

## Projekt INTERREG InAirQ



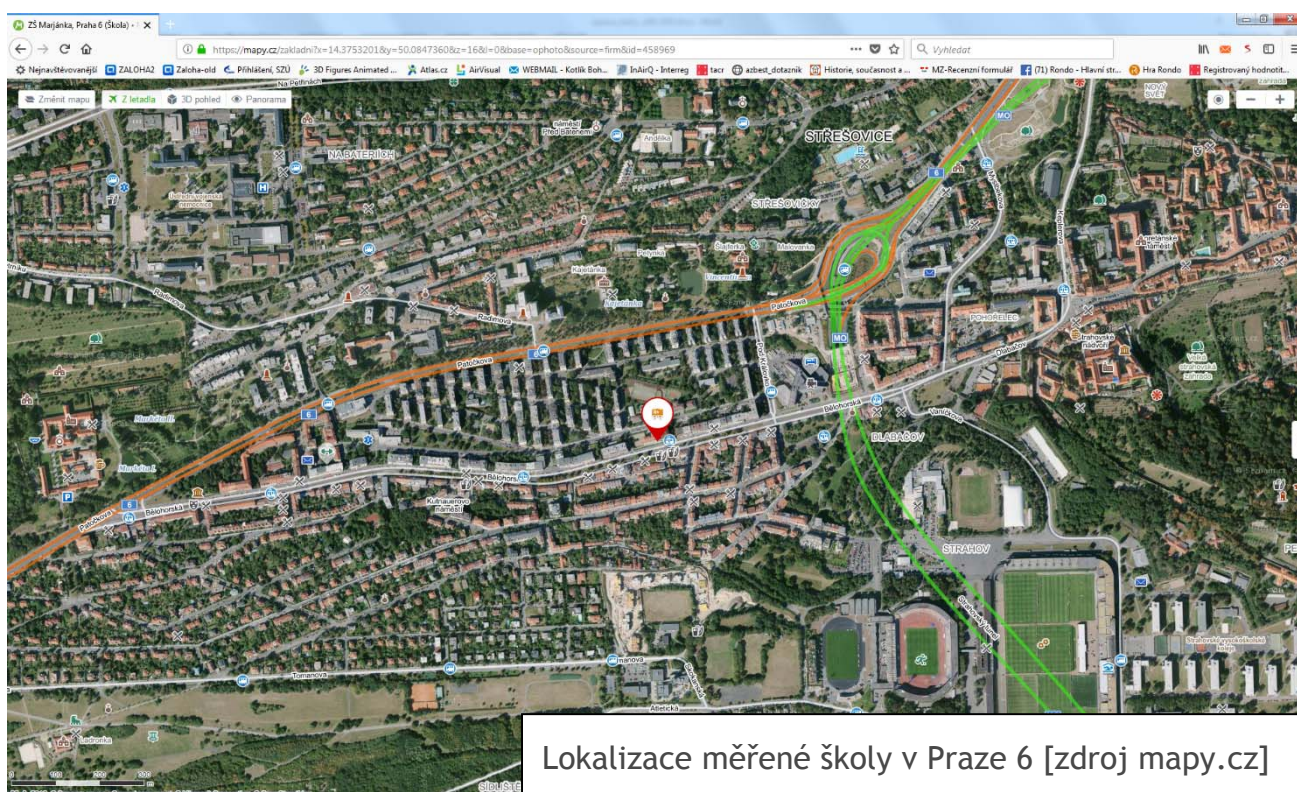
**Intervenční studie**  
**1. 11. 2018 až 18. 1. 2019**  
**Základní škola Marjánka, Bělohorská 52, Praha 6**

## Úvod

Základní škola Marjánka v Praze 6 byla, jako jedna z dvanácti škol v České republice, vybrána pro projekt EU INTERREG InAirQ.

Zaměření tohoto projektu vychází ze skutečnosti, že děti jsou citlivá populační skupina, která často ve škole tráví podstatnou část dne. Prostředí ve škole přitom ovlivňuje jejich pohodu, podmínky pro učení a může mít vliv na jejich zdraví. Cílem je identifikovat problémy a navrhnout opatření k případnému zlepšení stavu.

V rámci projektu bylo v každé z vybraných škol provedeno týdenní měření kvality vnitřního ovzduší, které bylo doplněno o dotazníkové šetření zaměřené na zdravotní stav dětí, jejich denní časový rozvrh a popis domácího prostředí. V každé škole byla změřena vždy 1 třída prvního stupně (kmenová), kde děti tráví převážnou část dne. Souběžně s měřením vnitřního ovzduší bylo měřeno i venkovní ovzduší přímo u školy. ZŠ Marjánka reprezentuje městskou lokalitu s výrazným vlivem okolní dopravní zátěže.



## ZŠ Marjánka

Budova je z cihel a kamene, byla postavena v roce 1910, má pět podlaží, ústřední vytápění a v posledních pěti letech byly částečně zrekonstruovány učebny, elektrické vedení, osvětlení a vodovodní rozvody. Škola se nachází v městské lokalitě s vysokou hustotou vícepodlažní domovní zástavby a s výraznou dopravní zátěží. Okna tříd směřují do ulice Bělohorská a okna chodeb do ulice Pod Marjánkou, kde je v těsné blízkosti školy parková úprava a školní hřiště. Škola nemá centrální mechanický větrací systém, výběrově je ale v některých místnostech instalována klimatizace nebo vzduchotechnika.

V první etapě měření (5. až 9. 2. 2018) byly sledovány tyto parametry kvality vnitřního prostředí: fyzikální (teplota, vlhkost), chemické (těkavé organické látky včetně formaldehydu, oxidy dusíku, oxid uhličitý jako indikátor výměny vzduchu, suspendované částice frakce PM<sub>1,0</sub>, PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>10</sub>), radon a distribuce částic velikostního rozmezí 250 nm až 32 μm. Ve venkovním ovzduší byly navíc sledovány hmotnostní koncentrace oxidu siřičitého, ozónu a oxidu uhelnatého. Zároveň byly odebrány vzorky prachu frakce PM<sub>2,5</sub> z ovzduší pro stanovení vybraných kovů. Bližší viz zpráva z měření dostupná na: <https://apps.szu.cz/Interregmap/>.

Škola byla následně vybrána pro druhou etapu měření - dlouhodobější intervenční studii zaměřenou na vliv dopravy na kvalitu vnitřního ovzduší ve třídách v rámci zadání projektu:

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

Škola leží v městské lokalitě (Praha 6) s vysokou hustotou dopravně zatížených komunikací.

- Ulice Bělohorská přímo u školy - doprava (5 až 10 tisíc vozidel/24 hod.) a tramvajová trať
- 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 85 až 90 tisíc vozidel/24 hod.)



Strahovský tunel  
a tunel Blanka

Patočkova ulice  
a ostatní se  
zvýšenou  
intenzitou  
dopravy

Měřicí  
stanice ČHMÚ



Bělohorská ulice



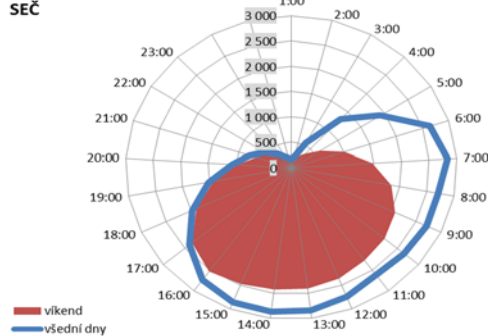
Patočkova ulice



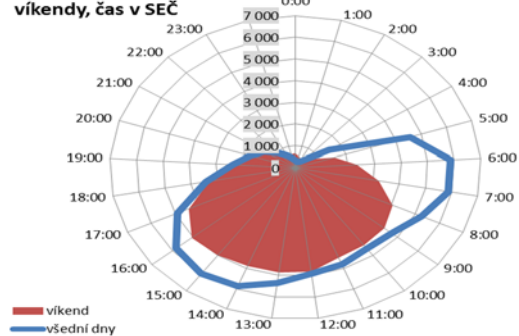
Strahovský tunel a Blanka

Intenzita dopravy v okolí školy 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. Nasvědčují tomu časové průběhy intenzity dopravy na Patočkově ulici a tunelu Blanka.

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



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



## Intervenční studie

Úvodní týdenní proměření v únoru 2018 prokázalo, že ve škole Marjánka nejsou problémem organické látky, kovy v aerosolu ani radon. Hlavním zdrojem plynných složek (CO, O<sub>3</sub>, NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>) ve třídě je venkovní ovzduší. Metodika intervenční studie proto předpokládala v první etapě dlouhodobé měření základních identifikovaných potenciálně problémových parametrů kvality vnitřního ovzduší (teplota, relativní vlhkost, oxid uhličitý a částice frakce PM<sub>2,5</sub>), v druhé 14 denní části doplněné o měření oxidů dusíku ve dvou třídách s rozdílným režimem provozu, větrání a úklidu.

## Metodika

Senzorové měření - protože pro dlouhodobé měření ve třídách byl použit komerčně dodávaný produkt NODE Air Visual

(<https://www.airvisual.com/air-quality-monitor>) o naprosto

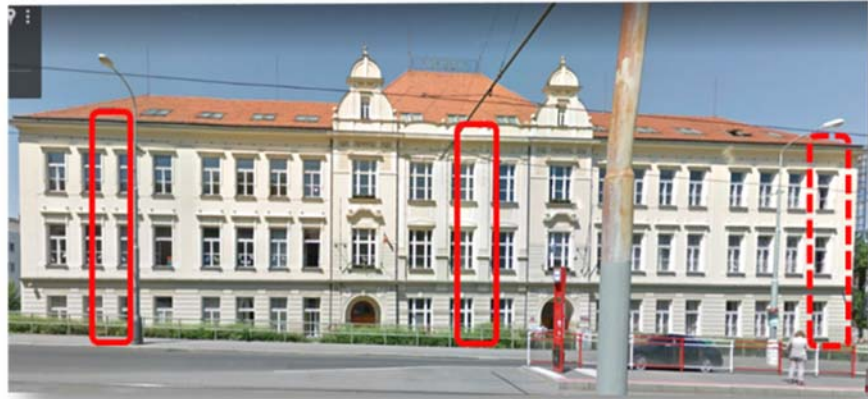
neznámé spolehlivosti jím měřených hodnot, bylo před instalací těchto měřidel realizováno jejich ověření v reálných podmínkách kalibrovanými analyzátoři Laboratoře ovzduší SZÚ. Pro

hmotnostní koncentrace PM<sub>2,5</sub> byl použit gravimetrický faktor  $f = 1$ . Po šesti dnech srovnávacího měření (od 10. 10. do 15. 10. 2018) bylo pro všechny sledované parametry všech senzorových měřidel provedeno vyhodnocení, stanovena korelace, kovariance, odhad chyby. Do komunikačního webového rozhraní byly stanoveny přepočítávací koeficienty (na přístroji nelze měnit nastavení).



Bylo zřejmé, že v případě teploty a částic frakce PM<sub>2,5</sub> všechny přístroje v různé míře podhodnocovaly (negativní systematická chyba), u relativní vlhkosti a oxidu uhličitého naopak všechny nadhodnocovaly (pozitivní systematická chyba).

Dlouhodobé proměření od 1. 11. 2018 do 8. 1. 2019 zahrnovalo 12 tříd v této škole, tříd vybraných tak, aby byl pokryt jak výškový gradient (všechna patra školy), tak prostorová distribuce (lokalizace tříd v budově, která má tvar „L“). Pro SZÚ realizovala fy Měříme s.r.o.



Přístroje byly umístěné ve třídách č. 20 a 24 (IV. patro budovy), č. 14, 17 a 19 (III. patro budovy), č. 8, 10 a 12 (II. patro budovy), č. 4 a 6 a v tělocvičně (první patro budovy) a v jídelně (suterén).

Orientační nákres rozmístění přístrojů NODE ve škole

III. Patro č. 14  
II. Patro č. 8  
I. Patro tělocvična  
- 1 jídelna

IV. Patro třída 24

III. Patro třída 19

II. Patro třída 12

I. Patro třída 6

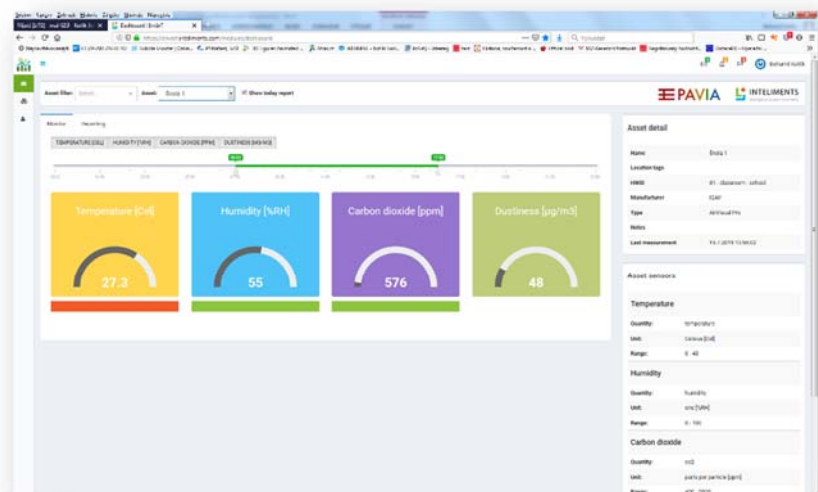
IV. Patro třída 20

III. Patro třída 17

II. Patro třída 10

I. Patro třída 4

V každé z 12 vybraných tříd (místnosti - viz příloha č. 1 - fotodokumentace) byl instalován senzorový měřič Node Air Visual, který v pětiminutových intervalech odečítal hodnotu teploty, relativní vlhkosti, oxidu uhličitého a částic frakce PM<sub>2,5</sub>. Odečtené hodnoty byly přes WI-Fi odesílány na cloud výrobce a odtud speciálním webovým rozhraním stahovány na SZÚ.



Pro hodnocení kvality venkovního ovzduší byla použita dat ze stanice ČHMÚ ABRE (Na Dlačově) vzdálené 350 metrů od školy.



Druhá část interveční studie (od 8. 1. do 18. 1. 2019) byla zaměřena na návrh a ověření opatření ke zlepšení kvality ovzduší ve třídách. Rozsah měření byl doplněn o oxidy dusíku ve dvou srovnávaných třídách. V jedné třídě (č. 14 ve třetím patře) byl zachován stávající provoz a režim údržby, pro druhou třídu (č. 4. v přízemí) byl zpracován základní návod (viz box) zahrnující možná opatření ke zlepšení stavu.

#### A. Režim větrání a kontrola teploty

- 1) Ráno před příchodem žáků provětrat přes chodbu dveřmi (na chodbě otevřít okno do ulice Pod Marjánkou proti dveřím do třídy).
- 2) Od rána do 10 hodin větrat přes chodbu do ulice Pod Marjánkou a to minimálně 2x během každé vyučovací hodiny. Pouze v případě, že měřicí stanice NODE ukáže hodnotu koncentrace CO<sub>2</sub> > 1 500 ppm, je možné pouze krátce intenzivně provětrat okna do ulice Bělohorská v kombinaci s otevřenými dveřmi na chodbu - průvanové větrání.
- 3) Po velké přestávce, od 10 hodin již větrat 2x během každé vyučovací hodiny okna do ulice Bělohorská.
- 4) Každou přestávku větrat do chodby otevřenými dveřmi.
- 5) Během vyučování alespoň 2x zkontrolovat teplotu ve třídě na měřicí stanici NODE, teplotu ve třídě udržovat v rozmezí 20 - 24 °C.
- 6) V zimním období kontrolovat úroveň znečištění na blízké stanici ABRE, podle stávající situace případně upravit režim větrání a vycházek dětí.

#### B. Režim úklidu (slouží k minimalizaci zátěže prostředí prachem)

- 1) Mytí tabule pouze namokro!!!
- 2) Kontrolovat přezutí dětí.
- 3) Úklid měřené třídy provádět každý den po ukončení vyučování pouze namokro a s minimálním nutným množstvím čisticího prostředku. Součástí každodenního úklidu je:
  - vysátí koberce (při otevřených oknech) pokud je ve třídě
  - otření nábytku včetně lavic a okenních parapetů
  - vytření podlahy

## Výsledky první části studie - popis stavu

Výhodou dlouhodobého měření ověřenými senzorovými čidly byla skutečnost, že si uživatelé na přítomnost přístrojů v místnosti „zvykli“ a přestali jim věnovat pozornost. Naměřené hodnoty se tak více přiblížily skutečné zátěži prostředí. Před zpracováním bylo nutno data validovat, sjednotit časy odečtů hodnot a vyřešit duplikaci hodnot způsobenou výpadky komunikace nebo odpojením přístroje od zdroje 230 VA.

Poznámky: V rámci validace hodnot byly ze zpracování vyloučeny jednoznačně chybné hodnoty (např. porucha optického čidla pro měření frakce PM<sub>2,5</sub>) nebo hodnoty úmyslně ovlivněné dětmi (tzv. soutěž „kdo nadýchá vyšší hodnotu CO<sub>2</sub>“).

Další výpadky měření byly způsobeny učiteli, kteří odpojili (z důvodu jiného využití zásuvky) přístroj od proudu. Přístroj sice má bateriové jištění asi na 3 hodiny, ale většinou již nebyl připojen zpátky.

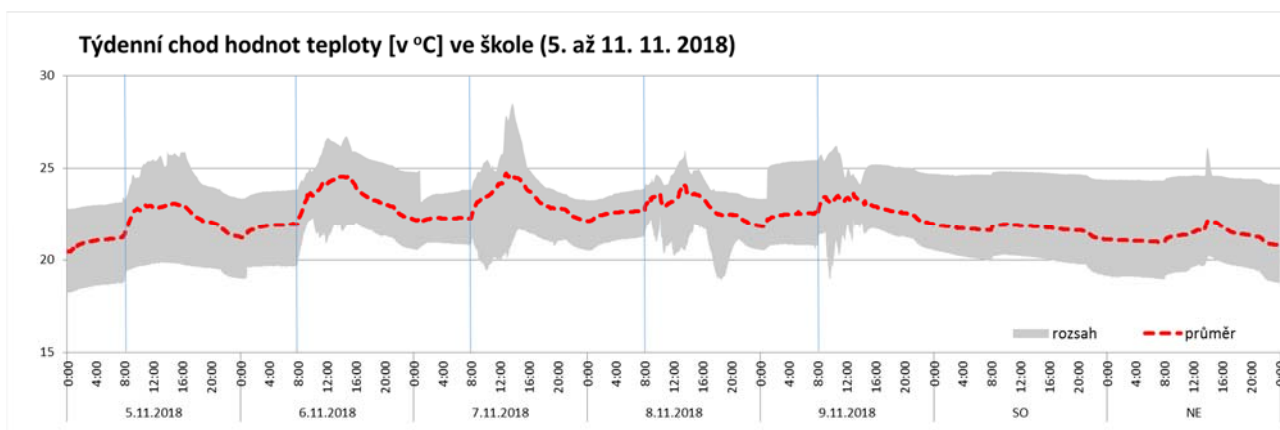
Data z dlouhodobého měření byla zpracována ve formě hodinových průběhů měřených parametrů (teplota, relativní vlhkost, oxid uhličitý a částice frakce PM<sub>2,5</sub>) a ve tvaru rozpětí (maximální a minimální hodnota ze všech přístrojů) a střední hodnoty za celou školu. Doba samostatně hodnoceného „vyučování“ byla ve všech třídách sjednocena na interval od 7:00 do 14:00 SEČ všedního dne. Pro ilustraci typického týdenního průběhu hodnot byl vybrán týden od 5. do 11. 11. 2019.

### 1. Teplota

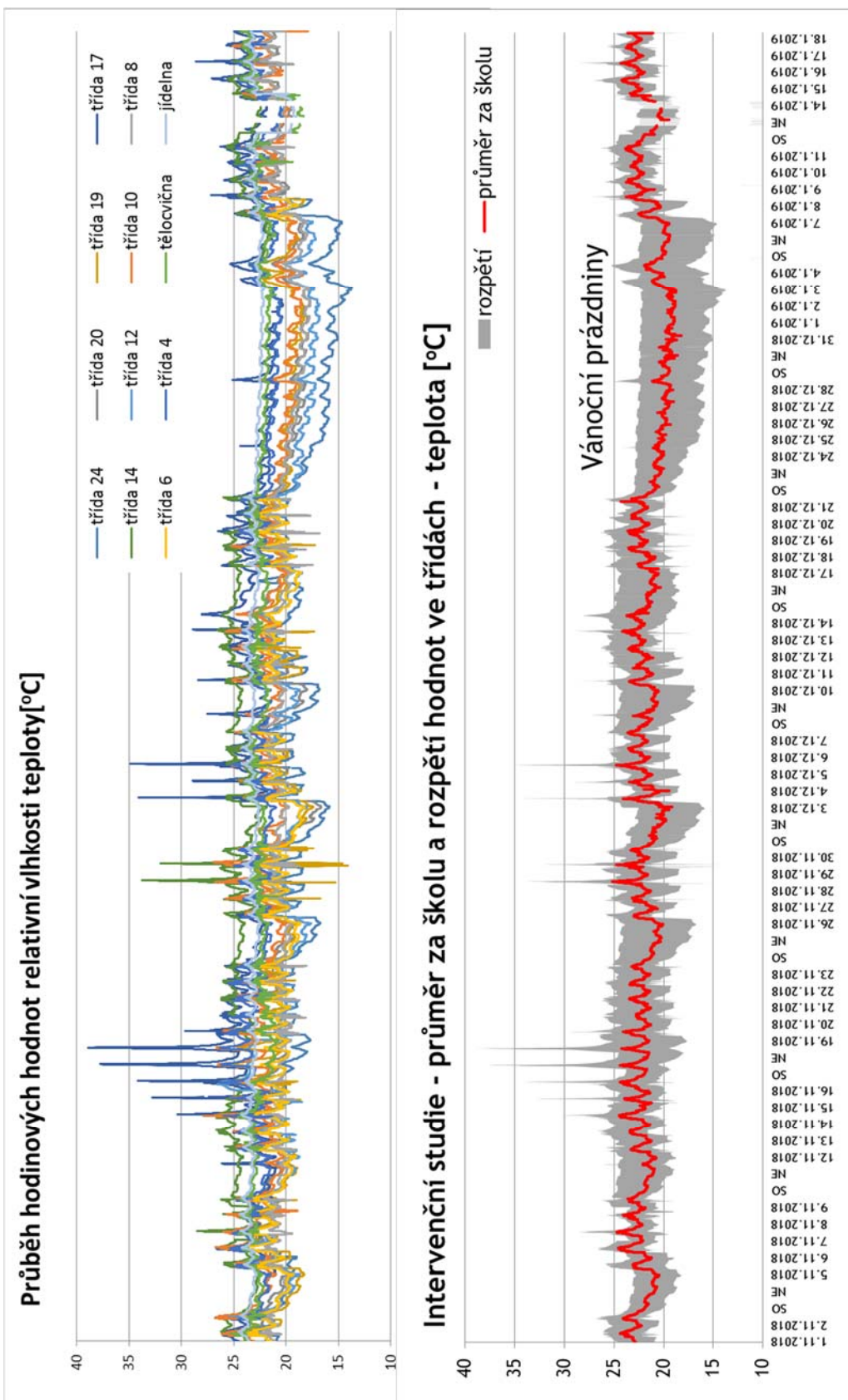
Průměrná hodnota teploty v měřených třídách za celou dobu studie výjádřená jako hodnota za celou školu byla 21,7 °C.

Limit stanovený přílohou č. 2 Vyhlášky MZ ČR č. 410/2005 Sb. o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých v platném znění je  $t_{\text{optimální}} = 22 \pm 2$  °C. ( $t_{\text{gmin}} = 20$  °C a  $t_{\text{gmax}} = 28$  °C). V průměru tedy škola požadavkům této vyhlášky vyhověla.

Pokud nebudeme hodnotit období vánočních prázdnin a víkendy, kdy škola byla logicky ve zvláštním režimu vytápění (tzv. zavlažování) a hodnoty ve třídách mohly klesnout až k 15 °C, pak chladnější byly (vždy na začátku týdne) třídy v podkroví (č. 20 a 24). Dále, v odpoledních hodinách teploty zvolna klesaly pod hranici 20 °C, teplota ve třídách s výjimkou družin (třídy č. 4, 8 a 12) se opět začala zvyšovat až před začátkem vyučování.



Vliv okenního větrání na tento parametr vzhledem nedostatku informací nelze hodnotit.





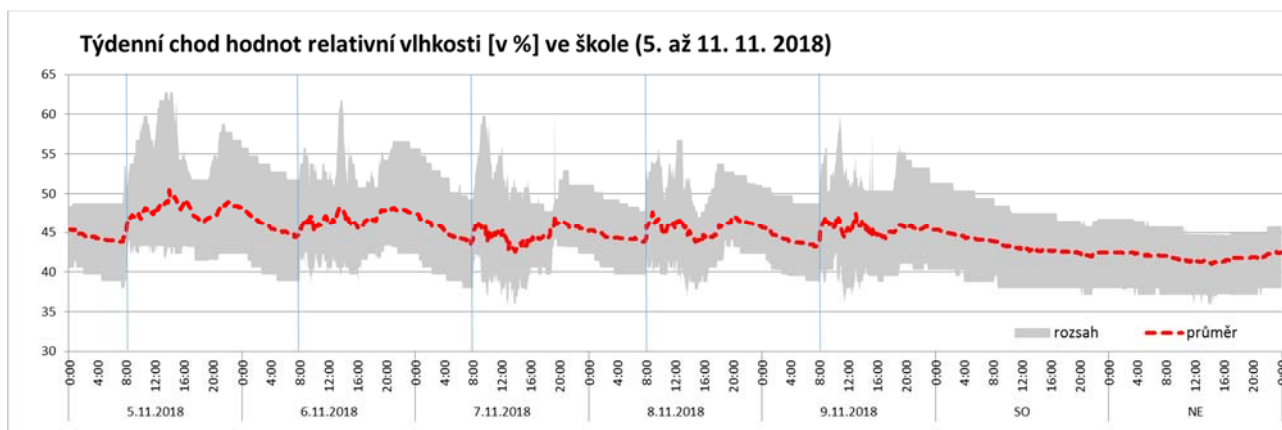
## 2. Relativní vlhkost

(v zimním období pravděpodobně nejproblematictější parametr diskomfortu)

Průměrná hodnota relativní vlhkosti v měřených třídách za celou dobu studie výjádřená jako hodnota za celou školu byla 34,6 %.

Limit stanovený přílohou č. 2 Vyhlášky MZ ČR č. 410/2005 Sb. o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých v platném znění je 30 až 65 %. Podle vyhlášky č. 6/2003 sb., Vyhláška, kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí obytných místností některých staveb platí pro topné období požadavek  $rH > 30$  %. V průměru tedy škola požadavkům obou vyhlášek vyhověla.

Pokud nebudeme hodnotit období vánočních prázdnin a víkendy, kdy škola byla logicky ve zvláštním režimu vytápění (tzv. zavlažování) a ve třídách se nevětralo okny, pak nižší hodnoty byly vždy před začátkem vyučování (a logicky i vždy na začátku týdne). Nejnižší hodnoty v průběhu vyučování atakovaly hranici 20 % (nejnižší naměřená hodnota byla 14,3 % o jednom z víkendů), většinou se hodnoty ve třídách pohybovaly mezi 30 až 40 % relativní vlhkosti (nejvyšší naměřená hodnota byla 62,8 %).

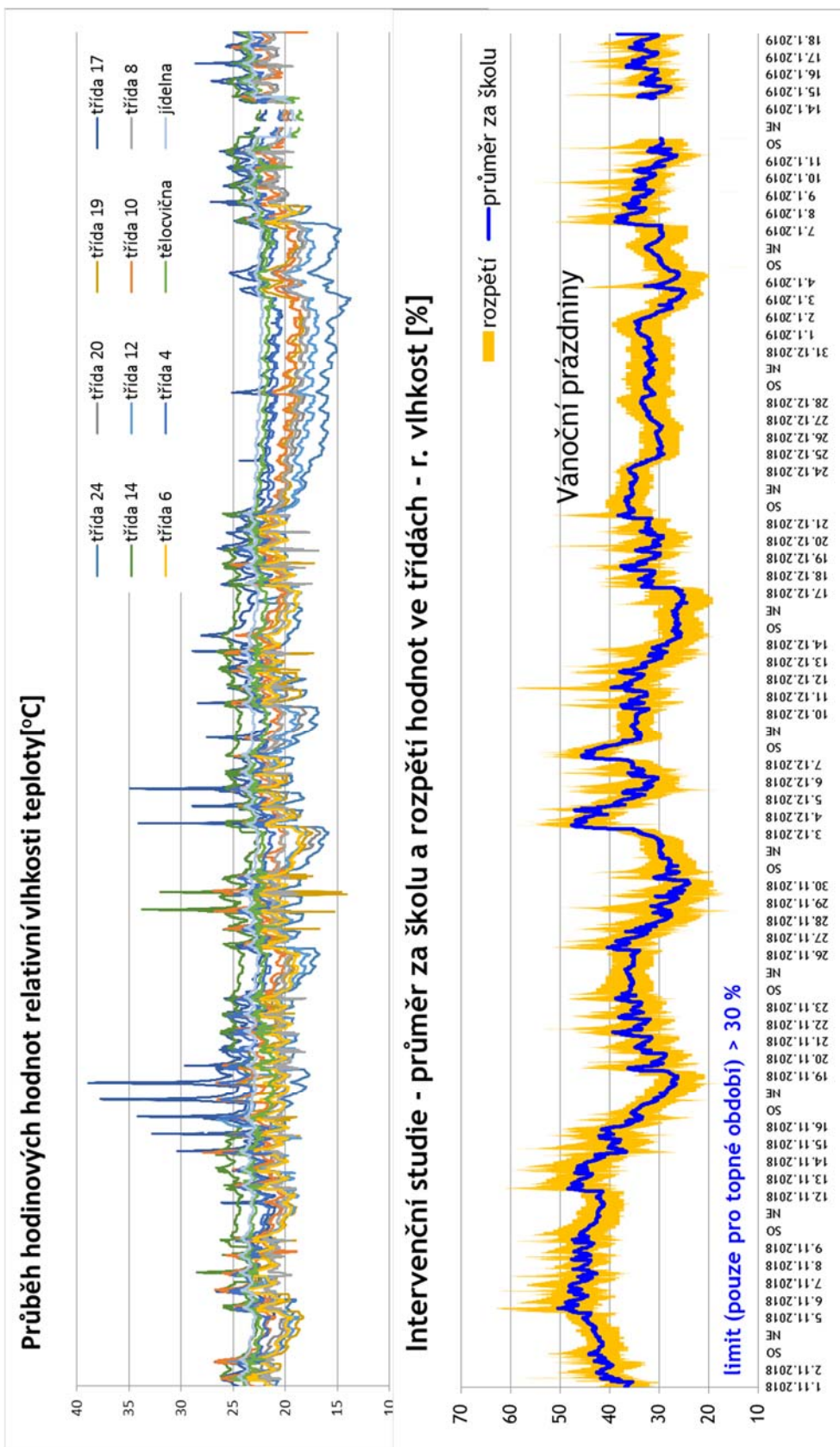


Výsledky víceméně odpovídají době měření - topnému období - kdy nízká venková relativní vlhkost při okenním větrání hodnoty ve třídách významně ovlivňuje. Za celou dobu studie bylo ve všech 12 třídách (a to včetně vánočních prázdnin, víkendů a období po vyučování) přibližně 60 tisíc pětiminutových odečtů pod hranici 30 % relativní vlhkosti. Z toho přibližně 13 % (7 800) příslušelo období vyučování.

### Poznámka:

Při značné úrovni zjednodušení z 47 denního měření ve 12 měřených třídách v období studie, vychází v průměru na každý vyučovací den cca jedna hodina, kdy v intervalu od 7:00 do 14:00 byla hodnota relativní vlhkosti ve třídě nižší než 30 %. Naopak horní hranice 65 % nebyla za celou dobu trvání studie překročena. Rozdíl mezi přestávkami a vyučovacími hodinami nebyl hodnocen.

Nízká relativní vlhkost (a tím pocit suchých sliznic) může zvyšovat pocit dráždění, což může způsobovat problémy citlivějším jedincům a zvyšovat náchylnost k respiračním onemocněním.



### 3. Oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>)

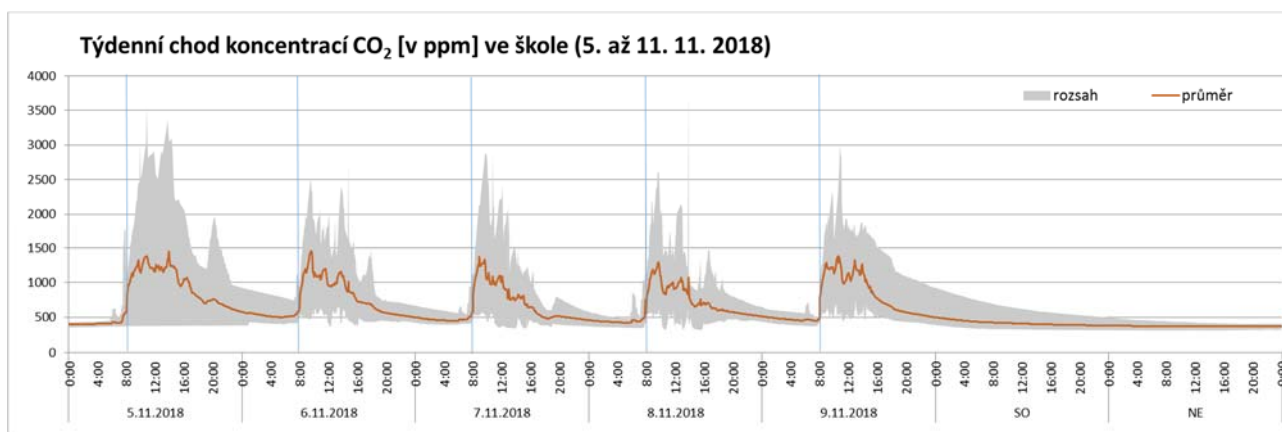
Produkt dýchání, často používaný k indikaci dostatečnosti výměny vzduchu.

Průměrná hodnota koncentrace CO<sub>2</sub> v měřených třídách za celou dobu studie, výjádřená jako hodnota za celou školu, byla 591 ppm. Průměr pouze za vyučovací hodiny včetně přestávek byl 1 107 ppm.

Vyhláška ministerstva pro místní rozvoj č. 20/2012 sb., novela vyhlášky č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby uvádí:

*„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 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.“*

V průměru za dobu vyučování tedy škola požadavku vyhlášky vyhověla. Krátkodobé hodnoty v průběhu měření stanovený limit až trojnásobně překročily.

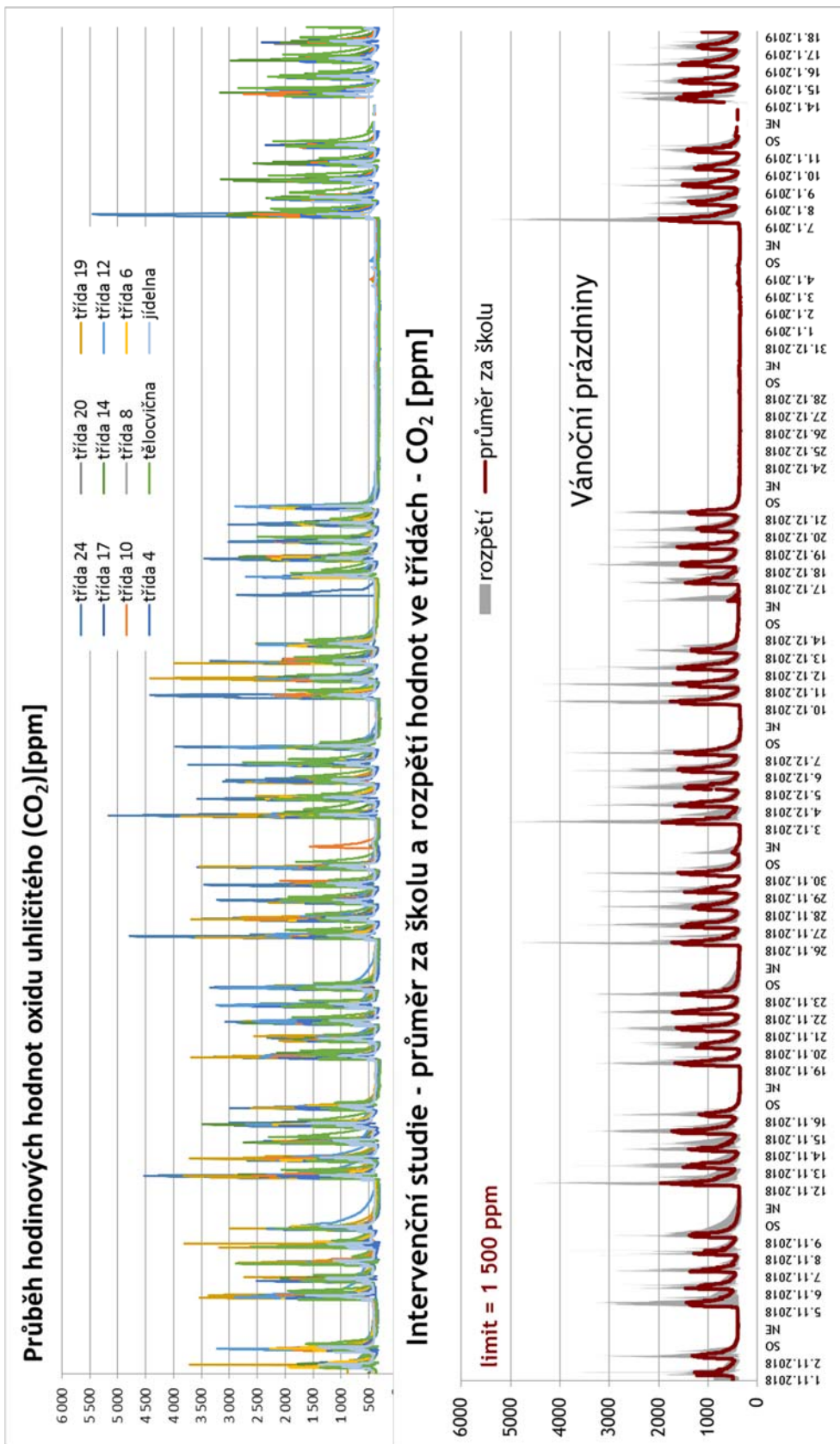


Měřené koncentrace oxidu uhličitého mají velké rozmezí, od hodnot městského venkovního pozadí (400 - 450 ppm) po hodnoty na úrovni 5 500 ppm. Celkově bylo naměřeno 9 200 hodnot nad 1 500 ppm a 1 271 hodnota nad 2 500 ppm.

**Poznámka:**

Při značné úrovni zjednodušení z 47 denního měření ve 12 měřených třídách v období studie, vychází v průměru na každý vyučovací den asi 80 minut, kdy v intervalu od 7:00 do 14:00 byla koncentrace CO<sub>2</sub> ve třídě vyšší než 1 500 ppm. Z toho v průměru po dobu 15 minut byla překročena hranice 2 500 ppm, nad kterou se u citlivých jedinců již mohou projevovat zdravotní problémy. Rozdíl mezi přestávkami a vyučovacími hodinami nebyl hodnocen.

Zajímavé je i to, že vyšší hodnoty CO<sub>2</sub> byly měřeny ve třídách II. stupně ve vyšších patrech (3 a 4 patro) školy (kde ale žáci tráví díky přesunům mezi hodinami kratší dobu). Naopak měřené třídy I. stupně (přízemí) hodnotu 2 500 ppm překročily jen výjimečně. Může to souviset jak s polohou třídy, počtem dětí a volnějším režimem, tak s vyšší dechovou frekvencí a objemem plic u starších dětí.



#### 4. Suspendované (aerosolové) částice frakce PM<sub>2,5</sub>

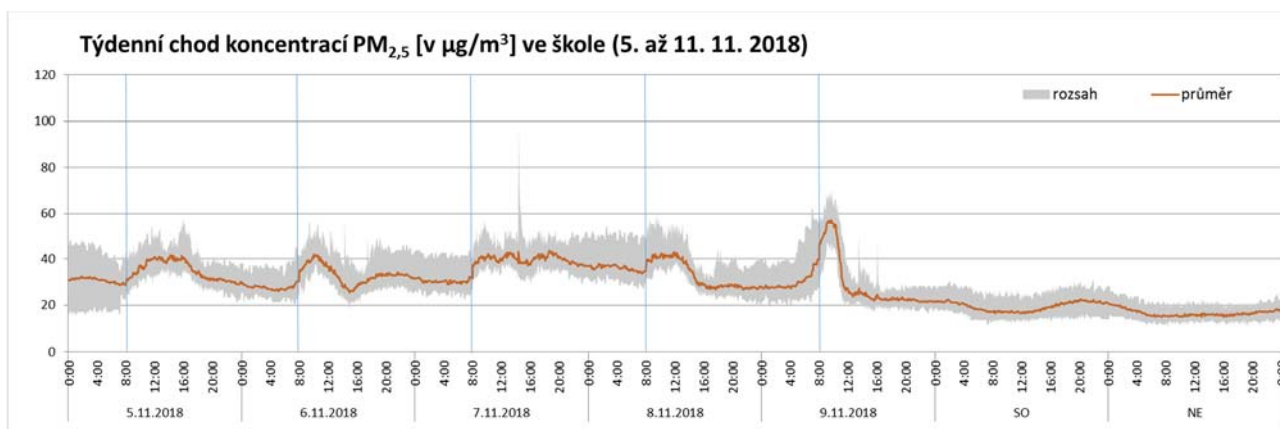
Zákon 201/2012 Sb. O ochraně ovzduší v platném znění definuje frakci suspendovaných částic PM<sub>2,5</sub> jako: „částice, které projdou velikostně-selektivním vstupním filtrem vykazujícím pro aerodynamický průměr 2,5 µm odlučovací účinnost 50 %”.

Aerosolové částice obsažené ve vdechovaném vzduchu mají široké spektrum účinků na srdečně-cévní a respirační ústrojí. Dlouhodobá expozice ovzduší znečištěnému aerosolem má za následek vyšší úmrtnost na choroby srdečně cévní a respirační, včetně rakoviny plic a s tím související zkrácení délky života, omezení přirozených obranných mechanismů, zvýšení nemocnosti na onemocnění dýchacího ústrojí a výskytu symptomů chronického zánětu průdušek a snížení plicních funkcí u dětí i dospělých. Přibývá důkazů o vlivu expozice částicím na vznik diabetu II. typu, na neurologický vývoj u dětí a neurologické poruchy u dospělých.

Vzhledem k tomuto širokému spektru mechanismů systémového působení a i dalším účinkům jsou aerosolové částice považovány za nejvýznamnější ”škodlivinu” ve venkovním ovzduší. Pro působení aerosolových částic v ovzduší nebyla zatím zjištěna bezpečná prahová koncentrace. Předpokládá se, že citlivost jedinců v populaci má tak velkou variabilitu, že ti nejcitlivější jsou v riziku účinků i při velmi nízkých koncentracích.

V městech a v městských aglomeracích jsou dlouhodobě hlavními zdroji znečištění venkovního ovzduší aerosolovými částicemi doprava a procesy s ní spojené (primární spalovací a nespalovací emise - resuspenze, otěry, koroze atd.) a emise z malých zdrojů. Ve vnitřním prostředí se k infiltrovaným částicím jako zdroj přidávají velmi významné aktivity uživatelů (ve školách jsou to děti), kdy ovšem výsledná úroveň znečištění závisí na dalších faktorech (úklid, vybavení prostor ....).

Průměrná hodnota suspendovaných částic frakce PM<sub>2,5</sub> v měřených třídách za celou dobu studie výjádřená jako hodnota za celou školu byla 16 µg/m<sup>3</sup>. Průměr za celou školu pouze za vyučovací hodiny včetně přestávek je 21,5 µg/m<sup>3</sup>.



Podle vyhlášky č. 6/2003 sb., Vyhláška, kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb platí pro vnitřní prostředí škol hodinový limit 80 µg/m<sup>3</sup>. Hodinových překročení limitu 80 µg/m<sup>3</sup> ve třídách bylo za celou dobu studie naměřeno celkem 6.

V průměru sice škola požadavku Vyhlášky č. 6/2003 Sb., vyhověla; ve třech třídách (č. 6, 12 a 17), ale byla hodinová hodnota stanoveného limitu ( $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) překročena.

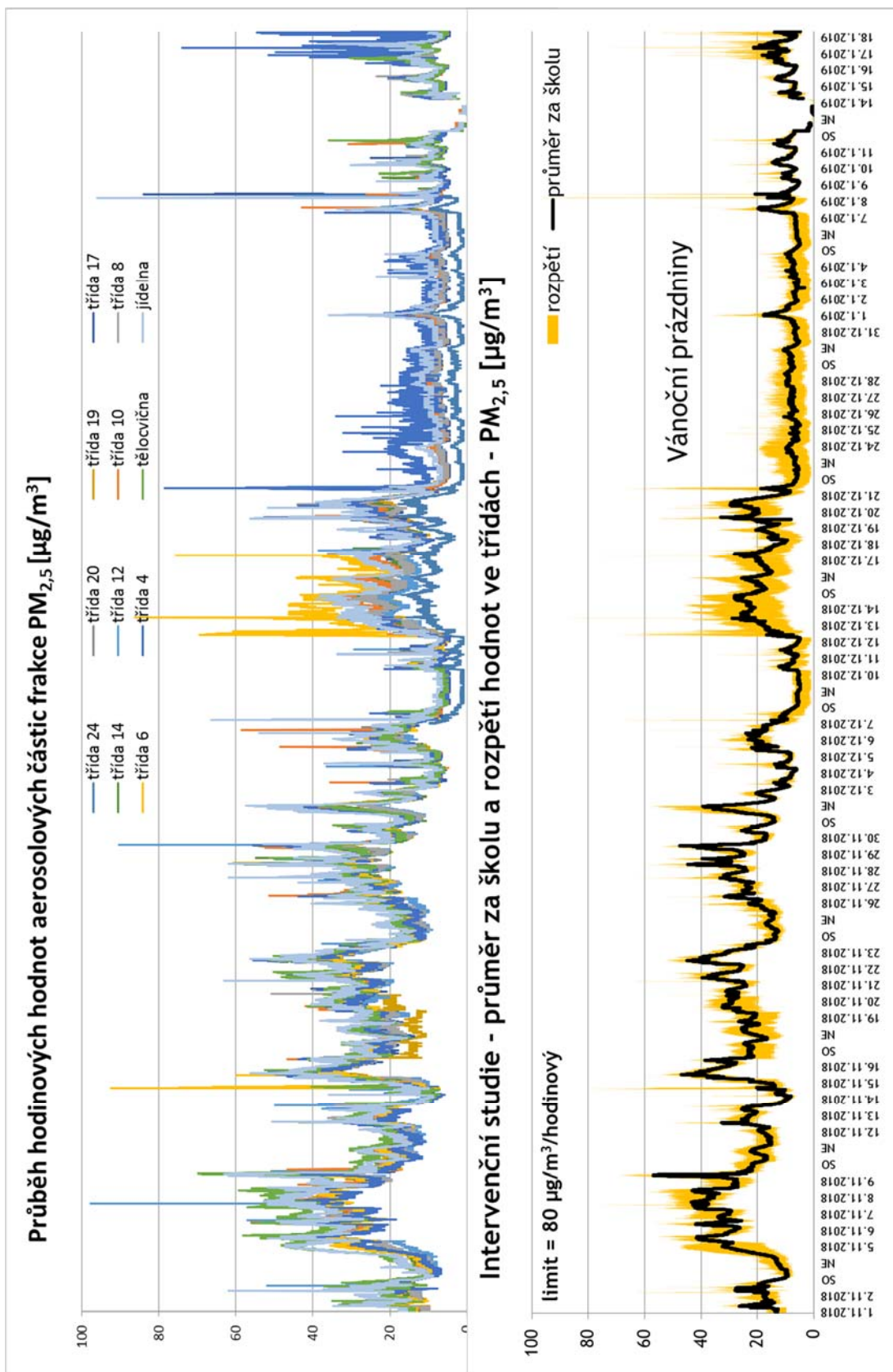
WHO uvádí, že při chronické expozici suspendovaným částicím frakce  $\text{PM}_{2,5}$  se redukce očekávané délky života začíná projevovat již od průměrných ročních koncentrací  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Krátkodobé překročení dvojnásobné hodnoty tj.  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bylo za celou dobu studie naměřeno v době vyučování ve všech 12 třídách 32 360 krát.

Vyšší hodnoty jsou až na výjimky měřeny ve třídách prvního stupně a v přízemí (průměry v době vyučování až  $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), kde se mohou ve vyšší míře kombinovat vliv infiltrace z okolních komunikací s vlivem prováděných aktivit a z vybavení místností. Hodnoty mají většinou standardní týdenní průběh (až na období od 12. do 21. prosince 2018, které nerespektuje obvyklé víkendové minimum).

#### Poznámka:

Při značné úrovni zjednodušení z 47 denního měření ve 12 měřených třídách v období studie, vychází v průměru na každý vyučovací den asi 4,75 hodiny, kdy v intervalu od 7:00 do 14:00 byla koncentrace  $\text{PM}_{2,5}$  ve třídě vyšší než  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

V rámci aktivit dětí ve třídě (a samozřejmě všech ostatních uživatelů) se do ovzduší dostávají primárně hrubší částice (frakce  $\text{PM}_{2,5-10}$ ), ale také nezanedbatelný podíl částic menších než  $2,5 \mu\text{m}$ , které se mohou dostávat až do dolních dýchacích cest.

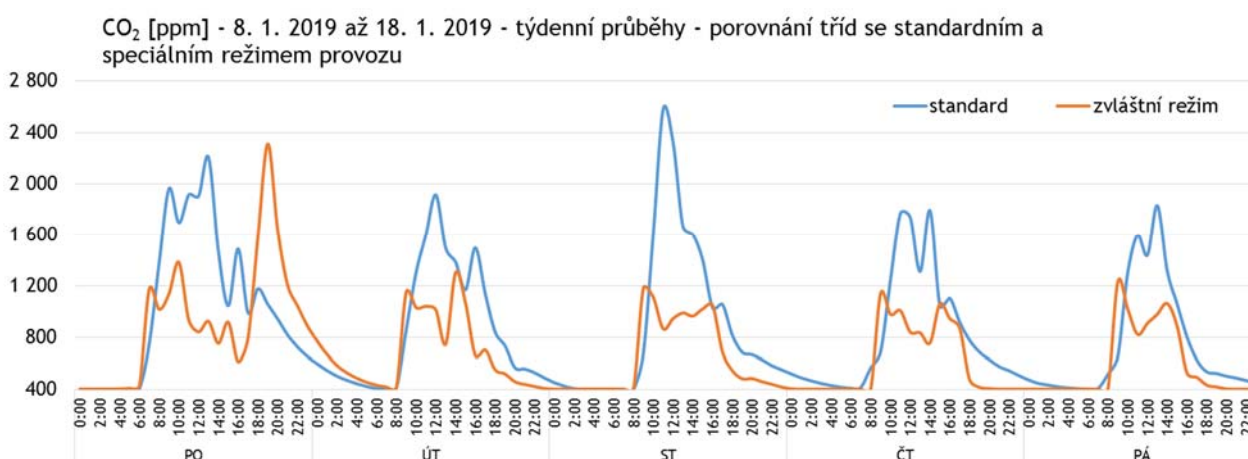


## Navazující část studie - ověření účinnosti navržených opatření ke zlepšení stavu vnitřního ovzduší

V průběhu 10 denního měření (od 8. do 18. ledna 2019) byly ve dvou třídách ZŠ Marjánka měřeny krátkodobé koncentrace oxidů dusíku, oxidu uhličitého, suspendovaných částic frakce PM<sub>2,5</sub>, hodnoty teploty a relativní vlhkosti. Tedy parametry, které byly v této škole (a vlastně nejenom v ní) vytipovány jako potenciálně problémové.

V jedné třídě (č. 4 v přízemí budovy, kmenová třída II. B) byla po celých deset dní striktně dodržována doporučení ke snížení znečištění ovzduší (strana 6 této zprávy) a ve druhé třídě (č. 14 ve třetím patře budovy, kmenová třída VII. C) zůstalo vše v režimu normálního/běžného provozu.

Data o kvalitě venkovního ovzduší byla převzata z 350 metrů vzdálené měřicí stacionární stanice ABRE (provozovatel ČHMÚ).



### 1. Oxid uhličitý - CO<sub>2</sub>

Graf prezentuje srovnání průběhů hodinových hodnot ve třídě s normálním a speciálním režimem.

Z měřených hodnot vyplývá, že opatření vedla k tomu, že hodnoty CO<sub>2</sub> ve třídě se zvláštním režimem v podstatě nepřekračovaly hodnoty 1 200 ppm (pondělní nárůst po 15:00 hodině způsobila pravděpodobně buď paní učitelka v družině, která nedodržela předepsaný režim větrání nebo jiná blíže neurčená událost).

V kontrolní třídě měřené koncentrace v maximech úspěšně atakovaly úroveň 2 500 ppm. Koncentrace začaly v obou třídách narůstat po 7 hodině ranní s maximy okolo velké přestávky a po obědě.

Aplikování navržených opatření během vyučování vedlo jednoznačně k pozitivnímu snížení hodnot oxidu uhličitého na přibližně poloviční úroveň proti kontrolní třídě.



## 2. Teplota ve třídě

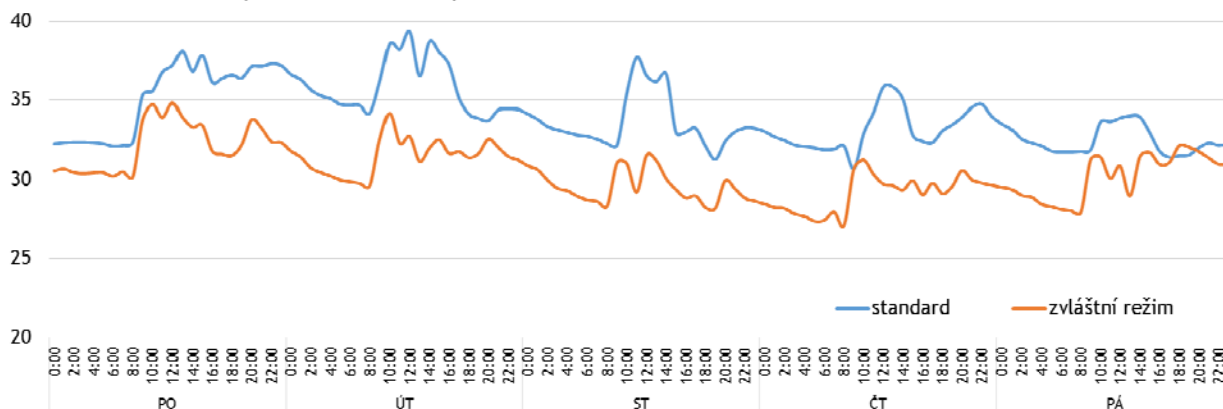
Teplota [°C] - 8. 1. 2019 až 18. 1. 2019 - týdenní průběhy - porovnání tříd se standardním a speciálním režimem provozu



Hodnoty teploty ve třídě se speciálním režimem samozřejmě ovlivnila vyšší intenzita větrání, přesto se, až na výjimečné hodnoty v pondělí, se teplota pohybovala ve vyhláškou stanoveném optimálním omezení  $22 \pm 2$  °C. Kontrolní třída byla sice více přetápěna (až 25 °C), ale hodnota  $t_{gmax}$  (28 °C) zde překročena nebyla. Takže vyšší intenzita větrání tento parametr negativně neovlivnila.

## 3. Relativní vlhkost

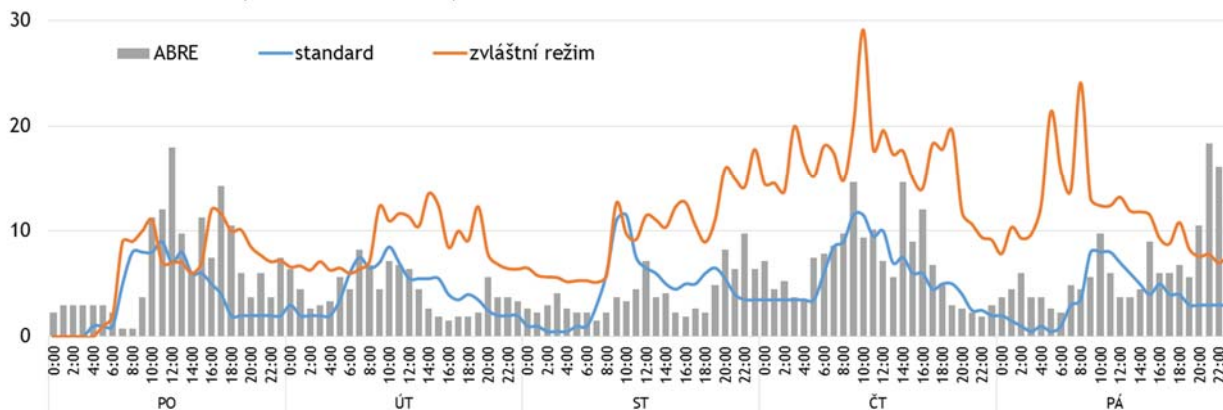
Relativní vlhkost [%] - 8. 1. 2019 až 18. 1. 2019 - týdenní průběhy - porovnání tříd se standardním a speciálním režimem provozu



Hodnoty relativní vlhkosti ve třídě se speciálním režimem samozřejmě ovlivnila vyšší intenzita větrání a nízká vlhkost ve venkovním ovzduší. Takže zatímco vlhkost v kontrolní třídě s normálním režimem se v daném období pohybovala mezi 26 až 43 % (průměrná hodnota v době vyučování 33 %), ve třídě se speciálním režimem byly měřené hodnoty v rozmezí 22 až 34 % s průměrnou hodnotou v období vyučování 28 %. V tomto jediném případě vyšší intenzita větrání tento parametr mírně negativně ovlivnila.

#### 4. Suspendované částice frakce PM<sub>2,5</sub>

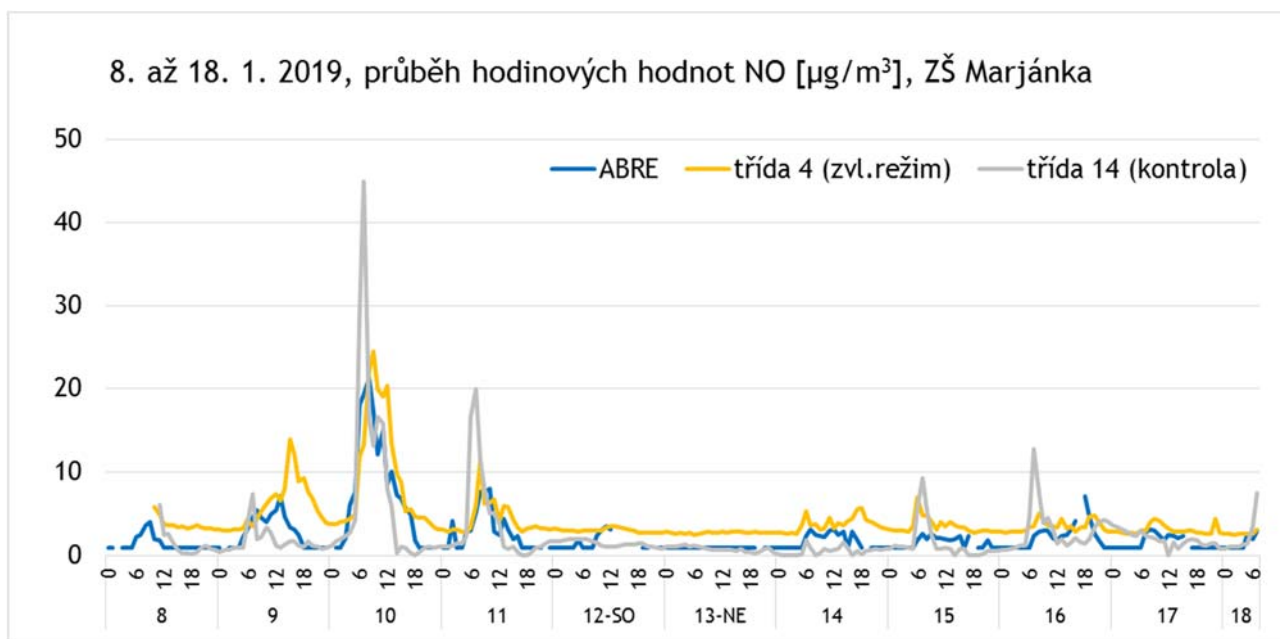
Frakce PM<sub>2,5</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] - 8. 1. 2019 až 18. 1. 2019 - týdenní průběhy - porovnání tříd se standardním a speciálním režimem provozu



Tady je interpretace naměřených hodnot trochu složitější. V první úrovni je zřejmé, že průběh hodnot frakce PM<sub>2,5</sub> ve třídách v období vyučování víceméně kopíruje průběh hodnot ve venkovním ovzduší. V druhé úrovni se prosazuje typ třídy a její umístění v rámci školy - kmenová třída nejmladších dětí v přízemí I. stupeň (č. 4 - 2. B.) proti třídě II. stupně ve III. patře budovy. Ve 2. B. je v zadní části místnosti koberec, stěny jsou vyzdobeny a aktivity dětí jsou zcela jiné (vyšší pohyb).

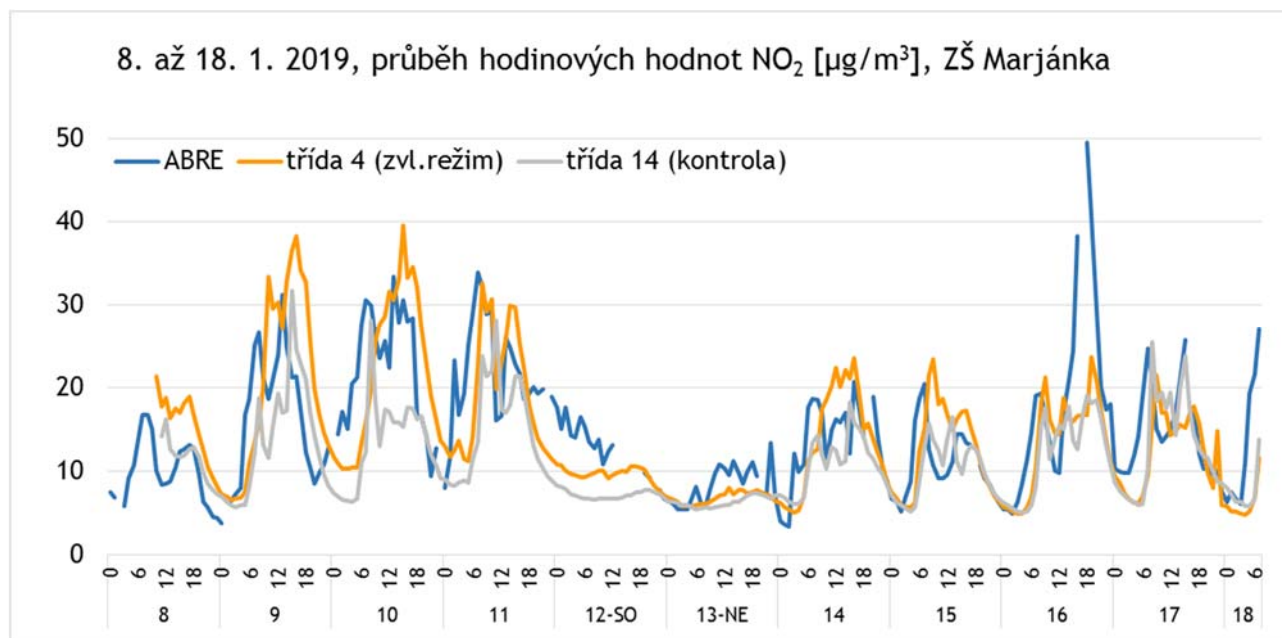
Odhad míry ovlivnění ve třídě navrženým režimem opatření je v podstatě nemožný.

#### 5. Oxid dusnatý a oxid dusičitý - NO a NO<sub>2</sub>



Zde lze hodnotit jak primárně emitovaný oxid dusný tak oxid dusičitý. V případě oxidu dusného je zřejmé, že koncentrace ve třídách věrně kopírovaly trend a průběh hodnot ve venkovním ovzduší. Dále, po většinu doby byly hodnoty v přízemní třídě č. 4. koncentrace

mírně vyšší, než ve třídě č. 14 ve třetím patře, kam se pravděpodobně pouze občas dostal oxid dusnatý transportovaný z Patočkovy ulice a z portálů obou tunelů v oblasti Malovanka. Navržená opatření neměla na infiltrovaný oxid dusnatý žádný dopad.



Pokud se hovořilo o shodě průběhu hodnot u oxidu dusnatého, pak mezi hodnotami oxidu dusičitého v obou měřených třídách a ve venkovním ovzduší jsou pouze v podstatě zanedbatelné rozdíly. Navržená opatření neměla na infiltrovaný oxid dusnatý žádný dopad, což může být způsobeno i tím, že tato fáze měření proběhla za příznivých rozptylových podmínek a hodnota limitu stanoveného Vyhláškou MZ ČR 6/2003 Sb. (100 µg/m<sup>3</sup>/hod) tak nebyla po dobu měření překročena.

## Závěr/shrnutí

V Základní škole Marjánka, Bělohorská 52 v Praze 6 byla v období od 1. 11. 2018 do 18. 1. 2019 sledována ve 12 třídách kvalita vnitřního ovzduší. Škola byla vybrána pro realizaci intervenční studie projektu InAirQ zaměřené na vliv dopravy na kvalitu vnitřního ovzduší ve třídách. Podle zadání projektu měla studie popsat možný dopad/vliv okolní dopravy na kvalitu vnitřního prostředí ve škole a měla být navržena a ověřena možná opatření ke zlepšení stavu.

Byly sledovány základní, a potenciálně problémové indikátory kvality vnitřního ovzduší tj. mikroklimatické parametry (teplota a relativní vlhkost) a koncentrace oxidu uhličitého a suspendovaných částic frakce PM<sub>2,5</sub>. Při ověřování navržených opatření bylo měření doplněno kontinuálním měřením oxidů dusíku.

První část studie mezi 1. listopadem 2018 a 8 lednem 2019 sloužila k deskripci stavu ve škole a v jednotlivých třídách a k pochopení vlivu existujících faktorů. V druhé části studie od 8. do 18. ledna 2019 byl ověřován účinek navržených režimových netechnologických opatření na zlepšení kvality ve třídách.

Navržená opatření, při zachování tepelné pohody ve třídě, vedla ke snížení vnitřní koncentrace CO<sub>2</sub>, ale neměla žádný vliv na hodnoty oxidů dusíku reprezentujících vliv okolní dopravy. V případě prašnosti se významnějším faktorem ukázalo vybavení tříd (např. koberec).

Zpracoval: RNDr. B. Kotlík, Ph.D., redigovala Ing. M. Mikešová

Schválila: MUDr. H. Kazmarová, garant projektu

.....

V Praze září 2019

Další informace o projektu InAirQ lze dohledat na:

webových stránkách SZÚ - viz: <http://www.szu.cz/inairq-1>), kde jsou i odkazy na další informace včetně již vydaných Newsletterů projektu.

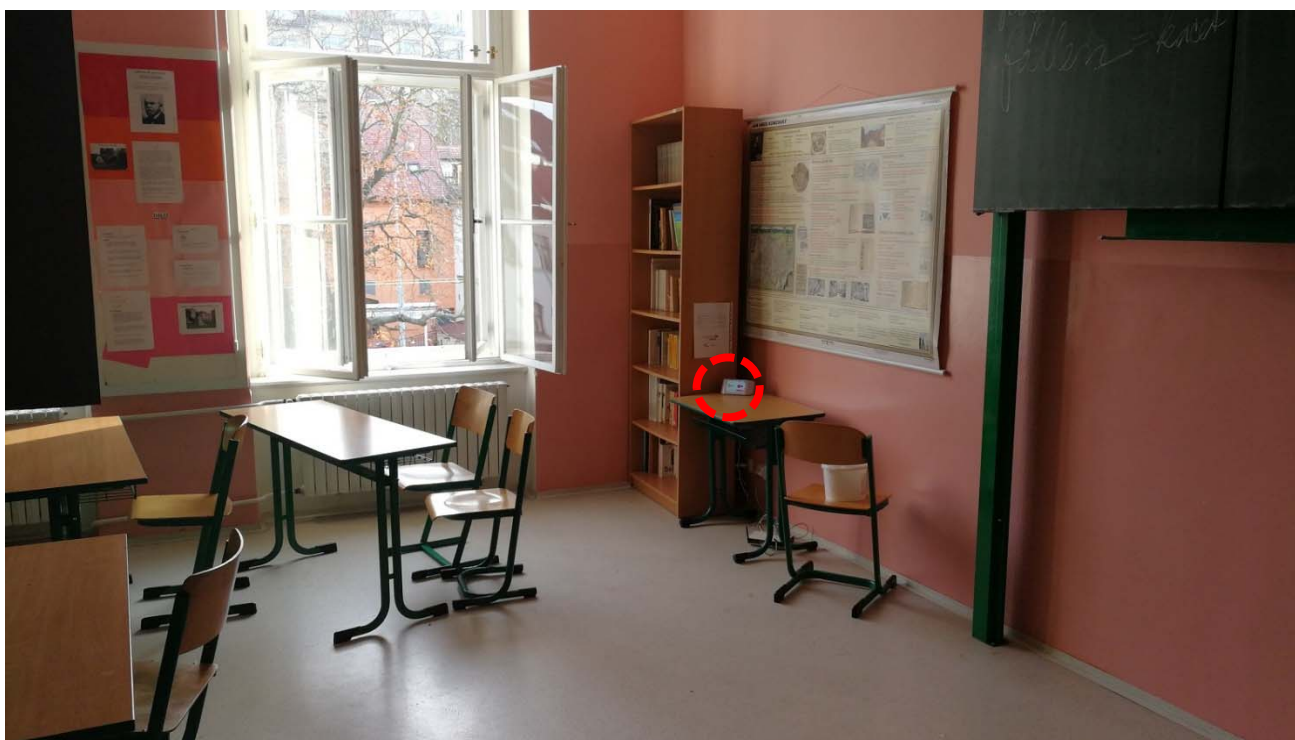
Facebooku - viz: <https://www.facebook.com/InAirQCeska/>

## 1 Příloha - fotodokumentace, umístění senzorů ve třídách

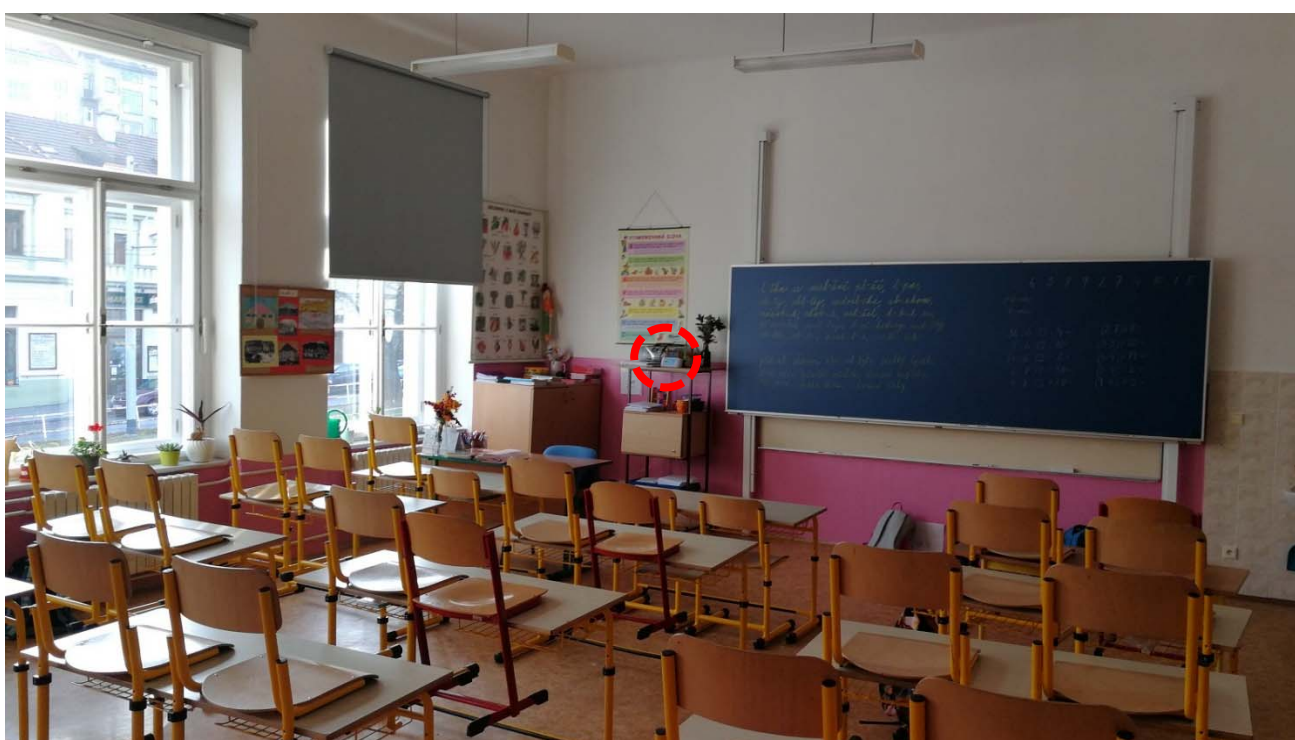
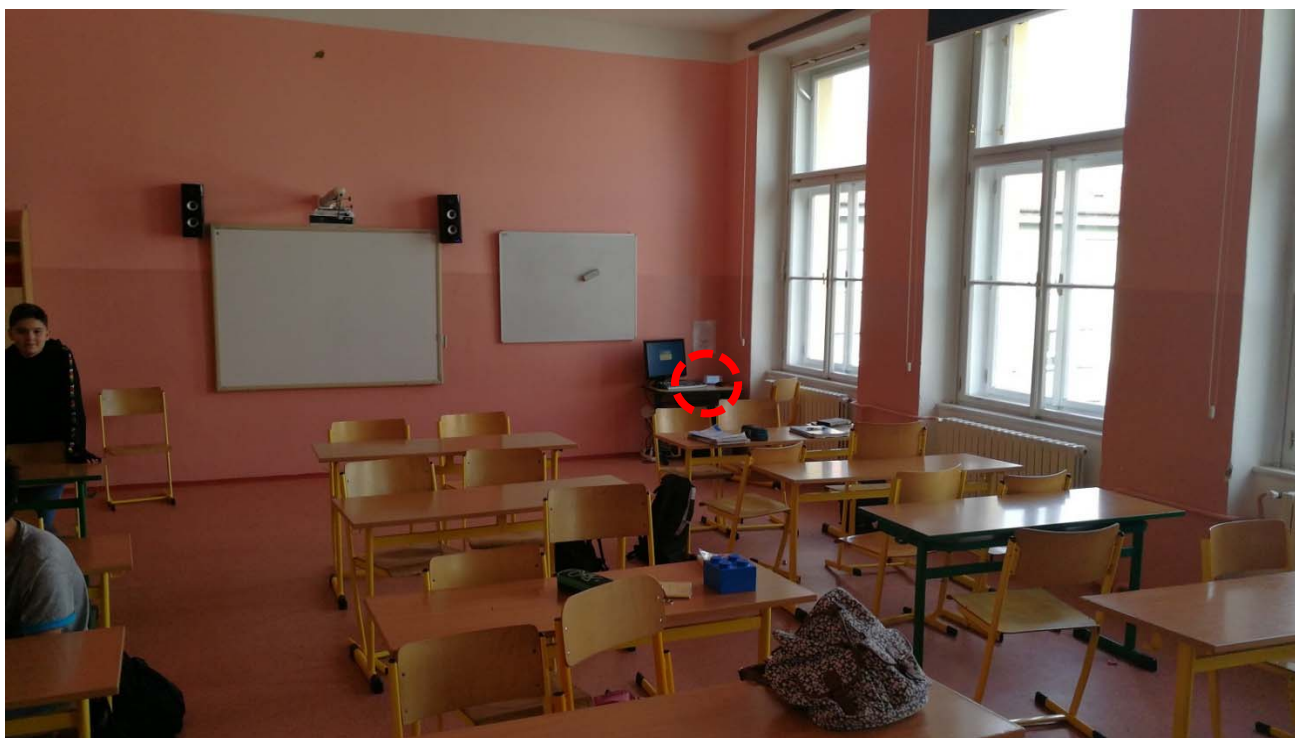


IV. patro - třídy 24 a 20

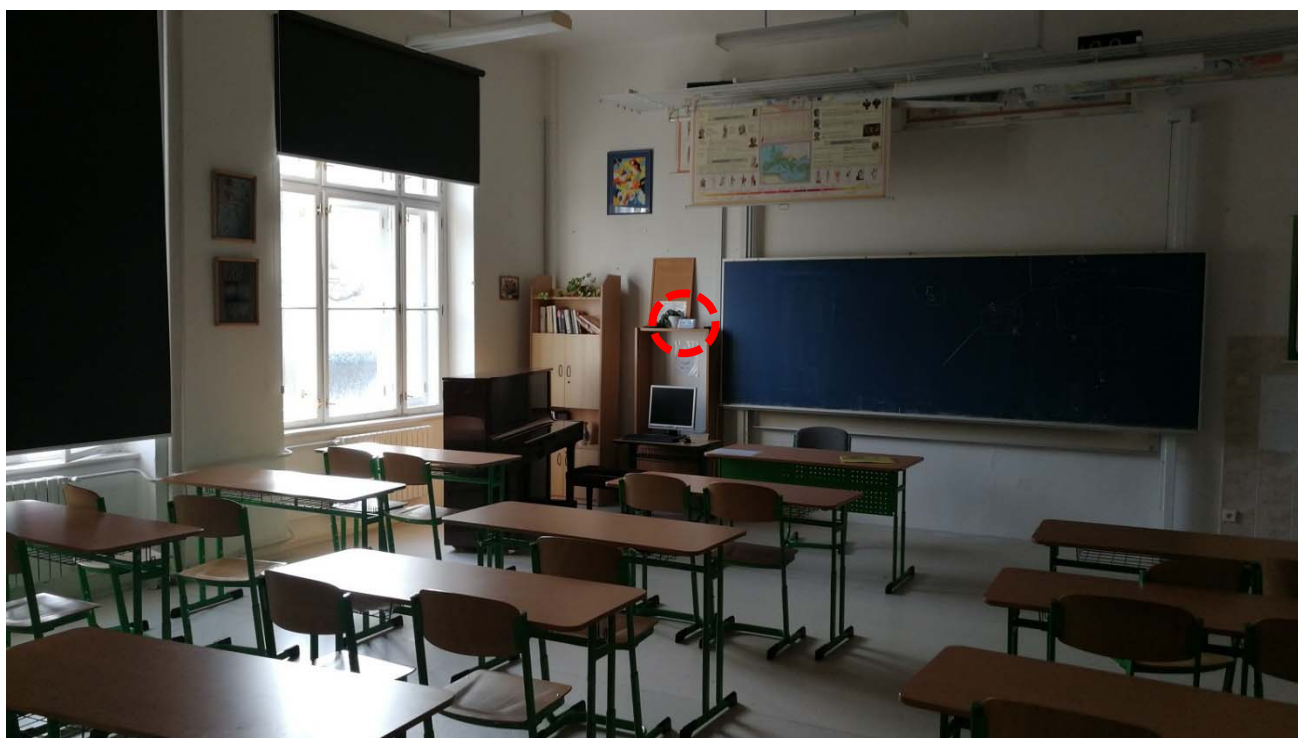
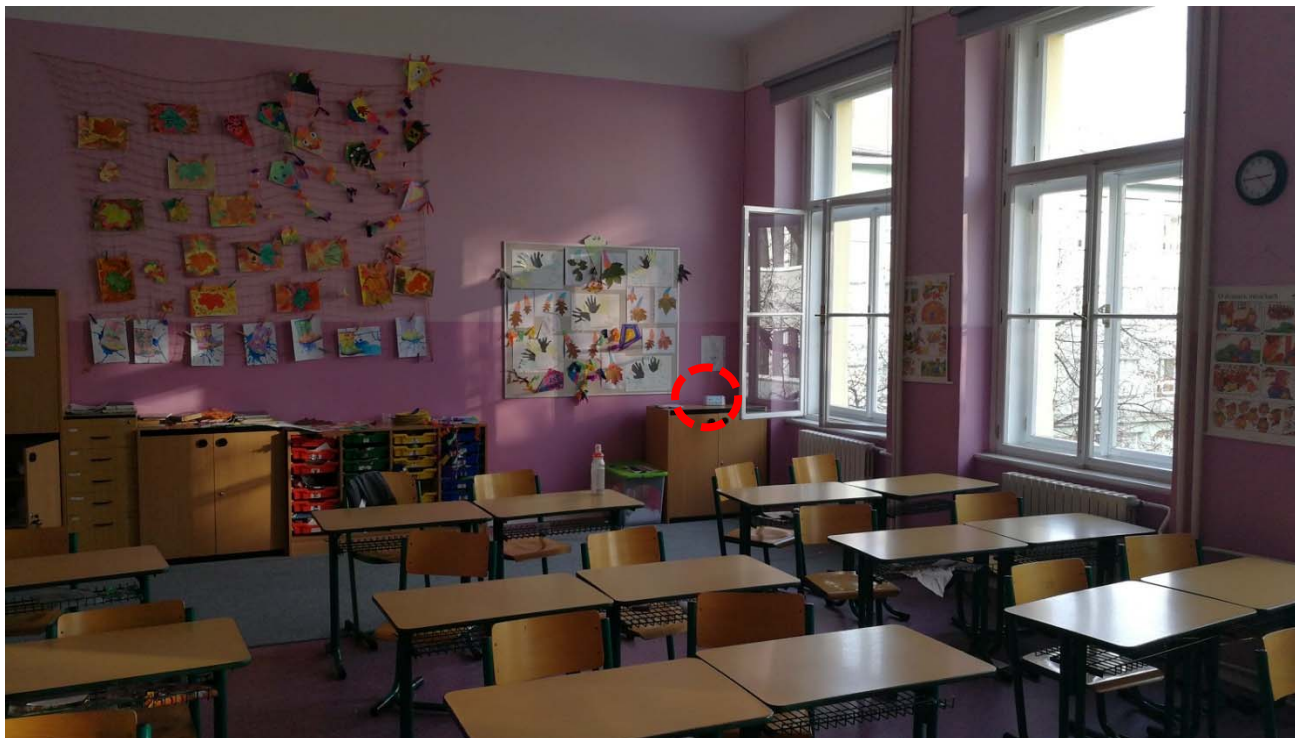
III. patro - třídy 19 a 17



III. patro třída 14 a II. patro třída 12

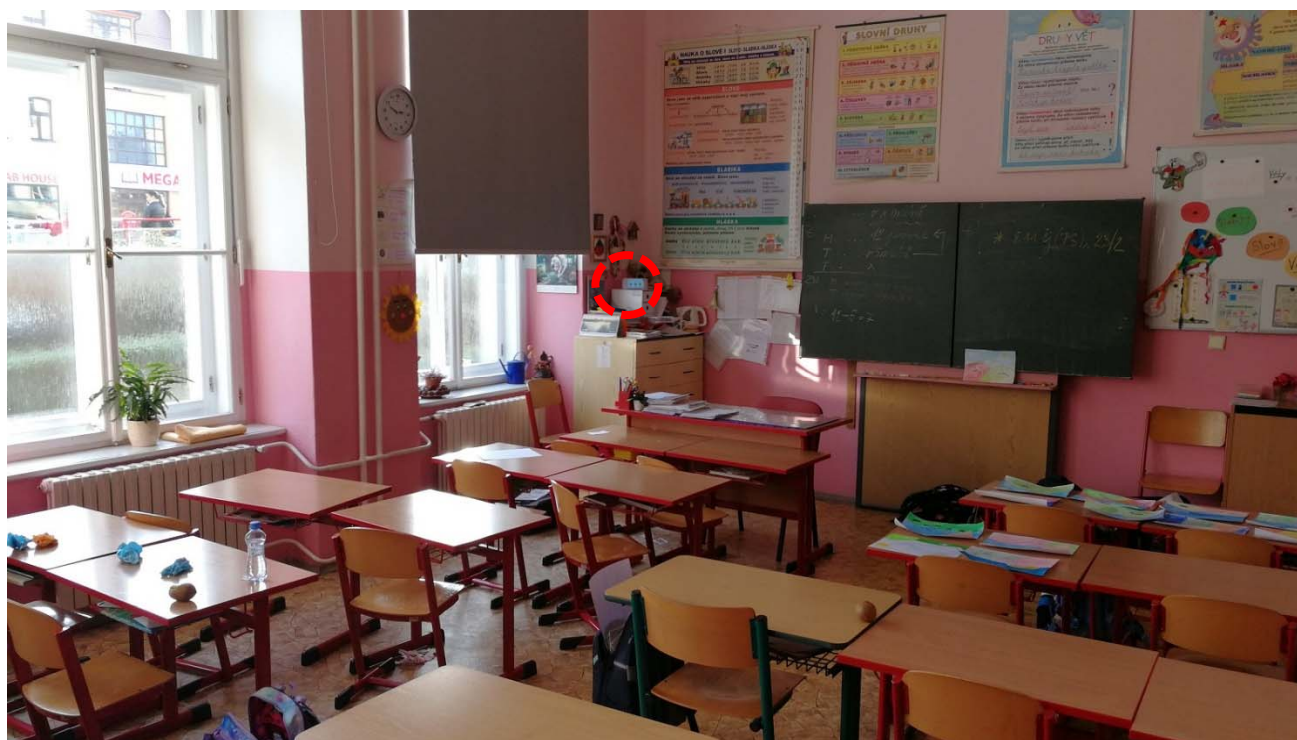


II. patro - třídy 10 a 8





I. patro - třídy 6 a 10



I. patro - tělocvična a suterén - jídelna

