popisné charakteristiky HCHO v bytech



# Monitoring škol a školek v rámci projektu MZSO

Děti jsou velmi citlivá populační skupina na nebezpečné chemické látky tj. na kvalitu prostředí.



## Monitoring škol

1. Etapa - přelom 2006 -2007
2. Etapa - počátek 2008 byla upravena na základě výsledků 1. etapy

Monitoring školek - 2015 - 2016

# Citlivá (a velká) populační skupina

Podle údajů za rok 2017-2018 bylo v ČR:

- 5 269 různých typů mateřských škol = a v nich 362 756 dětí v 15 969 třídách
- 4 155 základních škol = 926 108 dětí v 46 023 třídách
- 1 308 středních škol, učilišť a gymnázií = 421 535 dětí a mladistvých v 19 266 třídách

Celkem to je asi **12,1 tisíc školských zařízení**, budov, které navštěvovalo přibližně **1,7 miliónu dětí a mladistvých**, a lze odhadnout, že se jednalo o **81,7 tisíc tříd**. Jedná se o již několik let ustálený stav, kdy meziroční změny jsou zanedbatelné.

Připočtíme učitele (134,2 tisíc - z toho 108,2 tisíc žen) a další personál, **jedná se o vnitřní prostředí, které denně navštěvuje cca 2 milióny (≈ 20 %) obyvatel ČR.**

(Zdroj: <http://www.msmt.cz/vzdelavani/skolstvi-v-cr/statistika-skolstvi/statisticka-rocenka-skolstvi-vykonove-ukazatele>).



# Školy - 1.etapa

Cíl - v rámci nárazového proměření za plného (normálního) vyučovacího režimu popsat:

1. Vnitřní prostředí s **nejdelší** potenciální expozicí z vnitřního ovzduší (třídy, učebny).



2. Tělocvičny - prostředí s **nejvyšší** možnou okamžitou zátěží z vnitřního ovzduší.
3. Venkovní ovzduší - mobilní systém.

# Školy - 1.etapa

- Pilotní studie - škola v Neratovicích (SZÚ).
- Monitoring v 5 městech (Brno, Ostrava, Hradec Králové, Plzeň a Karviná), v každém 5 škol v topné sezóně.
- Výběr školy - v rámci města byly zastoupeny různé typy škol (zděné, panelové, staré, nové ...) a různé typy lokalit (sídliště, administrativní části).
- Rozsah měřených látek vycházel z Vyhlášky ČR č. 6/2003 Sb. tj. suspendované částice frakce  $PM_{10}/PM_{2,5}$ , těkavé organické látky (benzen, toluen, suma xylenů, styren, etylbenzen, trichloreten a tetrachloreten), formaldehyd a mikroklima.
- $CO_2$  jako ukazatel míry ventilace (ve třídě)
- Venkovní ovzduší navíc  $NO_2$ ,  $CO$ ,  $O_3$ .

# Školy - 2.etapa

Realizace měření: 2008 (leden-duben)

**Cíl: ověřit reprezentativnost** výsledků z 1. etapy a doplnit informace o **prostorové variabilitě v rámci školy**

- v každém kraji byla změřena 1 základní škola (14 škol)
- v každé škole změřeno 10 učeben

## **Měřené parametry:**

Rozsah vycházel z výsledků měření 1. etapy, kde se jako problémové ukázaly :

- mikroklimatické faktory - teplota a vlhkost
- CO<sub>2</sub> - indikátor výměny vzduchu
- suspendované částice PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>

## **Odběrové intervaly:**

2 vyučovací hodiny včetně přestávky mezi nimi

# Základní a mateřské školy

## Identifikované problémy

- Nejčastěji se jedná o problémy s **provozem a vybavením tříd** - dopad na mikroklima včetně CO<sub>2</sub> a na prašnost (hrubá frakce PM<sub>1,0-10</sub>) a na organické látky.
- Vliv může mít **umístění budovy** (blízká dopravní zátěž, blízký energetický nebo průmyslový zdroj).
- Výjimečně problémy s VOC/TOC (úklid, opravy za provozu, **technologická nekázeň** při rekonstrukcích). Nálezy vyšších hodnot benzenu, rozpouštědel, vícesytných alkoholů - 1ethyl-2hexanol, často terpenů (limonen a α-pinen).
- Hodnoty formaldehydu (20 až 40 µg/m<sup>3</sup>) - vzácně nad 60 µg/m<sup>3</sup>.
- Lokálně mikrobiologické faktory.
- Samostatnou kapitolu tvoří azbest a Man Made Fibers - minerální vlákna (rekonstrukce).

# Projekt Sinfonie

## Schools Indoor Pollution and Health: Observatory Network in Europe

Vnitřní prostředí škol a zdraví: Síť pro sledování v Evropě  
2010 - 2012



**sinfonie**  
Schools Indoor Pollution and Health: Observatory Network in Europe

- **měření** chemických, fyzikálních a biologických parametrů ve školách a v jejich okolí
  - **dotazníky** pro děti, rodiče, učitele a správce škol
  - **testy** koncentrace a pozornosti žáků
  - **spirometrie** - vyšetření plicních funkcí žáků
- 
- propojit informace
  - posoudit rizika pro zjištěné problémy kvality ovzduší ve školách
  - **pokyny a doporučení**
  - **publikace, semináře...**
- vstupy
- výstupy



**sinfonie**

Schools Indoor Pollution and Health: Observatory Network in Europe



**Severní Evropa**  
14 škol

**Západní Evropa**  
37 škol

**Cluster 2**

**Cluster 1**

**Cluster 3**

**Cluster 4**

**Centrální a východní  
Evropa:**  
42 škol

**Jižní Evropa**  
29 škol

25 států, 29 institucí  
v každém státu 3 třídy +  
venkovní ovzduší  
ČR 4 školy v Praze + 1 Most  
(různá dopravní a průmyslová  
zátěž)

**4 SKUPINY, 122 škol**

**Cluster 1: S : 14**

**Cluster 2: Z : 37**

**Cluster 3: C+V : 42**

**Cluster 4: J : 29**

Bližší, pro zájemce:

<http://sinfonie.rec.org/>

<http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/sinfonie>

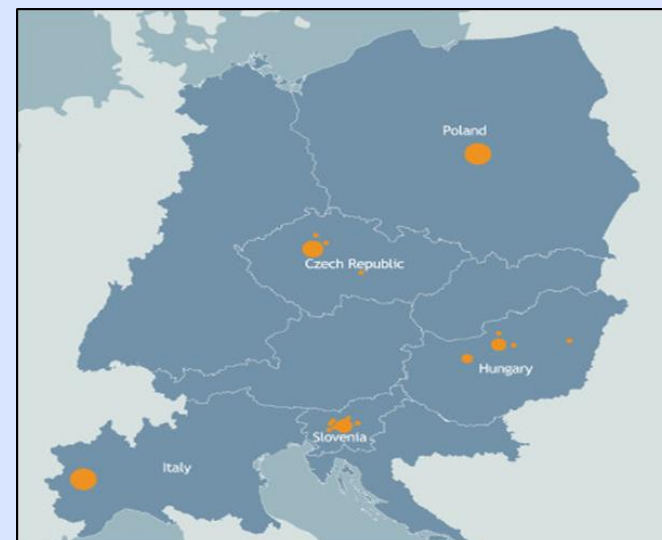
# Projekt InAirQ

Nadnárodní adaptační opatření pro integrované řízení kvality vnitřního ovzduší. Na projektu spolupracovalo 5 zemí Evropské unie:

- Maďarsko, Polsko, Česká republika, Slovinsko a Itálie

## Cíle:

- popsat zdravotní dopady kvality vnitřního ovzduší na zranitelnou skupinu populace - děti a
- podniknout kroky ke zlepšení školního prostředí v oblasti střední Evropy.
- iniciovat vypracování politik a praktických opatření ke snížení nepříznivých účinků na lidské zdraví.



# Projekt InAirQ

Školy různého stáří, typu budov i umístění vzhledem k okolnímu prostředí a kvalitě ovzduší

## V ČR - 12 škol

- 9 škol v Praze 6
- 1 škola v kraji Vysočina - Jihlava
- 2 školy ve Středočeském kraji - Mělník a Čelákovice

## I. Etapa:

týdenní (5 dnů) proměření kvality ovzduší v jedné třídě (první stupeň ZŠ) v každé škole v topné sezóně 2017 - 2018; měřeno bylo:

- ve třídě - teplota, vlhkost, CO<sub>2</sub>, NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>, prašnost (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>1,0</sub>), VOC, kovy a radon
- u školy - (mobilní systém), CO, SO<sub>2</sub> a O<sub>3</sub>, NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>, meteorologické parametry, prašnost (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>1,0</sub>), VOC, kovy

Více na: <http://www.szu.cz/inairq-1>





InAirQ

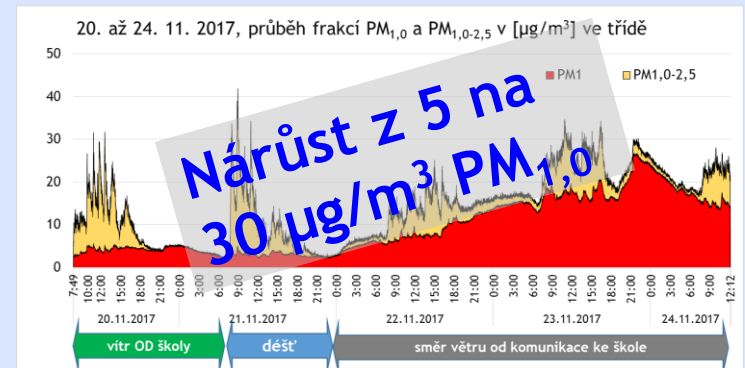
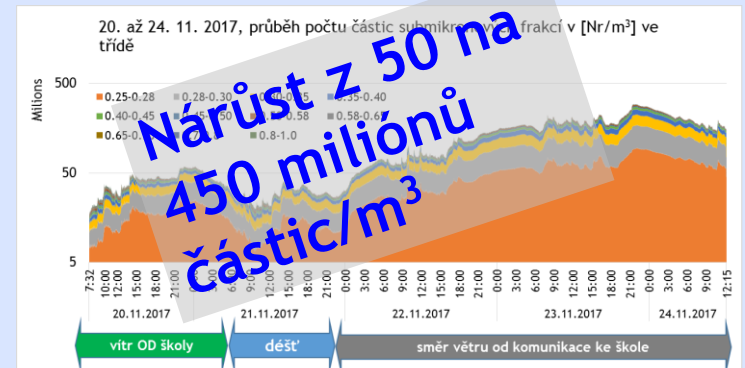
## 2 etapa - Intervenční studie

popis možného dopadu/vlivu okolní dopravy na kvalitu vnitřního prostředí ve škole a návrh a ověření možných opatření ke zlepšení stavu.

# Co už jsme věděli z předešlých měření

1. V žádné ze škol zúčastněných na projektu nebyl problémem radon, kovy ani organické látky.
2. Ani s benzenem, oxidem uhelnatým a siřičitým ve venkovním ovzduší u škol.
3. Vliv dopravy se majoritně projevuje vyššími hodnotami oxidu dusičitého (dusnatého) a prašnosti (frakce  $PM_{2,5}$  a submikronová  $< 1 \mu m$  - frakce).
4. Zdrojovým problémem ve školách je prašnost (zvláště hrubá frakce  $PM_{2,5-10}$ ) a primárně diskomfortní mikroklimatické parametry tj. teplota (v létě), relativní vlhkost (v zimě) a výměna vzduchu (kde koncentrace  $CO_2$  slouží jako indikátor).

## Prašnost: Vliv blízké exponované komunikace na vnitřní prostředí



# Vybraná škola - ZŠ Marjánka, Praha 6



Pětipatrová  
cihlová budova  
z roku 1910.



Hlavní vchod

Škola prošla částečnou rekonstrukcí elektroinstalace, osvětlení, vodovodního potrubí a částečně i jednotlivých tříd.

Vytápění centrální - radiátory (v současnosti se upravuje).

Klimatizace nebo řízená výměna vzduchu je instalována pouze v některých částech budovy (IT, kuchyně ... ).



Zadní trakt

# Dopravní situace v okolí školy



Strahovský  
tunel a tunel  
Blanka

Patočkova ulice  
a ostatní se  
zvýšenou  
intenzitou  
dopravy

Měřicí stanice  
ČHMÚ

# Jaká je zátěž?

- Škola opravdu leží v městské lokalitě s vysokou hustotou dopravně zatížených komunikací.

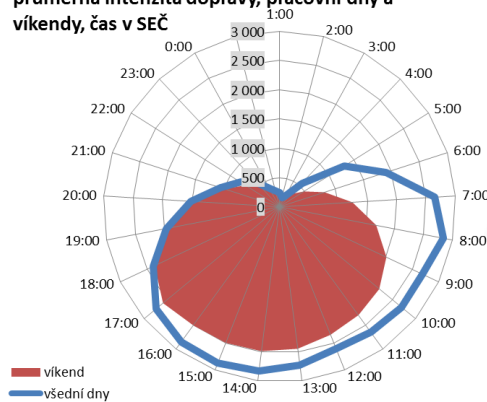
- ✓ Ulice Bělohorská přímo u školy – doprava (**5 až 10 tisíc vozidel/24 hod.**) a tramvajová linka
- ✓ 300 metrů od školy je Patočkova ulice, (**35 až 55 tisíc vozidel/24 hod.**)
- ✓ 550 metrů od školy jsou portály tunelu Blanka a Strahovského tunelu (odhadem více než **85 tisíc vozidel/24 hod.**)



# Dopravní intenzita na komunikacích v okolí školy

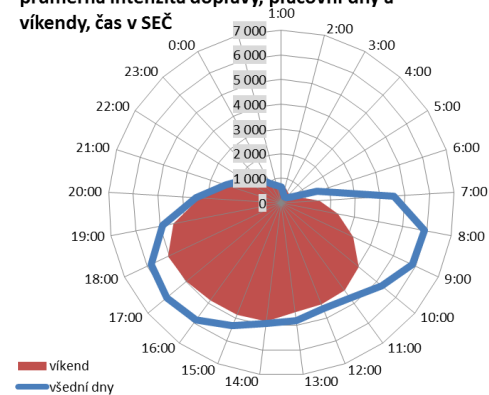
## Patočková ulice Počet/hod.

Patočková, 17. 2. až 16. 3. 2017  
průměrná intenzita dopravy, pracovní dny a  
víkendy, čas v SEČ



## Průjezd tunelem Blanka Počet/hod.

Portal Troja, 1. 2. až 28. 2. 2017  
průměrná intenzita dopravy, pracovní dny a  
víkendy, čas v SEČ



Na Patočkově ulici nebo v tunelu Blanka intenzita dopravy kulminuje právě v čase, kdy děti přichází (jsou dováženy) do školy - tj. mezi 7. až 8. hodinou ranní. A zůstává vysoká po celý den - po celou dobu vyučování.

# Senzorové měření

1. Pořídili jsme si 12 stejných senzorů NODE (teplota, relativní vlhkost, oxid uhličitý a suspendované částice frakce  $PM_{2,5}$ ). Komunikace WI-FI, sběr dat přes webové rozhraní.
2. Ověřili jsme je referenčními kalibrovanými přístroji.



**Pozn: Nevěřte obchodníkům, vždycky si to ověřte**

# Metodický přístup

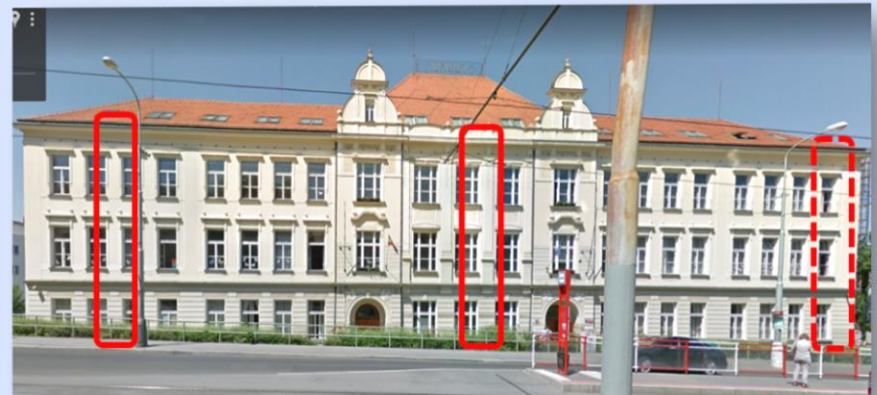
Celou studii jsme rozdělili do třech navazujících částí

1. Deskripce dopravní zátěže v okolí školy a rešerše literatury
2. Dlouhodobé (80denní) měření ve 12 třídách školy
3. Ověření navržených opatření

Senzory byly rozmístěny tak, aby byla pokryta celá škola včetně výškového a prostorového gradientu. Začátkem ledna pak byl v jedné třídě zaveden speciální režim zaměřený na větrání, zajištění tepelného klimatu a režim úklidu.

Zároveň bylo ve dvou třídách realizováno kontinuální měření oxidů dusíku.

Pro vyhodnocení kvality venkovního ovzduší byla využita data z 350 m vzdálené stanice AIM - ABRE.





Teplota, srovnání NODE/Testo 435 [°C]



Vlhkost, srovnání NODE/Testo 435 [%]



CO<sub>2</sub>, srovnání NODE/Testo 435 [ppm]



PM<sub>2,5</sub>, porovnání NODE/Grimm



# Ale byly to (naštěstí) víceméně systematické chyby

Teplota, po přepočtu NODE/Testo 435 [ppm]

38

CO<sub>2</sub>, po přepočtu NODE/Testo 435 [ppm]

36

Vlhkost, po přepočtu NODE/Testo 435 [ppm]

34

PM<sub>2,5</sub>, po přepočtu NODE/Grimm 1.109 [μg/m<sup>3</sup>]

32

30

28

26

24

22

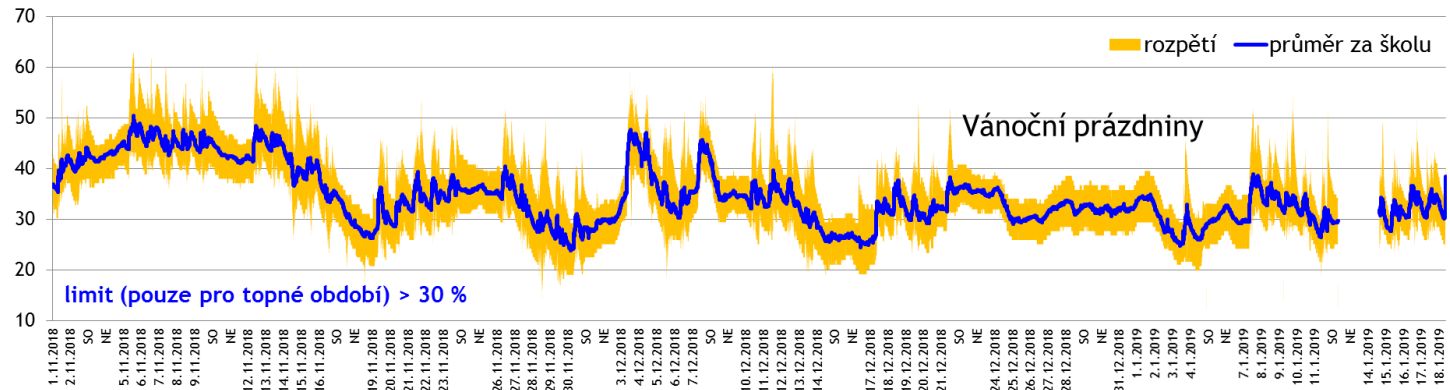
20



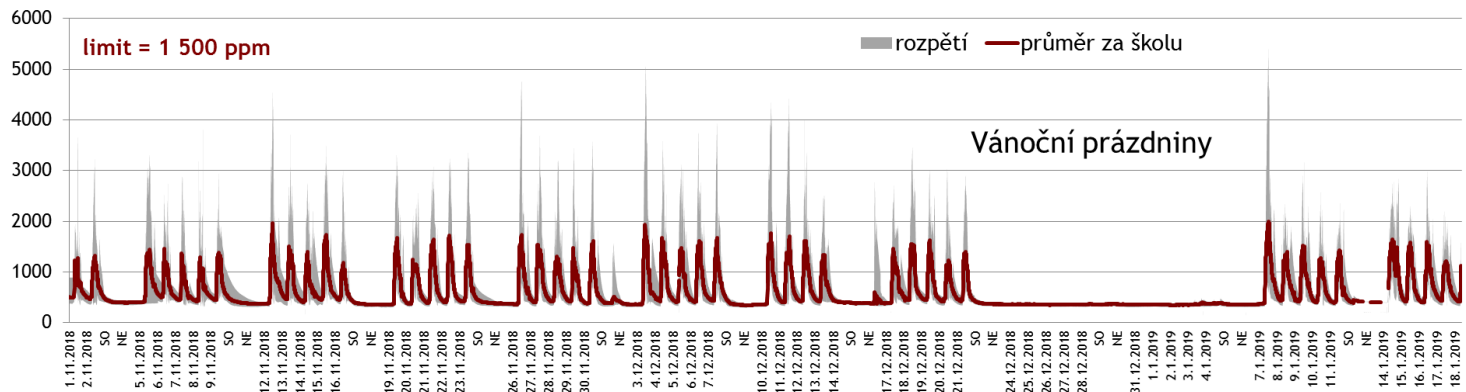
# Dlouhodobé měření ve 12 třídách (od 1. listopadu 2018 do 20. ledna 2019)

# Výsledky

### Intervenční studie - průměr za školu a rozpětí hodnot ve třídách - r. vlhkost [%]

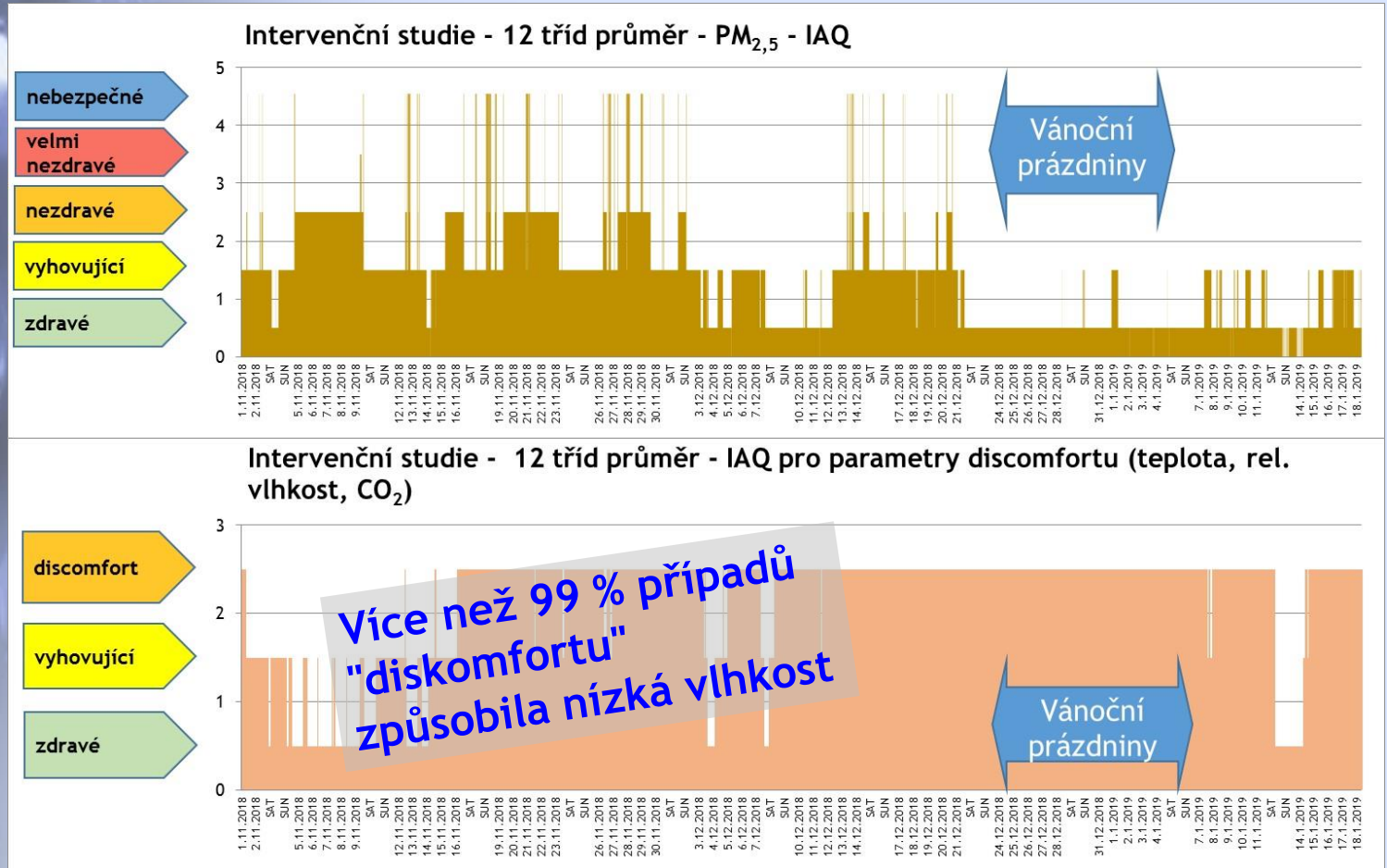


### Intervenční studie - průměr za školu a rozpětí hodnot ve třídách - CO<sub>2</sub> [ppm]



# Průměr za školu

## Index kvality vnitřního prostředí

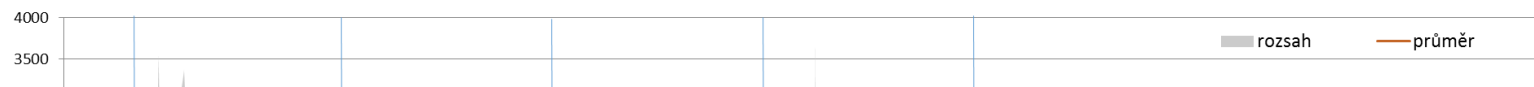


# Reprezentativnost

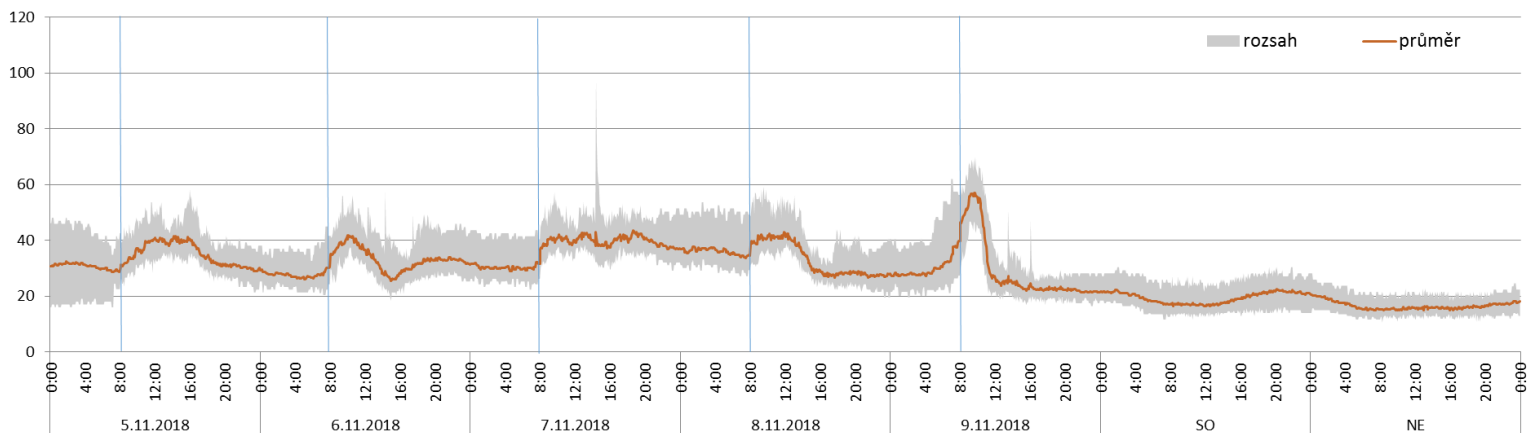
Týdenní chod hodnot teploty [v °C] ve škole (5. až 11. 11. 2018)



Týdenní chod koncentrací CO<sub>2</sub> [v ppm] ve škole (5. až 11. 11. 2018)



Týdenní chod koncentrací PM<sub>2,5</sub> [v µg/m<sup>3</sup>] ve škole (5. až 11. 11. 2018)



**Nabízí se otázka:  
Kdy a kde se musí měřit, aby to bylo  
reprezentativní?**

# Objevily se problémy a otázky

- **Problémy:**

1. Zajištění komunikace a plynulého přenosu dat
2. Validace dat (výpadky, dětská soutěživost ....)
3. Životnost senzorů/chyby měření (zvláště u optických čidel  $PM_{2,5}$ )

- **Otázky - pochybnosti:**

## Reprezentativnost měření

1. Vzhledem k měřené třídě (?)
2. Variabilita mezi třídami x průměr za školu
3. Rozdíl mezi topnou a netopnou sezónou (?)

# Návrh možných opatření

... není možné ovlivnit okolní dopravní zátěž.

Proto jsme se zaměřili **výhradně** na možná opatření v učebnách.

Opatření  
navržená  
pro  
zajištění  
výměny  
vzduchu,  
požadované  
teploty a  
pro režim  
úklidu

1. Ráno, před příchodem dětí, větrat dveřmi do chodby a otevřít okna v chodbě do dvora.
2. Dále, až do 10 hodin větrat alespoň dvakrát za hodinu do chodby.
3. Po desáté hodině lze větrat i okny do méně zatížené ulice Bělohorská, opět alespoň dvakrát za hodinu. Kvalitu venkovního ovzduší průběžně kontrolovat na stránkách ČHMÚ.
4. Každou přestávku větrat dveřmi do chodby.
5. Každou vyučovací hodinu minimálně dvakrát zkontrolovat teplotu ve třídě (senzory) a teplotu udržovat mezi 20 - 24 °C.
6. Klasickou tabuli stírat pouze na mokro!
7. Děti se musí přezouvat!
8. Úklid **každý** den až **po ukončení vyučování**.
  - Pouze „na mokro“ a s **minimálním** množstvím parfémovaných složek.
  - **Vždy setřít na mokro** i lavice, sedačky, parapety a rovné plochy nábytku.
  - Luxování (i koberců pokud jsou ve třídě) **pouze při otevřených oknech**.

# Ověření účinnosti navržených opatření

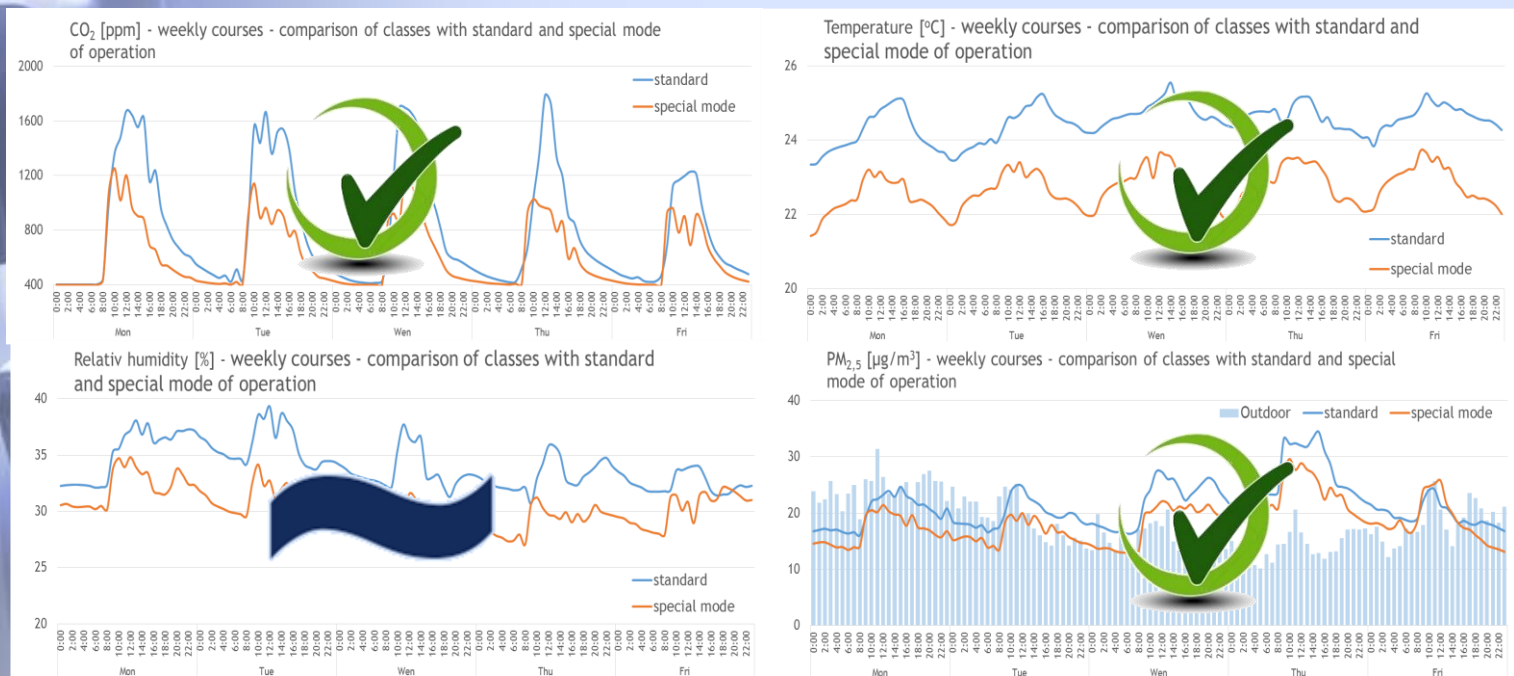
Oxidy dusíku - 14 denní souběžné měření v normální třídě a srovnání s třídou se speciálním režimem





# Ověření účinnosti navržených opatření

Prašnost -  $PM_{2,5}$ ,  $CO_2$ , teplota a vlhkost - 14 denní souběžné měření v normální třídě a srovnání s třídou se speciálním režimem.



V případě  $CO_2$ , prachu a teploty ... to fungovalo, u relativní vlhkosti situaci komplikuje nízká vlhkost v zimě venku .....

# Závěry studie

Bylo provedeno 80 denní měření kvality vnitřního ovzduší ve 12 třídách a 14 denní srovnávací měření pro vyhodnocení účinnosti navržených opatření.

Aplikace navržených opatření (úklid, režim a způsob větrání) vedla ke **snížení zátěže** vnitřního prostředí CO<sub>2</sub>, prachem (frakce PM<sub>2,5</sub>) a k **optimalizaci** teploty ve třídě.

Opatření naopak nepřinesla **žádný významný efekt** v případě plyných složek (oxidů dusíku).

Složitější situace je v případě vlhkosti, kdy větrání okny (a pravděpodobně jakékoliv jiné bez zvlhčování) v zimě **snižuje** relativní vlhkost ve třídě.

**Kvalitu venkovního ovzduší nelze ovlivnit.**

(jednou z mála alternativ je omezení „rodičovských taxíků“)

Mediální tlaky dosahují maxima, denně si lze přečíst něco o problematice vnitřního ovzduší, pokud teda zkousnete tu reklamu na konci sdělení .....

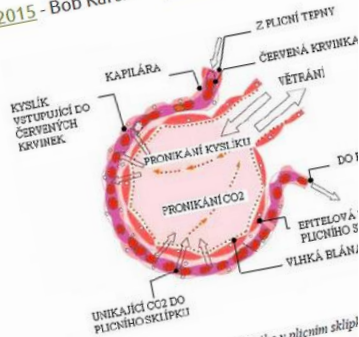
**Ale**  
**co je opravdu významné**  
nabízí se  
**CO<sub>2</sub>, prach, VOC ..**



PresenterMedia

# Média a spousta „odborníků“ nepochybují

**Studie: Koncentrace CO2 v českých školách dramaticky převyšuje normu**  
16. února 2015 - Bob Kartous - Žádné komentáře



Obrázek 3 Schéma výměny kyslíku a oxidu uhličitého v plicním sklípku

**Přečtěte si rozhovor s Romanem Šubrtem, s studie se čeští žáci učí v podmínkách, které hygienických norem zcela nevyhovují. Průběh vyučovacích hodin dochází k překvapivě vysoké koncentraci CO2, která se považována za zdravotně nebezpečnou. Studie ukazuje, že podle autora studie CO2 aktivně brání. „Na začátku měření a požádání jej o součinnost. Výsledkem bylo, že v Českých Budějovicích, kde nařídili školám,“ tvrdí Roman Šubrt.**

**Jste autorem studie o hladině kyslíčnicku uhličitého (CO2) v učerách škol. Jaké jsou hlavní zjištění?**

## Měření v českých školách: Žáci dýchají vzduch s obsahem CO2 až 10x nad normu. V učerách připouštějí hygienické limity. Většina dětí se učí v nedostatečně větrávaných učerách.

25. září 2017 | Smieja | 0 komentářů | Větrání - rekuperace, Větrání klimatizace



Kvalita ovzduší v učerách škol. Ukázalo se, že koncentrace CO2 v učerách škol je v průměru 10x nad normu. Většina učerých nemá dostatečnou výměnu vzduchu.

**hůř soustředí. Krátké větrání o přestávkách problém neřeší.**

Moderní člověk tráví v uzavřených prostorách přibližně 90 % svého času venku. A když už musí pobývat uvnitř, mělo by to být v prostředí s vysokou kvalitou ovzduší.

„Bylo prokázáno, že špatný vzduch vede k poklesu produktivity a kvality vnitřního prostředí zkrátit dětem vyučování o 3 hodiny týdně. Stejnými výsledky,“ uvádí Jan Bárta, ředitel Centra pasivního domu.

Měření kvality ovzduší na školách prováděli sami žáci a učitelé. Měření proběhlo na základních školách od září 2016 do dubna 2017. Každé měření proběhlo po dobu dvou týdnů.

Výsledky ukazují, že přirozené větrání (otevření oken) nestačí. V průměru pár minut, naprostou většinu vyučovacích hodin žáci dýchají vzduch s vysokou koncentrací CO2. V těch nejhorších případech dokonce ani po výměně vzduchu.

Z celkového počtu 62 měření na základních školách byla hodnota koncentrace oxidu uhličitého, která je 1000 ppm, dosažena v 10 případech, což je maximálně povolená hodnota.

## VEŘEJNÉ BUDOVY V ČESKU TRÁPÍ NÍZKÁ KVALITA VZDUCHU, HLAVNĚ KVŮLI CO2

Autor Zdeněk Kulhánek | 20. 04. 2019 | \*\*\*\*\*



**APOGEO**  
Analýza ovzduší v interiéru a venku

Fúze, akvizice a podnikové přeměny – potřebujete poradit?

Napište nám



České veřejné budovy se neustále potýkají s vysokou koncentrací oxidu uhličitého či prachu. Nejčastěji se v tomto směru uvádějí školy, kde může k dosažení kritické koncentrace CO2 dojít i za pouhých 18 minut. Podle odborníků však řešení tohoto problému stále spíše pokulhává. Nejlépe si podle nich vede soukromý sektor, jehož zástupci se čím dál častěji uchylují k instalaci systémů nuceného větrání. Právě ten je považován z hlediska zlepšení kvality vzduchu za nejúčinnější.

Nevalná kvalita vzduchu je jedním z zásadních problémů, se kterými se dlouhodobě potýkají nejen české veřejné budovy, ale i soukromý sektor. Tyto stránky využívají cookie pro sledování návštěvnosti. Pokud s používáním nesouhlasíte, stránky opusťte.

# CO<sub>2</sub> - diskomfort (?/!)

## (Vratné) účinky CO<sub>2</sub> na lidský organismus

### cca 350 - 440 ppm úroveň venkovního prostředí

do 1 000 ppm	doporučená úroveň CO <sub>2</sub> ve vnitřních prostorách (Pettenkofer, 1818 - 1901)
1 200 - 1 500 ppm	maximální úroveň a limitní koncentrace v prostorách
1 500 - 2 500 ppm	možné příznaky - zvýšená pozornosti (citliví jedinci)
2 500 - 5 000 ppm	možné bolesti hlavy
<b>5 000 ppm</b>	<b>maximální bezpečná koncentrace bez zdravotních rizik</b>
> 5 000 ppm	nevolnost a zvýšený tep
> 15 000 ppm	dýchací potíže
> 40 000 ppm	možná ztráta vědomí

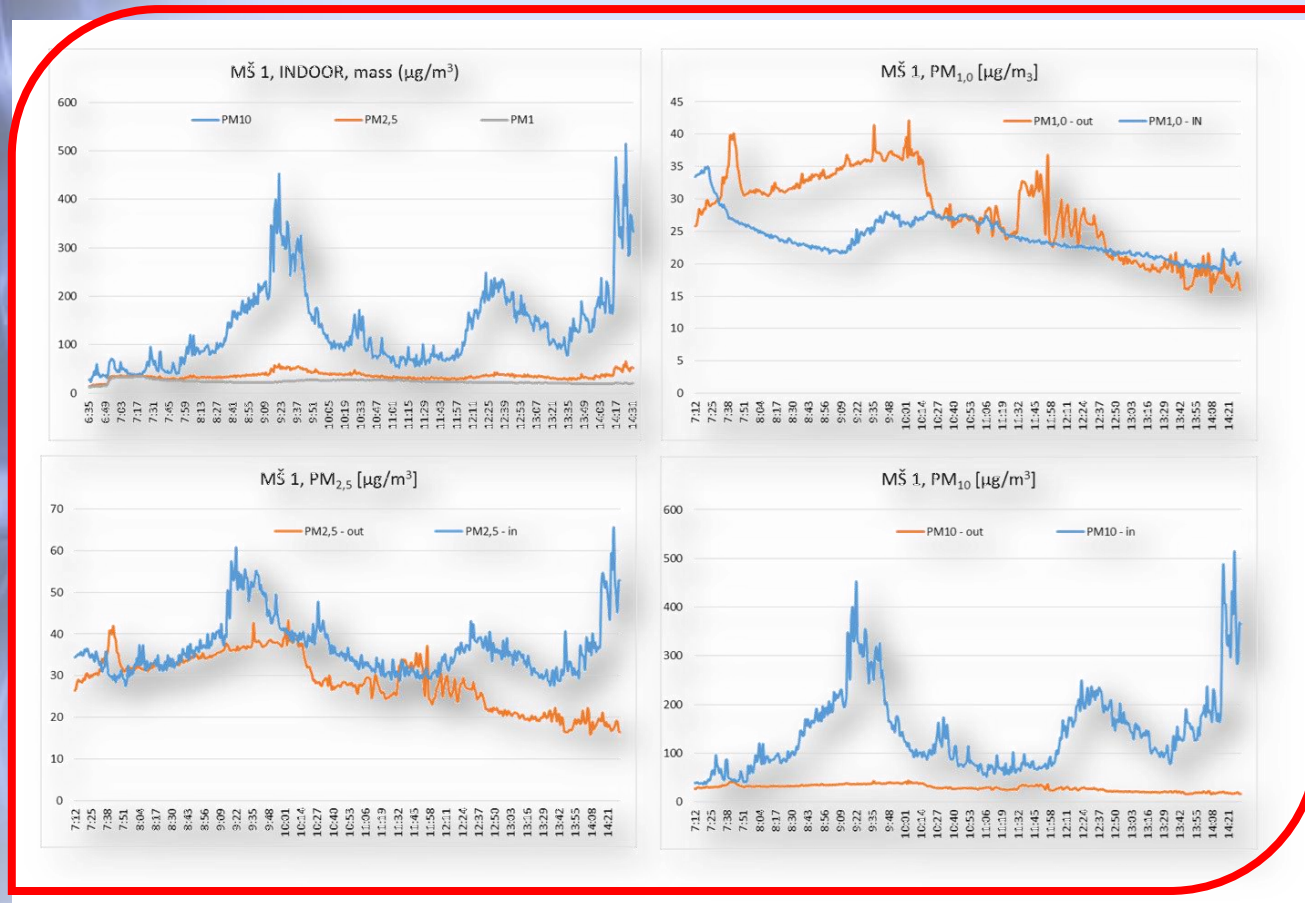
**Jen diskomfort?!/!**

Parametry diskomfortu (CO<sub>2</sub>, teplota, vlhkost) velmi zřídka mohou dosáhnout úrovně ohrožující citlivé jedince.

V topné sezóně je problémem vlhkost, teplota a CO<sub>2</sub>, v netopné sezóně - většinou jen teplota. Nedodržení limitů není pro zdraví zásadní, s výjimkou některých případů.

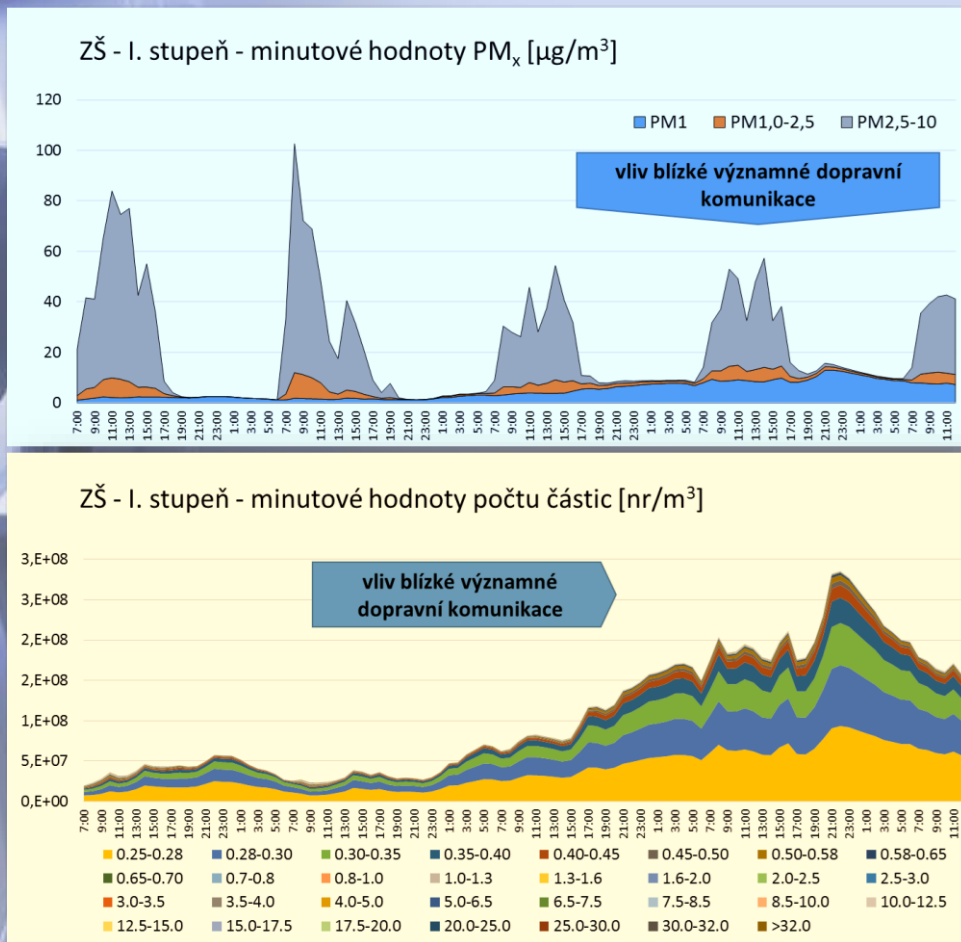
Nízkou vlhkost nelze vyřešit bez speciálního vybavení.

# Prašnost?



Z přechozích studií MZSO bylo zřejmé, že hrubá frakce  $\text{PM}_{2,5-10}$  má zdroj majoritně v aktivitách uživatelů (dětí) ve třídách. Naopak u submikronové frakce je většinovým zdrojem infiltrace z venkovního ovzduší. Frakce  $\text{PM}_{2,5}$  pak víceméně reprezentuje oba vlivy.

# Prašnost - dopravně exponovaná oblast



Prach je celoroční problém - zejména hrubá frakce (2,5 až 10  $\mu\text{m}$ ), která je primárně způsobena činnostmi uživatelů, submikronová frakce ( $PM_{1,0}$ ) je většinou infiltrována.

Proto je mnohem obtížnější snížit zatížení vnitřního prostředí prachem. Vyšší koncentrace, zejména u citlivých - chronicky nemocných dětí, mohou vést ke zdravotním problémům.