

Vnitřní ovzduší

M. Mikešová, B. Kotlík

**Centrum hygieny životního prostředí
Odborná skupina hygieny ovzduší**

Vnitřní ovzduší

- můžeme definovat jako ovzduší, které nemá přímé spojení s ovzduším venkovním nebo je natolik ovlivňováno vnitřními zdroji, že se významně liší od ovzduší venkovního. Lze ho rozdělit na :
 - **Byty**
 - **Pracovní prostředí**
 - **Pobytové prostory** (jejich definice/výčet je v § 13 zákona 258/2000 Sb. ve znění novely 471/2005 Sb.)
 - **Ostatní** (dopravní prostředky, jiné stavby... dosud neřešeno)

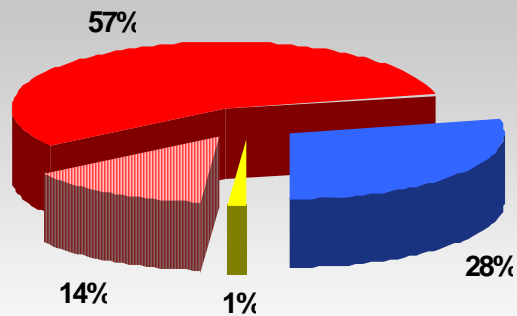
INDOOR x OUTDOOR

Hodnoty koncentrací některých znečišťujících látek bývají ve vnitřním prostředí prostředí často vyšší než v prostředí venkovním, důvodem jsou:

- Vnitřní zdroje těchto látek
- Chování uživatelů vnitřních prostor
(nedostatečné větrání, přetopené místnosti,..)

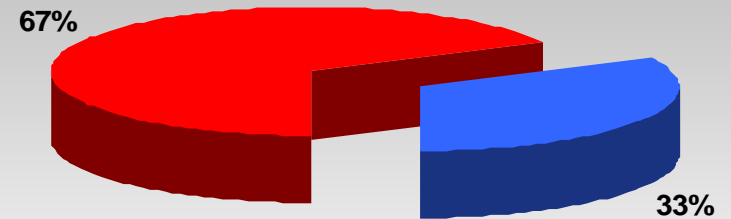
INDOOR X OUTDOOR

Časový snímek všedního dne dítěte navštěvujícího mateřskou školku - léto



■ cesta do školky ■ pobyt ve školce ■ pobyt v bytě ■ pobyt venku

Časový snímek víkendu dítěte navštěvujícího mateřskou školku - léto



■ v bytě ■ venku

➤ Děti tráví ve vnitřním prostředí více než 60 % dne

Hlavní zdroje látek ve vnitřním prostředí

➤ stavební materiály



➤ vybavení interiéru



➤ lidská činnost



➤ venkovní ovzduší



Sledované parametry

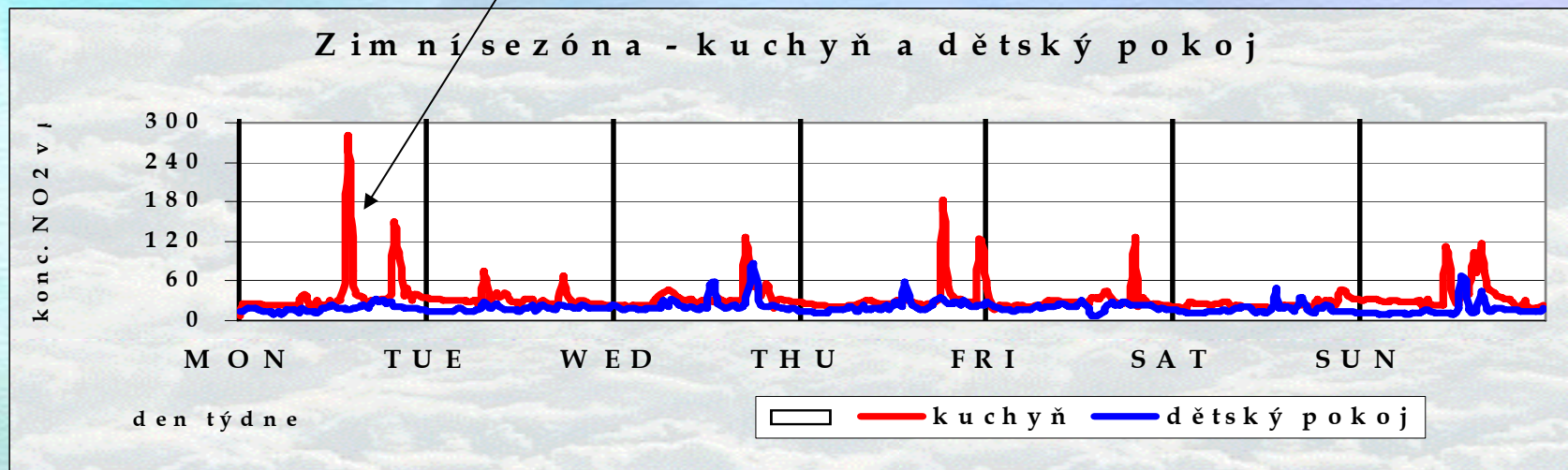
Mikroklimatické faktory - teplota, vlhkost

- na vlastnostech tepelně-vlhkostního klimatu závisí i množství látek, které se uvolní ze stav. materiálů a z vybavení místnosti do vnitřního prostředí
- nízká vlhkost vzduchu může být pocíťována jako suchost, pálení a dráždění sliznic
- vyšší teploty, nízká vlhkost vzduchu - zdravotní problémy (dýchací cesty, bolesti hlavy....)
- vysoká vlhkost (plísňě)
- nízká teplota (pocit nepohody)

Sledované parametry

Oxid dusičitý

- Jeho zdrojem v interiéru je jak venkovní ovzduší, tak vnitřní zdroje (vaření, vytápění, kouření).
- Způsobuje pálení a suchost sliznic, dráždí ke kašli.
- Jeho dlouhodobé působení je spojováno s vyšším výskytem onemocnění horních cest dýchacích.



Sledované parametry

Formaldehyd

- Je obsažen v syntetických pryskyřicích, lepidlech, v některých mořidlech na dřevo, ale i v oblečení, čisticích prostředcích, kosmetice, dokonce i v některých nekvalitních plyšových hračkách
- Je možno ho identifikovat ve většině prostředí. Největšími antropogenními zdroji znečištění ovzduší formaldehydem jsou exhaláty dopravních prostředků a průmyslové spalovací procesy
- V přírodě vzniká při fotochemických procesech, je obsažen také v rostlinách, v ovoci, zelenině a ve dřevu
- V indooru je jeho zdrojem také kouření
- Formaldehyd má dráždivý účinek, který se může projevit jako pocit suchosti sliznic, svědění kůže, dráždění ke kašli, dráždění očních spojivek, zhoršení obtíží u alergiků.
- je prokázaným karcinogenem pro člověka

Sledované parametry

VOC (benzen, toluen, xyleny, etylbenzen, tetrachloreten, trichloreten,....)

- WHO definuje VOC jako všechny org. sloučeniny, které mají bod varu 50 - 260 °C. Dle zákona o ochraně ovzduší - VOC - jakákoli org. slouč. nebo směs org. sloučenin, s výjimkou methanu, jejíž počáteční bod varu je menší nebo roven 250 °C při atmosferickém tlaku 101,3 kPa.
- Hlavním zdrojem těkavých organických látek v interiérech je kouření, používané čisticí prostředky, deodoranty, kosmetické přípravky, osvěžovače vzduchu, vonné oleje, nátěry, barvy a laky, stavební materiály, koberce, podlahoviny, nábytek a venkovní vzduch, zejména v bytech umístěných v blízkosti hustého dopravního provozu.
- Mohou způsobit podráždění horních cest dýchacích, únavu, bolesti hlavy.
- Benzen je lidským karcinogenem.

Sledované parametry

Aerosol/suspendované částice

- Organické i anorganické
- Účinek je závislý na velikosti částic
 - Větší částice (nad 100 μm) sedimentují velmi rychle a do dýchacích cest se prakticky nedostanou
 - Částice jejichž velikost je mezi 100 a 10 μm jsou většinou zachyceny v horních cestách dýchacích
 - částice menší než 10 μm pronikají do dolních partií dýchacích cest a bývají často nazývány thorakálními částicemi.
 - Částice menší než 2,5 μm se dostávají až do plicních alveolů a jsou někdy nazývány respirabilními částicemi.
 - Částice submikronické (< 0,100 μm) jsou pravděpodobně z velké části opět strhávány vydechaným vzduchem a dostávají se ven z organismu.
- Účinek je závislý také na složení částic, na rozpustnosti v tělních tekutinách a na biologické aktivitě. Význam mají částice také jako nosič dalších látek, které jsou takto lépe transportovány do dolních partií dýchacích cest.
- Podle svého složení a adsorbovaných látek může mít prach účinky dráždivé, toxické, fibrogenní i alergizující.

Sledované parametry

- ke zdrojům směsi suspendovaných částic ve vnitřním prostředí - někdy souhrnně nazývané „domácí prach“ patří vytápění, bioaerosol (spory hub, bakterie, roztoči, pyly), obyvatelé (částičky kůže, vlasy, prach z oděvu), pohyb obyvatel (zviřování) i jejich činnosti (vaření, domácí práce, kutilství ...), chov domácích především srstnatých zvířat, kouření, transport z venkovního prostředí či okolí (větrání, ventilace).

Plísně

- měření koncentrace spor plísní ve vnitřním prostředí se běžně provádí, ale skutečné množství je často podhodnoceno, protože ovzduší navíc obsahuje devitalizované zárodky, které netvoří kolonie, ale mají nezměněný alergenní a toxický potenciál.
- Vzorky z ovzduší se odebírají různými metodami, používá se i prach z vysavače, nejefektivnější jsou odběry aeroskopem, stěry a přímo otisky z kolonií.
(V kuchyních - *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Chaetomium*, v postelích - *Penicilium*, *Aspergillus*, *Aureobasidium*, *Chaetomium*, kolem oken - *Cladosporium*, *Aureobasidium*, zemina květin, květináče,)

Metodické návody na stanovení koncentrace některých chemických ukazatelů kvality vnitřního ovzduší

- V souladu s Vyhláškou MZ ČR č.6/2003 Sb. byly vypracovány a hlavním hygienikem schváleny metodické pokyny pro měření některých faktorů vnitřního prostředí obytných místností.
- Jedná se o metodický pokyn, jehož elektronická podoba je k dispozici na internetových stránkách na adrese
www.szu.cz/chzp/ovzdusi/vnitri_ovzdusi/index.htm
- Předmětem – objektivní stanovení jednotlivých faktorů kvality vnitřního ovzduší
- Hlavním cílem byla srovnatelnost výsledků

Základní pojmy (kapitola 1.)

vnitřní prostředí - ovzduší ve vnitřním prostředí budov, s výjimkou ovzduší na pracovištích určených zvláštním předpisem

znečišťování ovzduší - vnášení jedné nebo více znečišťujících látek do vnitřního ovzduší v důsledku lidské činnosti

větrání - je řízená výměna znehodnoceného vzduchu ve vnitřním prostoru za venkovní

mikroklimatické podmínky - podmínky teplotní, vlhkostní a proudění vzduchu

.....

Základní kritéria pro hodnocení kvality vnitřního prostředí (kapitola 2.)

Hodnocení se provádí podle **Vyhlášky č. 6/2003 Sb.**, kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb

Měření a vzorkování by mělo být prováděno i v souladu s ČSN EN ISO 16000-1 až 11, Vnitřní ovzduší - část 1 až 11

Limitní hodinové koncentrace chemických ukazatelů

Ukazatelé	Jednotka	limit
oxid dusičitý	$\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$	100
frakce prachu PM_{10}	$\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$	150
frakce prachu $\text{PM}_{2,5}$	$\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$	80
oxid uhelnatý	$\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$	5000
ozón	$\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$	100
azbestová a minerální vlákna*	počet vláken $\cdot \text{m}^{-3}$	1000
amoniak	$\mu\text{g} \cdot \text{m}$	200
benzen	$\mu\text{g} \cdot \text{m}$	7
toluen	$\mu\text{g} \cdot \text{m}$	300
suma xylenů	$\mu\text{g} \cdot \text{m}$	200
styren	$\mu\text{g} \cdot \text{m}$	40
etylbenzen	$\mu\text{g} \cdot \text{m}$	200
formaldehyd	$\mu\text{g} \cdot \text{m}$	60
trichloretylen	$\mu\text{g} \cdot \text{m}$	150
tetrachloretylen	$\mu\text{g} \cdot \text{m}$	150

Vzorkování chem.látek a suspendovaných částic frakce PM_{10} a $PM_{2,5}$ ve vnitřním ovzduší (kapitola 3.)

Definovaný odběr - znamená převedení přesně změřeného objemu analyzovaného ovzduší do analyzátoru nebo zařízení (kolektoru), které je schopno analyzovat nebo uchovat stanovovanou složku (eventuálně složky) pro následnou analýzu

Nejběžnější principy záchytu vzorku

- záchyt do absorpční kapaliny (frity, kapilární absorbéry)
- záchyt na filtr (acetylceluloza, nitroceluloza, teflon,...)
- záchyt adsorpcí (aktivní uhlí, polymerní sorbenty)
- odběr do vzorkovnic (kanystry)

Strategie vzorkování (kapitola 3.)

- Odběr vzorku ovzduší je **neopakovatelným** procesem.
- Vzorkováním **nesmí** být ovlivněn režim činností v proměřovaných prostorách (hluk, zábor prostoru) a měřené hodnoty. Odběr nebo měřené hodnoty **nesmí** být ovlivněny uživatelem/uživateli proměřovaného prostoru.
- Při analýze a přípravě projektu a při měření je nutno **respektovat** - tvar prostoru a rozmístění potenciálních zdrojů, systém výměny vzduchu, povahu a režim činnosti zdrojů, uživatele a jejich činnosti, typ a využití měřeného prostoru a mikroklimatické faktory.
- Tam, kde je to možné - lze využít metody používané pro analýzu vnějšího ovzduší.
- Odběr reprezentativního vzorku lze zajistit pouze vhodně zvolenou strategií vzorkování a dodržováním správných postupů odběru vzorku ovzduší.

Specifika vnitřního ovzduší (kapitola 3.)

Příčinou měření kvality vnitřního ovzduší bývají nejčastěji stížnosti uživatelů a z toho plynoucí konflikty. Rozeznáváme

- měření k určení **expozice** uživatelů různým látkám respektive k hledání vztahu mezi látkami vyskytujícími se ve vnitřním prostředí a nepříznivými účinky na zdraví pozorovanými uživateli nebo k odhadu zdravotních rizik.
- měření ke **kontrole** plnění stanovených limitů či doporučených hodnot nebo měření ke kontrole nápravných opatření

Specifika vnitřního ovzduší

- Koncentrace měřených látek ve vnitřním ovzduší jsou závislé na vydatnosti (emisi) - zdrojů, infiltraci z venkovního ovzduší a režimu větrání.
- Emise jsou vždy závislé na mikroklimatických faktorech (teplota), aktivitách uživatelů a na chemických a fyzikálních procesech
- Koncentrace mají **časovou** i **prostorovou** variabilitu
- Potenciální expozice je funkcí doby trvání, úrovně koncentrací a závisí na aktivitě osob (plicní ventilace)

Specifika vnitřního ovzduší

Režim provozu měřené místnosti

(narušení rovnovážného stavu, ředění, infiltrace).

- Konzervativní přístup - měření za **nejhorších** možných podmínek (uzavřený prostor bez větrání).
- Pokud jsou zdroje pouze ve vnitřním prostředí, je doporučeno měření začít až po určité době po vyvětrání (minimálně po 3 hodinách) a v průběhu měření větrání omezit na nutné minimum nebo nevětrat, aby nebyl narušen **rovnovážný stav**.
- V situaci, kdy je zdroj škodlivin ve venkovním prostředí a kdy hodnotíme infiltraci, musí měření musí pokrývat obě varianty.

Specifika vnitřního ovzduší

- Pro hodnocení **skutečné** expozice z vnitřního prostředí, je nutno před a při měření zachovávat standardní (obvykle užívaný) režim větrání.
- U řízené výměny vzduchu (ventilace) nebo úpravy vzduchu (klimatizace) by mělo měření začít minimálně po třech hodinách od jejího spuštění (předpokládá se, že za tuto dobu se vzduch v místnosti minimálně třikrát vyměnil).
- **Pravidlo 10 %** - odebíraný objem vzorku za 1 hodinu by měl být menší než hodnota 10 % přirozené ventilace a nebo by měl být menší než 10 % objemu měřené místnosti.
(ČSN EN ISO 16000-1, Část 1)

Odběr vzorků, doba měření

- Limity jsou stanoveny jako střední hodnota hodinové koncentrace
- Odběr vzorku ovzduší ve vnitřním prostředí by měl charakterizovat
 - prostorovou variabilitu
 - časovou variabilitu (změny režimu, sezónnost)
 - dobu expozice (pobyt lidí)

Požadavky na jednotlivé metody (kapitola 4.)

Stanovení koncentrace NO_2 ve vnitřním ovzduší

Pro stanovení koncentrace oxidů dusíku ve vnitřním prostředí lze použít

- **klasické analytické postupy** (Guajakolová metoda, TEA)
 - + levnější, dostupnější - analytická koncovka použitelná pro více stanovení
 - pouze sumační vzorek
 - složitější manipulace se vzorky
 - vyšší nejistota stanovení
- **přístrojové kontinuální postupy** (princip chemiluminiscence)
 - + informace o časovém průběhu koncentrací
 - + jednoduchá obsluha
 - + vyšší citlivost
 - + možnost paralelního stanovení NO , NO_2
 - vyšší náklady na pořízení analyzátoru

Mez stanovitelnosti - minimálně 10% limitní hodnoty ($10\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Stanovení (suspendovaných částic) poletavého prachu frakce PM_{10} a $PM_{2,5}$ ve vnitřním ovzduší

Metody stanovení

- **přímé přístrojové** - (Optické čítače částic-particle counter))
 - + informace o časovém průběhu koncentrací
 - nutno určit korekčního faktoru dle typu prachu
 - vyšší pořizovací cena přístroje
- **nepřímé „manuální“** tj. gravimetrická stanovení po záchytu na filtr
 - + jednoduché, levné, dostupné (čerpadlo, filtr, váhy)
 - pouze sumační vzorek

Mez stanovitelnosti - minimálně 10% limitní hodnoty (pro PM_{10} - $15\mu\text{g}/\text{m}^3$
pro $PM_{2,5}$ - $8\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Stanovení koncentrace CO ve vnitřním ovzduší

Pro stanovení CO v ovzduší nejsou k dispozici a nejsou ani vyvíjeny nepřímé (po záchytu do vhodného média) analytické postupy stanovení.

V současnosti je standardně využíván princip měření vycházející z diferenčního spektrofotometrického měření absorpce infračerveného záření (IČ/IR) o $\lambda = 4700$ nm oxidem uhelnatým ve vzorku ovzduší.

Mez stanovitelnosti - minimálně 10% limitní hodnoty ($500 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

Stanovení koncentrace O_3 ve vnitřním ovzduší

Metody stanovení

- **nepřímé analytické postupy** (spektrofotometrie)
 - + levnější
 - pouze sumační vzorek
 - složitější manipulace se vzorky
 - vyšší nejistota stanovení
- **přístrojové kontinuální** (UV spektrometrie)
 - + informace o časovém průběhu koncentrací
 - + vyšší citlivost
 - vyšší pořizovací náklady

Mez stanovitelnosti - minimálně 10% limitní hodnoty ($10\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Stanovení vybraných VOC ve vnitřním ovzduší

(benzen, toluen, suma xylénů, styren, etylbenzen, trichloreten a tetrachloreten)

Metody stanovení

- **sorpční metody** (desorpce tepelná n. rozpouštědlem + GC)
 - + jednoduché
 - tepelná des. - nutné další zařízení na desorpci -> náklady
 - pouze sumační vzorek
- **kanystrové metody** (kryogenní zakoncentrování + GC)
 - + vyšší citlivost, větší spektrum VOC
 - nutné další zařízení na zakoncentrování vzorku -> náklady
- **automatizované systémy** - (analyzátor BTX - etylbenzen)
 - + informace o časovém průběhu koncentrací
 - pouze některé VOC (BTX, etylbenzen)

Mez stanovitelnosti - minimálně 10% limitní hodnoty - benzen
 $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, styren $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ...

Stanovení formaldehydu ve vnitřním ovzduší

Metody stanovení (pouze nepřímé postupy)

- **fotometrická metoda** (spektrofotometrie)
 - + levnější, dostupnější - analytická koncovka použitelná pro více stanovení (běžně používané vybavení lab.)
 - pouze sumační vzorek
 - nižší citlivost
 - složitější manipulace se vzorky

- **sorpční metoda** (desorpce rozpouštědlem + HPLC, GC)
 - + jednoduchá manipulace
 - + vyšší citlivost
 - pouze sumační vzorek
 - nutné přístrojové vybavení (chromatograf) > nákladné

Mez stanovitelnosti - minimálně 10% limitní hodnoty ($6 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

Stanovení koncentrace amoniaku ve vnitřním ovzduší

Metody stanovení

- **nepřímé analytické postupy** (fotometrická m. s použitím Nesslerova činidla nebo s použ. indofenolové modře (záchyt na sorpční trubičky), použití denuderů se stanovením iontovou chromatografií)
 - + dostupné (metoda dle vybavení laboratoře)
 - nižší citlivost
 - vyšší nejistota stanovení
- **přímé analytické postupy** (analyzátor NO/NO₂/NO_x s konvertorem NH₃, analyzátor na fotometrickém principu)
 - + informace o časovém průběhu koncentrací
 - vyšší pořizovací náklady
 - vyšší nároky na metrologickou návaznost

Mez stanovitelnosti - minimálně 10% limitní hodnoty (20 µg/m³)

Stanovení koncentrace bakterií a plísní ve vnitřním ovzduší

- **Odběr vzorku je popsán ve Vyhlášce č. 6/2003 Sb.**
Po odběru jsou Petriho misky uloženy do termostatu. Inkubace se provádí při 30 °C po dobu 48 až 72 hodin (bakterie) nebo při 25 °C po dobu 5 dnů (plísně). Po inkubaci se spočítají vyrostlé kolonie bakterií nebo plísní.

Přílohy

Požadavky na laboratoř

- Akreditace ČIA podle ČSN ISO EN 17025: 2005 pro měření ovzduší.
- Autorizace MZ ČR podle zákona č. 258/2000 Sb., ve znění pozdějších předpisů, ve vymezeném rozsahu provádět činnosti uvedené v § 83a, odst.1, písm. a) až i) a § 83e.
- Prokázání pravidelné úspěšné účasti na srovnávacích měřeních.

Zajištění kvality měření

- Interní kontrola (regulační diagramy, ověřování přesnosti a správnosti metod)
- Externí kontrola (kalibrace přístrojů, údržba a ověřování průtokoměrů, metrologická návaznost)

Legislativa

- **ZÁKON č. 258 ve znění zákona 471/2005 Sb.** - o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů
- **Vyhláška č. 6/2003 Sb.**, kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb
- **Vyhláška č. 491/2006 Sb.** Ministerstva pro místní rozvoj, o obecných technických požadavcích na výstavbu

Měření vnitřního ovzduší

Naše zkušenosti:

- Měření vnitřního ovzduší bytů v rámci **monitoringu** vnitřního ovzduší - sledování celého spektra parametrů.
- **Expertizní činnost** - měření v bytech, kancelářích, zdravotnických zařízeních, apod. - většinou sledování vybraných parametrů kvality vnitřního ovzduší
- Měření vnitřního ovzduší ve **školách** v rámci další etapy monitoringu vnitřního ovzduší - celé spektrum parametrů



Jak dýchat v interiéru čistý vzduch ?

... změnit trochu životní styl... !

- Pravidelně intenzivně **větrat**
- **Nekouřit**
- Zbytečně nepoužívat čisticí prostředky a dezinfekční přípravky
- Vyhnout se trvalému užívání přípravků typu vonných svíček a gelů
- Pro vybavení interiéru volit spíše přírodní materiály
- používat omyvatelné či bezprašné povrchy

Jak dýchat v interiéru čistý vzduch ?

... změnit trochu životní styl... !

- Omezit množství bytového textilu
- Důkladně odvětrávat zplodiny z topení, vaření, případně ohřívání vody (karma)
- V obytných místnostech neprovázet činnosti související např. s modelováním, či podobným hobby (lepení, svařování).
- Udržovat optimální **teplotu a vlhkost**

(Nebo Zpátky na stromy)



Děkuji za pozornost a přeji
všem čistý vzduch

