MĚŘENÍ KVALITY OVZDUŠÍ V MATEŘSKÝCH ŠKOLÁCH

AIR QUALITY MEASUREMENT IN KINDERGARTENS

BOHUMIL KOTLÍK¹, LENKA PEKAŘOVÁ¹, HELENA KAZMAROVÁ¹, MIROSLAVA MIKEŠOVÁ¹,
VĚRA VRBÍKOVÁ¹, LADISLAVA MATĚJŮ¹, ZDEŇKA VANDASOVÁ²

¹*Státní zdravotní ústav, Centrum zdraví a životního prostředí, Praha*

²*Státní zdravotní ústav, Ústředí monitoringu zdravotního stavu obyvatelstva, Praha*

SOUHRN

Kvalita ovzduší v interiéru je ovlivněna řadou zdrojů znečištění a lze ji zlepšit kontrolou těchto zdrojů a účinným větráním. Významným faktorem ovlivňujícím interiér je i venkovní ovzduší, které může být znečištěno blízkými dopravními nebo průmyslovými zdroji. Studie realizovaná v období 2015 až 2016 byla zaměřena na deskripci životního prostředí specifické populační skupiny – dětí navštěvujících mateřské školy. Záměrem bylo aktualizovat a rozšířit informace o výskytu látek ve vnitřním ovzduší mateřských škol, jejich trendech, o existujících zdrojích a o problémech a spolupůsobících vlivech.

Součástí studie byl multifaktoriální dotazník předložený rodičům dětí skládající se celkem ze šesti částí, které obsahovaly kromě obecných otázek dotazy na zdravotní stav dítěte, jeho časový rozvrh, informace o stravovacích návycích, otázky k domácímu prostředí dítěte a otázky na socioekonomický stav rodiny.

Klíčová slova: ovzduší vnitřní – kvalita, mateřská škola, studie

SUMMARY

Indoor air quality is always influenced by a number of sources of pollution and can be improved by controlling (minimizing the impact) these sources and by efficient ventilation. An important factor influencing the interior is also the outdoor air, which can be contaminated by nearby transport or industrial sources. Studies conducted between 2015 and 2016 focused on describing the environment of a specific group – children attending kindergartens. The intention was to update and expand information on the occurrence of substances in the indoor environment of kindergartens, their trends, existing resources, and problems and cooperative influences.

A part of the study was a multifactorial questionnaire submitted to parents of children, consisting of six parts, which included, in addition to general questions, questions about the child's health, its timetable, and information on eating habits, questions about the domestic environment of the child, and questions about the socio-economic state of the family.

Key words: indoor air quality, kindergarten, study

<https://doi.org/10.21101/hygiena.a1610>

Úvod

Kvalita ovzduší v interiéru je vždy ovlivněna řadou zdrojů znečištění, významným faktorem ovlivňujícím interiér je i venkovní ovzduší, které může být zasaženo blízkými dopravními nebo průmyslovými zdroji. Měření kvality vnitřního ovzduší je proto součástí Systému monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ČR ve vztahu k životnímu prostředí – Subsystému I. Zdravotní důsledky a rizika znečištění ovzduší. Po základních školách (období 2006 až 2008) (1) byly v topné sezóně 2015–2016 proměřeny mateřské školy. Projekt byl zaměřen na deskripci životního prostředí specifické populační skupiny – dětí navštěvujících mateřské školy. V městech nad 100 tisíc obyvatel bylo proměřeno celkem 25 mateřských škol. V každé z nich byla změřena vždy 1 třída a souběžně byla sledována i kvalita venkovního ovzduší v blízkosti měřené budovy. Záměrem

bylo aktualizovat, doplnit a rozšířit informace o problémech, o výskytu látek ve vnitřním ovzduší mateřských škol, o existujících zdrojích znečištění ovzduší a o spolupůsobících vlivech.

Primárním cílem projektu bylo zpracování podkladů pro příslušná doporučení, včetně doporučení týkajících se např. stavebních či užžitných materiálů a režimu jejich provozu, a tím zlepšení kvality prostředí v mateřských školách.

Další dílčí cíle projektu byly:

- Popsat rozsah koncentrací předem specifikovaných potencionálních škodlivin a hodnot parametrů kvality prostředí (mikroklima, prach, mikrobiologické parametry) ve vnitřním ovzduší vybraných mateřských škol. U látek, pro které jsou vyhláškou MZ ČR č. 6/2003 Sb. (2), stanoveny limity, vyhodnotit frekvenci překročení/překračování stanovených limitních hodnot.
- Kvantifikovat ve školách vliv venkovního ovzduší na zátěž prostředí částicemi.

- Formou dotazníkového šetření popsat soubory dětí z měřených školek, zjistit výskyt respiračních a alergických onemocnění u dětí a identifikovat důležité faktory prostředí školek a životního stylu rodin, které by mohly mít vliv na výskyt těchto onemocnění.

Při řešení projektu SZÚ spolupracoval s odbory HDM místně příslušných krajských hygienických stanic a v oblasti zajištění měření a laboratorních činností se Zdravotním ústavem se sídlem v Ostravě a Zdravotním ústavem se sídlem v Ústí nad Labem. Finanční krytí projektu zajistilo MZ ČR.

Metodika

Projekt byl zpracován pro pět měst v ČR – pro Prahu, Brno, Ostravu, Plzeň a pro Liberec – tj. sídla nad 100 tisíc obyvatel, kde bylo možno předpokládat stratifikaci umístění mateřských škol vzhledem k zastoupení různých typů zdrojů.

V každém z pěti měst bylo ve spolupráci s pracovníky HDM KHS vybráno vždy 5 školek. V rámci možností byly vybírány mateřské školy spadající do určité typové kategorie podle SZÚ zpracované a používané kategorizace typů městských lokalit (3). Projekt tak pokrýval nejvýznamnější typy městských lokalit – od nezatížených dopravou, přes dopravně zatížené, po školky v průmyslem exponovaných oblastech. Přitom platí, že ne všechny typy lokalit se vyskytovaly v každém městě.

Dotazníkové šetření

Součástí projektu bylo dotazníkové šetření. Použity byly dva typy dotazníků vycházející z mezinárodního projektu Sinfonie (4). Prvním byl dotazník „školka“ představující deskriptor školky a měřeného prostoru tj. třídy; dotazník byl vyplňován vždy v průběhu měření společně s odpovědným zástupcem školky. Druhý dotazník zaměřený na děti v proměřených třídách vyplnili rodiče, kteří byli s žádostí o spolupráci osloveni formou dopisu. Dotazník se skládal celkem ze šesti částí, které obsahovaly kromě obecných otázek dotazy na zdravotní stav dítěte, jeho časový rozvrh, informace o stravovacích návycích, otázky k domácímu prostředí dítěte a otázky na socioekonomický stav rodiny.

Organizace měření a použité postupy

Rozsah měřených parametrů kvality prostředí

Ve vnitřním prostředí mateřských škol i jejich nejbližším okolím byly měřeny:

- chemické faktory – těkavé organické látky (benzen, toluen, suma xylenu, etylbenzen, styren, tetrachloreten, limonen, alfa-pinen a dále aceton, acetaldehyd, formaldehyd);
- fyzikální faktory – teplota, vlhkost, hmotnostní koncentrace frakcí PM_{10} , $PM_{2,5}$ a $PM_{1,0}$, distribuce počtu submikrometrických frakcí částic;
- biologické faktory – mikroorganismy, plísně;
- charakteristika výměny vzduchu (indikátor koncentrace CO_2).

Pozn.: Rozsah měřených parametrů vycházel z výsledků studie realizované v základních školách v letech 2006–2008. Byl rozšířen o vybrané těkavé organické látky, které by podle posledních odborných studií mohly mít negativní vliv na zdraví (alfa-pinen, limo-

nen, aceton, acetaldehyd) a bylo doplněno měření biologických faktorů.

Metodika měření

V topné sezóně (v optimálním případě za venkovních teplot $\leq 10^\circ C$) byla v každé školce proměřena vždy jedna třída. *Měřeny byly vždy prostory, kde si děti hrají a spí, současně byly zaznamenávány činnosti, které měřené hodnoty mohly ovlivnit.*

Měřený interval (školky a venkovní ovzduší, kde odběry probíhaly v blízkosti měřené budovy – zahrada, hřiště):

- Fyzikální faktory – měřeno vždy od cca 6:30 (podle provozu školky) do ukončení spaní dětí + jedna hodina navíc (maximálně do 16:00). Odběry vzorků vnitřního ovzduší probíhaly ve výši maximálně 1 m nad podlahou.
- Biologické faktory – v režimu „pět opakování“ bylo měřeno vždy jedno místo ve vnitřním prostředí, z toho 1x před příchodem personálu a dětí, 1x po intenzivním 20 minutovém větrání a 1x po dvou hodinách pobytu dětí, ve venkovním ovzduší bylo provedeno jedno měření.
- Měření těkavých organických látek pomocí pasivních vzorkovačů – vždy jeden pracovní týden (po až pá), vzorkovače byly umístěny ve volném prostoru pod stropem;
- Pracovník měřicí/odběrové skupiny ZÚ/SZÚ vždy vyplnil průvodní list k měření a zajistil komplexní fotodokumentaci.

Analytické postupy

Měření a odběr vzorků vnitřního prostředí probíhaly přísně podle požadavků aktualizovaného metodického návodu a jednotných vzorkovacích a analytických postupů, které spolupracující zdravotní ústavy obdržely před zahájením realizační fáze projektu. Laboratorní analýzy těkavých organických látek po odběru pasivními dozimetry zajišťovala pro Prahu, Ostravu a Brno laboratoř ovzduší SZÚ, pro Plzeň a Liberec laboratoř ZÚ se sídlem v Ústí nad Labem. Mikrobiologické rozborů prováděla jednotlivá pracoviště.

- *Měření těkavých organických látek pomocí pasivních vzorkovačů.* Pro stanovení těkavých organických látek byly použity pasivní vzorkovače, které obsahovaly trubičky naplněné aktivním uhlím (Radiello 130) nebo pro stanovení aldehydů a ketonů trubičky s náplní silikagelu pokrytého dinitrofenylhydrazinem (Radiello 165). Hmotnostní koncentrace organických látek byly stanoveny metodou plynové chromatografie s hmotnostním detektorem, který umožňuje kvantifikaci i identifikaci neznámých látek.
- *Měření průběhu hmotnostních koncentrací frakcí PM_{10} , $PM_{2,5}$ a $PM_{1,0}$ a distribuce počtu submikronových frakcí částic.* Pro stanovení aerosolových částic byly použity kontinuální nefelometrické analyzátory Grimm, které jsou založeny na měření rozptylu záření na povrchu částic procházejících měrnou celou. Primárně byly měřeny počty částic 32 velikostních frakcí. Podle výrobcem stanoveného algoritmu byly dále vyhodnocovány hmotnostní koncentrace frakcí PM_{10} , $PM_{2,5}$ a $PM_{1,0}$ v $\mu g/m^3$. Byly použity dva typy přístrojů, Grimm 1.109, který umožňoval souběžné měření hmotnostních koncentrací a počtu částic a Grimm 1.108 (v Ostravě a

v Brně), který pracoval vždy pouze v jednom módu. Zde byly v měřicí den vyhodnocovány pouze hmotnostní koncentrace.

- *Měření mikroklimatických faktorů a oxidu uhličitého.* Použity byly kontinuální analyzátory Testo (typ 445 nebo 435), s odporovým čidlem NTC pro měření teploty a kapacitním vlhkoměrem pro měření vlhkosti. Pro měření CO₂ je zde využívána infračervená spektroskopie. Pro měření teploty a vlhkosti venkovního ovzduší byla používána čidla umístěná např. v mobilní měřicí jednotce.
- *Měření biologických faktorů.* (Měření byla v pěti opakovaných prováděna aeroskopy typu MAS 100, MAS 100 – ECO a BIOMER – Air Ideal.)

Bylo prováděno stanovení celkového počtu životaschopných mikroorganismů (CPM) vyrostlých na selektivní kultivační půdě při 30 °C a stanovení celkových počtů plísní a kvasinek (CP) vyrostlých na selektivní kultivační půdě při 25 °C. Vzorkování ovzduší bylo prováděno přístrojem Aeroskop na Petriho misku s agarem. Po předepsané inkubaci byl proveden odečet narostlých kolonií a stanoven počet mikroorganismů (KTJ) na 1 m³ vzduchu. Odběr venkovního ovzduší se prováděl na stejné straně budovy, jako byla větrací okna měřené místnosti.

Stanovení koncentrace bakterií a plísní v ovzduší vnitřního prostředí se provádí tak, že se místnost 20 minut důkladně vyvětrá, uzavrou se okna a po další jedné hodině od uzavření oken se provede měření (měření B). Ve všech školkách se nepodařilo provést měření B bez přítomnosti dětí, proto nejsou hodnoty koncentrací pro jednotlivé školky mezi sebou porovnatelné. Pro monitoring vnitřního ovzduší v mateřské škole byla provedena další měření, a to měření A, které se provádělo hned po otevření školky před příchodem dětí a personálu. Měření C bylo prováděno po 1–2 hodinách přítomnosti a aktivní činnosti dětí. Hodnota V náleží koncentraci plísní a bakterií ve venkovním ovzduší.

Postup měření uvedený v příloze 3 vyhlášky MZ ČR č. 6/2003 Sb. stanovuje provádět dvě opakování (záchyt na 2 misky) s intervalem 10 minut. V této studii bylo prováděno 5 opakování, s cílem ověřit správnost postupu založeného na dvou opakováních. Zjištěné hodnoty byly statisticky zpracovány, byly vyhodnoceny směrodatné odchylky a jako míra relativního rozptylu dat byly vyhodnoceny variační koeficienty pro 5 opakování. Oproti postupu uvedenému v příloze 3, vyhlášky č. 6/2003 Sb., byla upravena výška místa nasávání vzduchu, která byla přizpůsobena výšce dětí ve školkách tj. na 110–120 cm.

Legislativní požadavky

Limitní hodnoty jsou uvedeny ve vyhlášce č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby ve znění vyhlášky č. 20/2012 Sb. (5), ve vyhlášce č. 6/2003 Sb. (2), kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytočných místností některých staveb, a ve vyhlášce č. 410/2005 Sb. (6), o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých ve znění vyhlášek č. 343/2009 Sb. a č. 465/2016 Sb.

- Příloha č. 1. vyhlášky č. 6/2003 Sb. stanovuje požadavky na mikroklimatické parametry (teplota, relativ-

ní vlhkost a na proudění vzduchu). V topném období by se vnitřní teplota měla pohybovat v rozmezí 22,0 ± 2 °C a relativní vlhkost by neměla klesnout pod 30 %.

- Příloha č. 2. vyhlášky č. 6/2003 Sb. stanovuje limitní hodinové koncentrace chemických ukazatelů (tab. 1).
- V paragrafu 5, bod 2 vyhlášky č. 6/2003 Sb. jsou stanoveny limity výskytu mikroorganismů – požadavky na kvalitu vnitřního prostředí staveb s výjimkou prostorů vyžadujících zvýšené nároky na jeho čistotu se pokládají za splněné, nepřekročí-li koncentrace bakterií (CPM) 500 kolonie tvořících jednotek na 1 m³ (dále jen „KTJ/m³ vzduchu“) a koncentrace plísní (CP) 500 KTJ/m³ při stanovení koncentrace mikroorganismů po odběru aeroskopem.
- Vyhláška MMR č. 20/2012, kterou se mění vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby pak stanoví v článku II, § 11, odstavec 5 limit pro oxid uhličitý: „jeho koncentrace nesmí ve vnitřním vzduchu překročit 1 500 ppm“.

Výsledky

Výsledky jsou detailně popsány v závěrečné zprávě na webových stránkách SZÚ (7).

Deskripce proměřených mateřských škol

- Ve vybraném souboru byly zastoupeny různé typy obytných městských lokalit:
 - 6 školek (24 %) se nacházelo v městské lokalitě bez dopravní a průmyslové zátěže (kategorie 2);
 - 6 školek (24 %) v městské lokalitě s mírnou až střední (< 5 000 vozidel/24 hodin) dopravní zátěží (kategorie 3, 4);
 - 9 školek (36 %) se nacházelo v dopravně exponované (> 5000 vozidel/24 hodin) lokalitě (kategorie 5, 6);

Tab. 1: Limitní hodinové koncentrace chemických ukazatelů a prachu

Ukazatelé	Jednotka	Limit ⁴⁾
Oxid dusičitý	µg.m ⁻³	100
Frakce prachu PM ₁₀ ¹⁾	µg.m ⁻³	150
Frakce Prachu PM _{2,5} ²⁾	µg.m ⁻³	80
Oxid uhelnatý	µg.m ⁻³	5 000
Ozón	µg.m ⁻³	100
Azbestová a minerální vlákna ³⁾	počet vláken.m ⁻³	1 000
Amoniak	µg.m ⁻³	200
Benzen	µg.m ⁻³	7
Toluen	µg.m ⁻³	300
Suma xylenu	µg.m ⁻³	200
Styren	µg.m ⁻³	40
Etylbenzen	µg.m ⁻³	200
Formaldehyd	µg.m ⁻³	60
Trichloretylen	µg.m ⁻³	150
Tetrachloretylen	µg.m ⁻³	150

¹⁾Frakce prachu PM₁₀ – prachové částice vykazující pro aerodynamický průměr 10 µm odlučovací účinnost 50 %. ²⁾Frakce prachu PM_{2,5} – prachové částice vykazující pro aerodynamický průměr 2,5 µm odlučovací účinnost 50 %. ³⁾Průměr vlákna < 3 µm, délka vlákna ≥ 5 µm, poměr délky a průměru vlákna je > 3 : 1. ⁴⁾Limity jsou stanoveny pro koncentrace látek vztažené na standardní podmínky

- 4 školky (16 %) byly v průmyslové lokalitě (kategorie 8 až 10).
- Stáří školek se pohybovalo v rozmezí 3–139 let.
- Budovy školek byly převážně cihlové (68 %), část školek byla z betonu (24 %), dále byla v měřeném souboru 1 školka z dřevotřískových materiálů a 1 školka kontejnerová.
- Školky se lišily také maximální kapacitou dětí, kdy 28 % školek mělo kapacitu < 50 dětí, 44 % školek mělo kapacitu 50–100 dětí a 28 % školek mělo kapacitu > 100 dětí.
- Velikost měřených tříd se pohybovala v rozmezí od 48 do 128 m².
- Ve většině měřených tříd byl na části podlahy položen koberec a na části plochy byla omyvatelná podlahová krytina (PVC), plovoucí podlaha, marmoleum nebo korek. Pouze v jediné školce byl v měřené třídě položen celoplošný koberec.
- V každé třídě se úklid provádí minimálně jednou denně (častěji v topné sezóně), buď ráno před příchodem dětí do školky, v době procházky nebo spaní dětí nebo večer po odchodu dětí. V převážné většině tříd je prováděn úklid hadrem namokro a vysavačem, pouze v jedné třídě s celoplošným kobercem byl používán pouze vysavač.
- Pět měřených tříd (20 %) bylo vybaveno čističkou vzduchu.

Deskripce souboru dětí v měřených třídách

Celkem se od rodičů podařilo získat 340 vyplněných dotazníků, což představuje více než 50% respondenci.

- V popisovaném souboru 340 dětí bylo celkem 159 dívek (47 %) a 181 chlapců (53 %). Věk dětí se pohyboval v rozmezí od 2,5 roku do 7 let. Školky se nelišily zastoupením chlapců a dívek, ale věkem dětí.
- U 14 dětí (4 % z celého souboru) rodiče uvedli astma diagnostikované lékařem, z toho 10 dětí pravidelně užívalo léky na astma. Tyto léky také užívalo 6 dětí, kterým astma diagnostikováno nebylo, pravděpodobně např. kvůli chronickému kašli.
- U 46 (13,5 %) dětí rodiče uvedli výskyt alergického onemocnění, ve 32 případech (9 %) bylo alergické onemocnění potvrzeno lékařem. Alergii na pyl mělo 29 dětí (8,5 %), lékařem potvrzenou alergii na pyl 18 dětí (5,3 %). Téměř třetina dětí měla někdy ekzém (99 dětí) u 80 dětí (24 %) byl ekzém potvrzen lékařem. U 206 dětí (61 %) se vyskytovalo alergické onemocnění v rodině.

Domácí prostředí sledovaných dětí:

- Z 337 dětí bylo 29 dětí (9 %) denně nebo alespoň někdy doma vystaveno tabákovému kouři, naopak 308 dětí nebylo tabákovému kouři v domácnosti vystaveno vůbec.
- V ložnici dětí je na podlaze nejčastěji koberec (44 %), dřevo nebo parkety uvedlo 34 % rodičů, vinyl/PVC je v 21 % dětských ložnic. Stěny dětských pokojů jsou nejčastěji natřeny vodě rozpustnou barvou (82 %), cca 10 % rodičů uvedlo tapety.
- Domácí zvíře v bytě mělo 154 z 339 dětí (45 %).
- Klimatizace/úprava vzduchu je instalována ve 14 (4 %) domácnostech, čistička vzduchu v 21 (6 %) a zvlhčovač ve 38 (11 %) domácnostech dětí z hodnoceného souboru.

Fyzikální parametry ve vnitřním prostředí měřených škol

Teplota

Zatímco průměrná hodnota teploty za všechny proměřené mateřské školy byla přesně na úrovni středu doporučeného rozmezí (21,9 °C) a maximální naměřená střední hodnota ve třídě (23,8 °C) doporučený rozsah nepřekročila, v jedné školce průměrná hodnota (19 °C) nesplnila požadavky vyhlášky č. 6/2003 Sb. V osmi mateřských školách (32 %) maximální naměřené krátkodobé hodnoty překračovaly povolené rozpětí.

Relativní vlhkost

Podle očekávání, (měření v zimní – topné sezóně) byl vyšší podíl prostor s nízkou relativní vlhkostí (kde byly naměřeny hodnoty pod 30 %) a ve třech případech (12 %) byla průměrná hodnota za celou dobu měření nižší než požadovaných 30 %.

Oxid uhličitý (CO₂)

V deseti třídách (40 %) hodnoty CO₂ překročily vyhláškou MMR č. 20/2012 Sb. stanovený limit 1 500 ppm, v dalších devíti třídách (36 %) překročily maximální měřené hodnoty 1 200 ppm CO₂. V přibližně třech čtvrtinách měřených tříd (viz tab. 2) tedy dosáhly měřené koncentrace hodnot, které již mohou být pro tuto citlivou skupinu obyvatelstva obtěžující (obr. 1).

Prašnost

Zahrnuje frakce PM₁₀, PM_{2,5}, PM_{1,0} a distribuce částic větších než 250 nm ve vnitřním ovzduší a v blízkosti školky.

Obr. 1. Typické průběhy hodnot CO₂ v nevětrané a větrané třídě a vliv aktivit (pohyb – bry, oběd, příprava na spaní) a přítomnosti dětí ve třídě (pobyt venku).

Tab. 2: Střední, minimální a maximální naměřené hodnoty CO₂

Školka	CO ₂ [ppm]		
	minimum	průměr	maximum
A1	449	978	1 374**
A2	461	925	1 246**
A3	449	939	1 559*
A4	413	1 058	1 492**
A5	488	805	1 142
L1	549	886	1 281**
L2	528	1 171	2 366*
L3	437	1 013	1 700*
L4	525	923	1 485
L5	459	926	1 506*
O1	401	1 009	1 408**
O2	415	740	1 054
O3	505	1 629*	2 978*
O4	410	1 330**	2 048*
O5	410	1 130	1 683*

Školka	CO ₂ [ppm]		
	minimum	průměr	maximum
P1	628	1 439**	2 035*
P2	439	803	1 172
P3	442	857	1 456**
P4	450	666	946
P5	514	926	1 482**
B1	469	767	1 369**
B2	490	1 284**	1 761*
B3	426	1 145	2 062*
B4	422	590	867
B5	429	872	1 484**
V tabulce je vyznačeno překročení limitní a doporučené hodnoty.			
*Limit (překročení)		1 500 ppm	
**Doporučení (překročení)		1 200 ppm	

A = Praha, B = Brno, L = Liberec, P = Plzeň a O = Ostrava

Maximální minutové hodnoty frakce PM₁₀ překročily 150 µg/m³ ve čtyřech mateřských školách v Praze, ve dvou MŠ v Liberci a ve všech MŠ v Plzni. V jedné MŠ v Ostravě překročily 150 µg/m³ nejen maximální minutové hodnoty PM₁₀, ale i PM_{2,5} a hodnoty PM_{1,0} zde překročily 100 µg/m³.

Hodnota hodinového limitu frakce PM₁₀ byla překročena ve dvou případech v Praze a ve dvou případech v Plzni. V jedné školce v Ostravě byla překročena hodnota hodinového limitu frakce PM_{2,5}.

Celkově lze prašnost ve vnitřním prostředí všech 25 měřených mateřských škol hodnotit jako vyhovující, přestože nárazové hodnoty (v 32 %) zvláště „hrubé“ frakce PM₁₀ překračovaly 150 µg/m³. Z pohledu ohrožení zdraví je ale významně nebezpečnější, a to i přesto, že se jednalo o krátkodobé maximum, hodnota 185 µg/m³ frakce PM_{2,5} v jedné MŠ v Ostravě (v dané školce byla nalezena navíc i velmi vysoká maximální hodnota frakce PM_{1,0} (112 µg/m³).

V druhé úrovni byla ve třech městech (Praha, Plzeň a Liberec) zároveň s hmotnostními koncentracemi frakcí PM_{1,0}, PM_{2,5}, PM₁₀ sledována distribuce počtu částic větších než 250 nm. Cílem bylo odhadnout a případně ověřit možnost hodnocení vnitřního prostředí měřením počtu částic namísto hmotnostních koncentrací. Měření našlo ve všech školkách poměrně úzkou vazbu pro frakci PM_{1,0} mezi hmotnostně vyjádřenou koncentrací a počtem částic menších než 1 µm (1 µg/m³ této frakce odpovídal přibližně 12,5 miliónům částic menších než jeden µm ± 30 %). Tato skutečnost je, v relaci k rozšiřujícímu se používání čítačů částic při měření kvality vnitřního prostředí, poměrně příznivá.

Při interpretaci vlivu venkovního ovzduší na hmotnostní koncentrace aerosolových částic ze souběžného měření venkovního a vnitřního ovzduší (obr. 2) vyplynula jednoznačná závislost měřených hodnot „hrubé“ frakce PM_{2,5-10} ve vnitřním prostředí na aktivitách (hry, pohyb, oběd, spánek, počet dětí) v místnosti.

U frakce PM_{2,5} již není tato vazba tak silná, i když je stále ještě identifikovatelná a u frakce PM_{1,0} se již na kvalitě ovzduší rovnocenně podílí další vlivy (majoritně transport z venkovního ovzduší). Z podstaty věci vyplývá velmi malá možnost regulace množství „hrubé“ frakce, která závisí téměř výhradně na aktivitách dětí; částečného omezení lze pravděpodobně dosáhnout režimovými opatřeními (bezprašné povrchy, mokré stěry).

Těkavé organické látky (VOC/TOL) ve venkovním a vnitřním ovzduší

Sledovány byly benzen, toluen, suma xylenů, etylbenzen, styren, tetrachloreten, limonen, α-pinen, aceton, acetaldehyd, formaldehyd, trichloreten (jeho koncentrace byly všude pod mezí stanovitelnosti) a případná další měřitelná zdravotně významná látka (například 2-etyl-1-hexanol). Na základě výsledků měření bylo možno rozdělit látky podle jejich převládajících zdrojů – na venkovní (benzen) a vnitřní (α-pinen, limonen, formaldehyd a acetaldehyd) a spolupůsobící (toluen, etylbenzen, xyleny) zdroje. Pozitivním zjištěním pak byly nízké měřené hodnoty u většiny sledovaných látek, vyjma dvou školek v Ostravě a dvou v Liberci.

Naměřené hodnoty v 25 mateřských školách lze rozdělit do čtyř skupin:

- etylbenzen, styren, tetrachloreten, trichloreten a alfa-pinen – nalezené hodnoty se pohybovaly na úrovni meze stanovitelnosti, pokud byly hodnoty měřitelné, lze je hodnotit jako zdravotně nevýznamné;
- benzen, toluen, suma xylenů, limonen, acetaldehyd a aceton – rozsah měřených koncentrací odpovídal běžně měřeným hodnotám, výjimku tvoří mírně zvýšené hodnoty v ostravských MŠ a hodnoty limonu nad 100 µg/m³ naměřené ve dvou školkách v Liberci. Vzhledem k výskytu jejich zdrojů především ve vnitřním prostředí je zde na místě hledat další postupy pro snížení zátěže;
- formaldehyd – ve dvou školkách v Ostravě bylo naměřeno překročení limitu stanoveného vyhláškou

Obr. 2. Příklad průběhů minutových hodnot PM_{10} , $PM_{2,5}$ a PM_{10} venkovní a vnitřní ovzduší.

č. 6/2003 Sb., v dalších třech mírně zvýšené hodnoty (40 až 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Hodnoty nad 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ byly ale naměřeny celkově v 15 školách, takže prostor ke snížení zátěže zde určitě je;

- 2-etyl-1hexanol – vzhledem k majoritnímu zdroji této látky (technologická nekázeň při pokládání podlahové krytiny) by měly být její měřitelné hodnoty ve vnitřním prostředí spíše výjimkou, přesto byly ve čtyřech případech naměřeny hodnoty nad 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Mikrobiologické znečištění

Koncentrace bakterií (CPM)

- Průměrné hodnoty CPM při měření před příchodem personálu a dětí (hodnoty A) se pohybovaly v rozmezí 18 až 450 KTJ/m^3 . Pouze u čtyř školek v jednotlivých měřeních byla limitní hodnota (500 KTJ/m^3), kterou pro sledované typy mikroorganismů povoluje vyhláška č. 6/2003 Sb., překročena, přičemž u jedné školky byl limit překročen trojnásobně (1,7 x 103 KTJ/m^3). U školek, kde byl překročen limit pro CPM při měření A, došlo po vyvětrání k poklesu hodnot CPM (vzduch byl naředěn venkovním ovzduším).
- Po vyvětrání (hodnota B) byly překročeny limitní hodnoty ve 3 školách v Praze, kde se již ale pohybovaly děti a personál a měření B se nepodařilo uskutečnit tak, jak předepisuje vyhláška, což koresponduje s vyššími hodnotami CPM.
- Pro měřenou hodnotu C (aktivita dětí) se téměř ve všech školách několikanásobně zvýšily hodnoty CPM a to až na hodnoty 1,8 x 104 KTJ/m^3 , pouze u čtyř školek nedošlo k překročení limitní hodnoty. Pouze u dvou školek se neprojevil pohyb dětí vzrůstem průměrných hodnot.

Při měření v Liberci koncentrace mikroorganismů jak ve vnitřním, tak ve venkovním ovzduší vykazovaly mimořádně nízké hodnoty, nejnížší ze všech monitoro-

vaných míst. Jedná se o hodnoty, které se v praxi vyskytují velmi málo, a může se jednat o chybu odběru, kterou již nebylo možno zpětně vyloučit/potvrdit.

Koncentrace plísní a kvasinek (CP)

- Průměrné hodnoty plísní a kvasinek (CP) byly překročeny pouze ve třech školách, a to vždy při aktivitě dětí. V jedné školce byla koncentrace CP během pohybu dětí překročena téměř 3krát (1,4 x 102 KTJ/m^3).
- Ve školách v Liberci koncentrace CP při měření A, B a C vykazovaly téměř negativní nálezy. Jedná se o velmi nízké hodnoty, které se v praxi málo vyskytují – a může se zde jednat o metodické pochybení. Koncentrace CP vykazovaly nízké hodnoty jak bez pohybu dětí, tak při měření během aktivity dětí a personálu. Stejně jako u hodnocení CPM i zde lze konstatovat, že pohyb dětí se neprojevil zvýšenou koncentrací CP.
- Koncentrace CP ve venkovním ovzduší byly obecně vyšší než v monitorovaných místnostech, hlavně v oblastech zatížených dopravou a/nebo průmyslem. Žádná z průměrných hodnot naměřených ve venkovním ovzduší ale nepřekročila 500 KTJ/m^3 .
- Koncentrace CP ve venkovním ovzduší při měření v Liberci vykazovaly nejnížší hodnoty (podobně i Brno). Jedná se o průměrné hodnoty koncentrací CP 8–32 KTJ/m^3 .

Zdravotní stav dětí a jeho vztah k parametrům prostředí

Výstupy z dotazníkového šetření byly použity ke zkoumání vztahu mezi prostředím školek, venkovním ovzduším školek, dalšími faktory životního stylu a mezi vybranými alergickými onemocněními (výskyt alergií, alergie na pyly a ekzém). Byl testován vliv základních osobních a socioekonomických charakteristik (pohlaví a věk dítěte, vzdělání rodičů), vliv vybraných charakteristik ma-

teřské školy (známky vlhkosti, přítomnost koberce na podlaze, zeleň v okolí školky) a domácnosti dítěte (kouření v domácnosti, přítomnost koberce v ložnici dítěte, známky vlhkosti, digestoř) a vliv venkovního a vnitřního ovzduší školky.

Kvalita venkovního ovzduší byla charakterizována zařazením lokality školky do čtyř základních skupin: městská obytná oblast s pouze lokálním vytápěním, obytná, dopravní a průmyslová. Charakteristika venkovního ovzduší v jednotlivých typech lokalit byla provedena na základě výsledků systému monitorování zdravotního stavu obyvatelstva, rok 2016. Podrobné výsledky jsou uvedeny v (3), vybrané škodliviny jsou shrnuty v tabulce 3.

Z prostého srovnání vyplývá, že ovzduší je nejvíce zatíženo v průmyslových lokalitách z hlediska všech vybraných škodlivin ($PM_{2,5}$, SO_2 , NO_x a BaP), dopravní lokality jsou charakteristické vyššími hodnotami oxidů dusíku, zatímco lokality s lokálním vytápěním mají relativně zvýšené hodnoty BaP a $PM_{2,5}$.

Vnitřní ovzduší školky bylo charakterizováno pomocí relativní vlhkosti ($< 30\%$) a prašnosti (PM_{10} a $PM_{2,5}$). Z měřených byly tyto faktory zvoleny pro jejich předpokládaný vliv na sledovaná onemocnění.

Statistická analýza souboru byla provedena testováním hypotézy o shodě procentuálního zastoupení jednotlivých kategorií pomocí chí-kvadrát testu nezávislosti. Testy byly prováděny na hladině významnosti $p = 0,05$ (statistická významnost při $p \leq 0,05$). Vzhledem k závislosti mezi sledovanými nemocemi a věkem dětí, přičemž jednotlivé školky a typy lokalit se liší věkem dětí, byla vzájemná závislost více proměnných testována pomocí logistické regrese.

Výsledky pro vztahy mezi proměnnými

Statistická analýza prokázala statisticky významný vztah mezi celkovým výskytem alergie (udávané rodiči i prokázané lékařem) a věkem dětí. U dětí starších než

5 let je výskyt alergie vyšší (22 % alergiků a 15 % alergiků potvrzených lékařem) ve srovnání s mladšími dětmi (8 % alergiků a 5 % alergiků potvrzených lékařem). U starších dětí je také vyšší výskyt alergie na pyl, naopak u potravinové alergie a ekzému závislost na věku prokázána nebyla. U ostatních socioekonomických charakteristik nebyl prokázán vztah k výskytu sledovaných onemocnění. Statistická významnost vztahů mezi jednotlivými nemocemi a vybranými ukazateli a síla závislosti charakterizovaná hodnotou p je uvedena v tabulce 4.

Nebyl prokázán vztah k výskytu onemocnění u sledovaných charakteristik mateřské školy (známky vlhkosti, přítomnost koberce, zeleň v okolí) ani domácnosti dítěte (kouření, přítomnost koberce v ložnici dítěte, známky vlhkosti, digestoř). Stejně tak nebyl prokázán vztah mezi onemocněním a objektivně naměřenou vlhkostí a prašností ve vnitřním prostředí mateřské školy. Významný byl naopak vztah mezi celkovým výskytem alergie (udávaná rodiči i potvrzená lékařem) a typem lokality. Na typu lokality také závisí alergie na pyl potvrzená lékařem. Celkový výskyt alergie je častější u dětí navštěvujících mateřské školy v průmyslových lokalitách a v městských lokalitách s lokálním vytápěním, méně častý je v městských obytných lokalitách a v dopravních lokalitách. Výskyt pylové alergie je nejčastější v městských lokalitách s lokálním vytápěním. Vliv lokality zůstává zachován i po adjustaci na věk dětí pomocí logistické regrese.

Diskuse

V průběhu řešení projektu bylo identifikováno několik problémů. Patří mezi ně především problémy se zajištěním reprezentativního vzorkování v rámci celé studie.

Tab. 3: Střední roční hmotnostní koncentrace pro hodnocené kategorie městských stanic

Látka [$\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$]	Typ městské lokality (kategorie)			
	Obytná, pouze lokální vytápění (2)	Obytná s nízkou dopravou (3, 4)	Dopravní (5, 6)	Průmyslová (8, 9, 10)
$PM_{2,5}$	19,3	17,7–18,1	17,8–18,1	23,4–26,6
SO_2	3,6	4,4–4,8	3,3–5,7	4,9–7,6
NO_x	21,7	21,8–23,2	34,0–60,0	34,1–77,4
BaP	1,32	1,22–1,97	1,13–1,60	3,02–3,45

Tab. 4: Závislost sledovaných onemocnění na vybraných ukazatelích (p-hodnoty)

Proměnná	Pohlaví	Věk	Vzdělání		Typ lokality	Vlhkost ve školce	Prašnost ve školce	
			otec	matka			$PM_{2,5}$	PM_{10}
Alergie	X	$<0,001$	X	X	0,009	X	X	X
Alergie potvrzená lékařem	X	0,002	X	X	0,007	X	X	X
Alergie na pyl	X	0,001	X	X	X	X	X	X
Alergie na pyl potvrzená lékařem	X	0,009	X	X	0,023	X	X	X
Ekzém	X	X	X	X	X	X	X	X
Ekzém potvrzený lékařem	X	X	X	X	X	X	X	X

Závislost testována pomocí chí-kvadrátu na hladině významnosti 0,05

U statisticky významného stavu uvedena p hodnota, v ostatních případech X

Kvalita prostředí

Při bližším pohledu na získané výsledky sledovaných parametrů kvality prostředí je možno se zastavit u:

- obecně *vyšších hodnot některých organických látek*, jejichž zdroje jsou výhradně ve vnitřním prostředí v Ostravě – týká se formaldehydu, acetonu, acetaldehydu a vlastně i toluenu. Lze předpokládat, že se zde v určité míře projevila „obava“ před venkovním (jak je v Ostravě všeobecně známo) silně znečištěným ovzduším. Omezení větrání ve svém důsledku mohlo vést k postupné kumulaci látek, jejichž zdroje jsou/mohou být výhradně ve vnitřním prostředí;
- *dopadu používání čisticích prostředků a režimu úklidu* – měřené hodnoty limonenu ve dvou třídách překročily $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$; maximální naměřená průměrná týdenní hodnota ve třídě byla $286 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (přibližně 64 % hodnoty doporučené materiálem Evropské komise „The INDEX project“). Podle podkladů získaných v jednotlivých školách probíhal někde úklid měřené třídy a okolních prostor, mimo standardního úklidu odpoledne po odchodu dětí, i ráno před jejich příchodem a často v průběhu dne. Měření probíhalo v topném období, kdy nároky na čistotu samozřejmě vyžadují vyšší četnost úklidu, jestli to platí ale i pro vyšší používání čisticích prostředků, které mohou prostředí zatížit, je jinou otázkou;
- naplnění požadavků na *teplotu* ve třídách, které bylo primárně hodnoceno ve vztahu k průměru za měřené interval a k maximální naměřené hodnotě. Minimální hodnota nebyla vzhledem k úvodnímu intenzivnímu rannímu větrání tříd hodnocena;
- *význam interpretace definice limitu pro CO_2 stanoveného vyhláškou č. 20/2012 Sb.* Tato vyhláška (v článku II, § 11, odstavec 5) stanovuje limit pro oxid uhličitý, že „*jeho koncentrace nesmí ve vnitřním vzduchu překročit 1 500 ppm*“. Pokud by pro hodnocení tohoto ukazatele bylo použito hodinové či delší průměrování, pak byl tento limit v rámci realizované studie překročen pouze v jedné školce. Na druhou stranu v deseti školách hodnota maximální měřené minutové koncentrace také překročila úroveň 1 500 ppm, což ale v díce výše citovaného ustanovení znamená překročení stanoveného limitu. Nejednoznačnost definice tak může vést k rozdílné interpretaci naměřených hodnot a tím k rozdílnému posouzení kvality ovzduší;
- *závislosti měřených hodnot hmotnostních koncentrací frakce $\text{PM}_{1,0-10}$ na aktivitách* (hry, pohyb, oběd, spánek či nepřítomnost) dětí respektive osob v místnosti. U frakce $\text{PM}_{2,5}$ již není tato vazba tak silná, i když je stále ještě identifikovatelná, a u frakce $\text{PM}_{1,0}$ se projevují srovnatelně další vlivy (např. transport z venkovního ovzduší). Z této závislosti na aktivitách ve vnitřním prostředí vyplývá i téměř nemožná regulace, protože omezení pohybových aktivit dětí nezbytných pro jejich zdravý rozvoj nepříchází v úvahu. Důsledkem pak problematická využitelnost limitu stanoveného pro frakci PM_{10} vyhláškou č. 6/2003 Sb. V druhé úrovni byla ověřována *reprezentativnost měření počtu částic*. Důvodem je rozšiřující se používání nefelometrie (čítače částic) při měření kvality vnitřního prostředí a zvláště pak validita přepočtu hodnot počtu částic (přes gravimetrický faktor, který je ale nutno předem stanovit) na hmotnostní koncentrace. Měření prokázalo poměrně úz-

kou vazbu měřených hodnot mezi hmotnostní koncentrací frakce $\text{PM}_{1,0}$ a počtem částic menších než $1 \mu\text{m}$ při gravimetrickém faktoru = 1;

- *rozsahu měřených organických látek* – při měření kvality vnitřního prostředí a zvláště v případě problémových kauz zřetelně nestačí vyhodnocovat pouze a jenom ty látky, pro které jsou vyhláškou č. 6/2003 Sb. stanoveny limity. Spektrum dalších možných látek pocházejících z například technologických nekázni při rekonstrukcích nebo ze starých zátěží je výrazně širší – je zapotřebí VŽDY interpretovat hodnoty všech látek dosahujících potenciálně zdravotně významné koncentrace a to včetně případného pachového obtěžování;
- *naměřených hodnot průměrných koncentrací mikroorganismů* – lze všeobecně konstatovat, že limitní hodnoty pro koncentrace mikroorganismů v ovzduší v pobytových místnostech monitorovaných školek, měřené v souladu s vyhláškou č. 6/2003 Sb., (hodnoty B získané ze dvou opakování), byly překročeny pouze v jednom případě v Plzni. Navazující měření ale prokázala (očekávatelný) vliv aktivity dětí, kdy koncentrace CPM výrazně vzroste a limit je překročen téměř ve všech případech. Z naměřených hodnot také vyplývá, že venkovní ovzduší během větrání nemohlo kontaminovat ovzduší pobytových prostor;
- *nalezeného koeficientu variability koncentrací CPM a CP*. V rámci studie byl zjišťován možný rozptyl hodnot (koeficient variability) a možnost hodnocení průměrné koncentrace z 2 opakování (podle vyhlášky č. 6/2003 Sb.) a z 5 opakování. Byly sledovány variační koeficienty, které jsou vyšší než 50 %, protože je všeobecně známo, že měření je ovlivněno okolními podmínkami, hlavně prouděním vzduchu. Průměrné koncentrace získané ze dvou anebo z pěti opakování vykazovaly v mnoha případech rozdílné výsledky; rozdílný přístup by v 5 případech dokonce ovlivnil hodnocení – viz tabulka 5. Ve dvou případech byl překročen limit průměrnou hodnotou získanou z 5 opakování, ve třech byl překročen limit hodnotou získanou z 2 opakování. I v mnoha dalších případech byly rozdíly ve zjištěných hodnotách výrazné. Je třeba zvážit, zda podmínky stanovení a postupu práce dané vyhláškou č. 6/2003 Sb. odpovídají reálným podmínkám a zda naměřené koncentrace CPM a CP mají dostatečnou vypovídací hodnotu a odpovídají skutečným podmínkám, kterým jsou děti vystaveny. Je zřejmé, zda měření nestačí provádět pouze ve dvou opakováních. Pro vyšší reprezentativnost naměřených hodnot, bude potřeba stanovit míru rozptylu hodnot pro koncentrace mikroorganismů získané měřením v pobytových místnostech s vyloučením odlehlých hodnot.

Z analýzy údajů získaných při dotazníkovém šetření vyplynulo:

- *Nebyla prokázána závislost sledovaných zdravotních ukazatelů na zjišťovaných parametrech vnitřního ovzduší mateřských škol*. Neprůkaznost vztahu může mít řadu příčin, např. malý počet dětí ve sledovaném vzorku. Další příčinou mohou být naměřené hodnoty parametrů vnitřního ovzduší, které sice v některých případech vybočují z limitů, ale pravděpodobně nejsou natolik kritické, aby se to projevilo změnami zdravot-

Tab. 5: Porovnání hodnot CPM získaných ze dvou a pěti opakování

Město	Školka	Průměrná hodnota	Zjištěné koncentrace	Mikroorganismus
Praha	A4	5 opakování	542	CPM
		2 opakování	382	
Plzeň	P1	5 opakování	432	CPM
		2 opakování	515	
Ostrava	O3	5 opakování	470	CPM
		2 opakování	540	
Liberec	L4	5 opakování	480	CPM
		2 opakování	505	
Brno	B3	5 opakování	722	CPM
		2 opakování	355	

ního stavu. Třetí příčinou může být výběr sledovaných zdravotních end-pointů. Vliv vnitřního prostředí školek by se mohl projevit spíše akutními příznaky během pobytu dětí, tyto příznaky je však obtížné zjišťovat a objektivně kvantifikovat. Další respirační onemocnění např. astma bylo sice dotazníkem zjišťováno, ale nebylo možné ho zařadit do analýzy pro malý počet případů ve sledovaném souboru.

- *Závislost na typu lokality* byla zjištěna u celkového výskytu alergií a pylové alergie prokázané lékařem. Podle očekávání byl zjištěn vyšší celkový výskyt alergií v mateřských školách situovaných v průmyslových lokalitách. Zajímavý je ale jejich značně vysoký výskyt i v lokalitách charakterizovaných převahou lokálního vytápění, zatímco v dopravně zatížených lokalitách byl celkový výskyt alergií nižší. Může to být způsobeno zvýšenou prašností v lokálně vytápěných lokalitách, zatímco dopravně zatížené lokality jsou charakteristické spíše zvýšenými hodnotami oxidů dusíku ve venkovním ovzduší. Zjištěné výsledky ale mohou být ovlivněny i dalšími faktory. Vyšší výskyt alergií v lokálně vytápěných lokalitách, které se nacházejí častěji v okrajových částech měst, může způsobovat také jiná skladba vegetace a vyšší výskyt pylových zrn. Tomu by odpovídal vyšší výskyt pylové alergie v těchto oblastech. Také nelze vyloučit vliv různých nespecifikovaných faktorů životního stylu dětí. Vzhledem k relativně malému počtu dětí a koncepci šetření zaměřené na jiné primární cíle by bylo vhodné ověřit zjištěné vztahy samostatným výzkumem.

LITERATURA

1. Mikešová M, Kotlík B. Měření vnitřního prostředí v základních školách. Závěrečná zpráva z měření kvality vnitřního prostředí a mikroklimatických parametrů ve školách (2008) [Internet]. Praha: Státní zdravotní ústav; 2008 [cit. 15. ledna 2018]. Dostupné z: http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/ovzdusi/Vnitri_ovzdusi/zaverecna_zprava_indoor_2008.pdf.
2. 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.
3. NRL pro venkovní ovzduší SZÚ. Kategorizace měřicích míst/zón (2016) [Internet]. Praha: Státní zdravotní ústav; 2016 [cit. 15. ledna 2018]. Dostupné z: http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/ovzdusi/imisky/agr_tab_2016.pdf.
4. Státní zdravotní ústav [Internet]. Praha: Státní zdravotní ústav; 2014 [cit. 15. ledna 2018]. Sinfonie. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/sinfonie>.
5. Vyhláška č. 20/2012 Sb. ze dne 9. ledna 2012, kterou se mění vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby. Sbírka zákonů ČR. 2012;částka 6:146-8.
6. 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.
7. Měření vnitřního ovzduší v mateřských školách (období 2015-2016) [Internet]. Praha: Státní zdravotní ústav; 2016 [cit. 15. ledna 2018]. Dostupné z: http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/ovzdusi/Vnitri_ovzdusi/indoor_2015_2016/mskolky_zprava_2016.pdf.

Závěr

Výstupy z realizované studie dávají poměrně dobrou představu o kvalitě ovzduší ve vnitřním prostředí v určitém segmentu mateřských škol ve velkých městech v ČR a zároveň jsou k dispozici jako podklad pro přípravu novely vyhlášky č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky na hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí v pobytových místnostech některých staveb.

Došlo do redakce: 12. 2. 2018

Přijato k tisku: 11. 4. 2018

RNDr. Bohumil Kotlík

Státní zdravotní ústav

Centrum zdraví a životního prostředí

Šrobárova 48

100 42 Praha 10

Česká republika

E-mail: bohumil.kotlik@szu.cz