


TAKING  
COOPERATION  
FORWARD

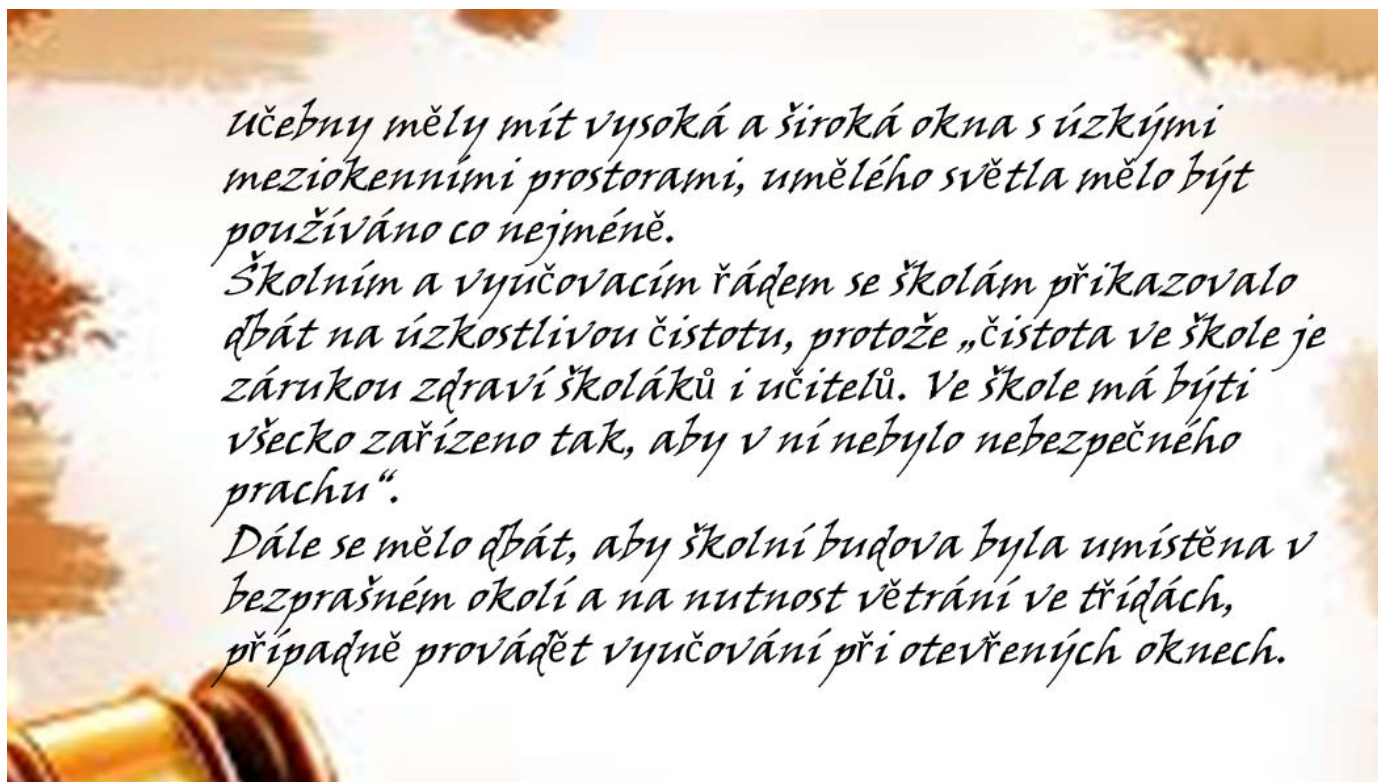
 InAirQ - projekt - seminář 28. a 29. 11. 2019

 **Kvalita vnitřního ovzduší (IAQ)**

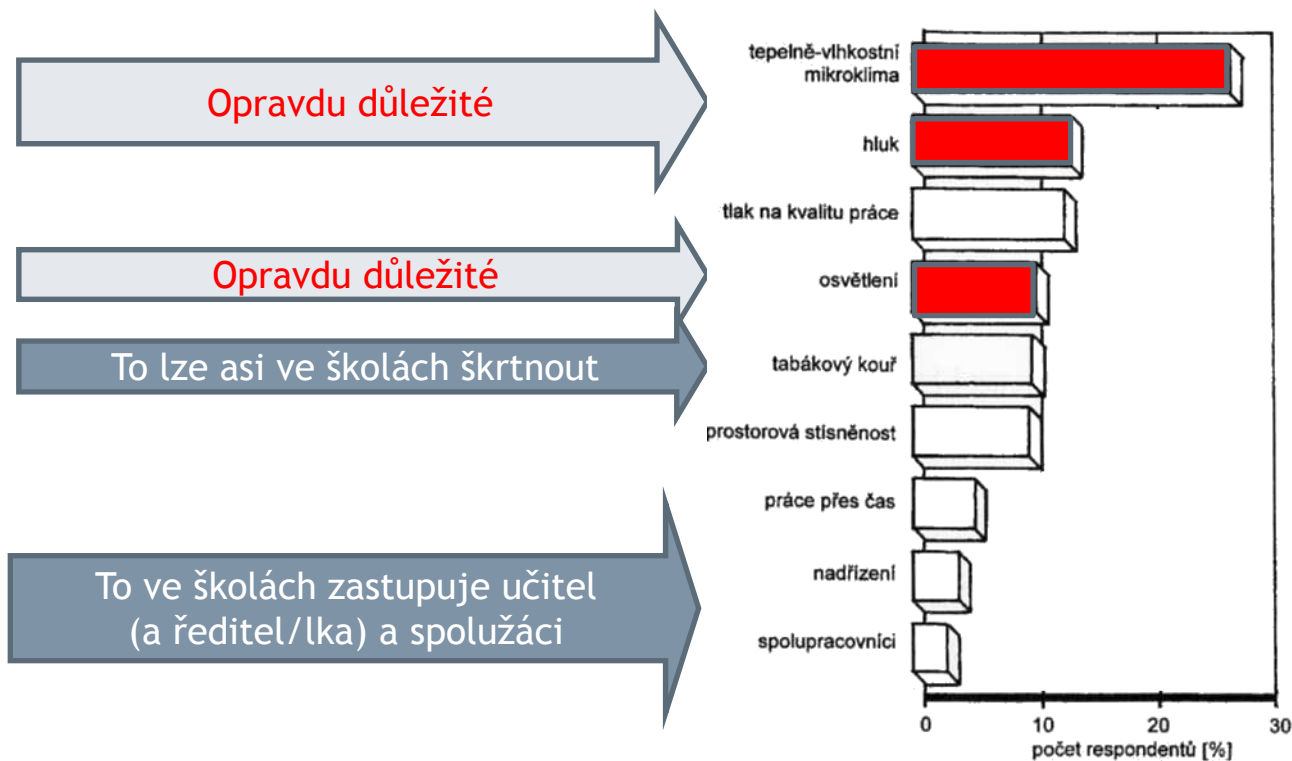
 Centrum zdraví a životního prostředí, Státní zdravotní ústav

Zákon č. 226/1922 Sb., jímž se mění a doplňují zákony o školách obecných a občanských ministerstva školství a národní osvěty (tzv. malý školský zákon)

obsahoval mimo jiné požadavek, aby se při projektování nových škol pamatovalo na velké, vzdušné učebny s dostatečným a účelným větracím zařízením a správným vytápěním.



# Faktory, které lidé zvláště vnímají ve vnitřním prostředí



# Pokud to shrneme

Kvalitu vnitřního prostředí ovlivňuje celá řada spolupůsobících faktorů. Z těch hlavních lze uvést architektonické řešení, umístění budovy a hluk v jejím okolí, orientace a uspořádání vnitřního prostoru, vybavení, osvětlení, doba dozvuku (akustika) ...

A co z toho ve vnitřním prostředí nejvíce smyslově at' už pozitivně či negativně vnímáme?

Primárně **teplotu**, **vlhkost** a **proudění vzduchu** (které mají největší vliv na subjektivní pocit pohody), **zápach** (některé chemické látky), **prašnost**, **hluk**, **osvětlení**, u citlivých osob se někdy uvádí i **elektrická** a **elektromagnetická pole** a úroveň **ionizace vzduchu**.



# A proč se aktuálně řeší IAQ?

- Mění se stavební postupy
  - stavební materiály (beton) - prodyšnost
  - široké používání plastů a lepidel
  - syntetické materiály v vybavení
- Montované budovy - nové postupy
- Nové způsoby vytápění
- Aspekty úspory energie
- Rozdílné využití vnitřního prostoru
- Čas strávený vnitřním prostorem (domy, školy, úřady) - průměrně 90 % času ve vnitřním prostředí (budky)
- Studie ukázaly, že lidé v uzavřených prostorech vyvíjejí vyšší hodnoty koncentrací některých znečišťujících látek než ve venkovním ovzduší
- SBS (Sick building syndrome)
- A „last not least” - rozvíjejí se naše znalosti a analytické postupy

**Zdraví dětí a zdravé životní prostředí je podle European Environment and Health Process (WHO/Euro, UN ECE) vysokou prioritou.**



# SBS - co nacházíme v nemocných budovách (WHO)

(Ne každá nemocná budova je má všechny a ne každá budova je nemocná, pokud nastane některá z uvedených situací.)

- Budova byla postavena po roce 1960
- Klimatizovaná budova, okna nelze otevřít
- Velmi jasná nebo blikající světla
- Větrání, topení a osvětlení nelze dostatečně ovládat
- Koberce nebo čalounění
- Mnoho otevřených polic nebo úložných prostorů
- Nový nábytek, lakované povrchy
- Opomíjená údržba, nedostatečný úklid
- Vysoké teploty nebo velké kolísání teploty
- Velmi nízká nebo velmi vysoká vlhkost
- Chemické znečišťující látky (cigaretový kouř, ozon) nebo VOC ze stavebních materiálů a zařízení
- Zvýšená prašnost, výkyt vláknitých struktur ve vzduchu
- IT technologie, počítačové monitory, vyšší hladina hluku



# Příčiny SBS

- mohou vznikat během plánování a výstavby nebo během provozu, údržby a používání budovy;
- v konkrétních případech je obtížné najít příčinu;
- problémy lze rozdělit do 4 kategorií (WHO):
  - místní faktory (infrahluk)
  - stavební materiály, vybavení, problémy spojené s funkcí budovy (emise chemických látek ze stavebních materiálů a nábytku, osvětlení, topení)
  - problémy nezávislé na struktuře budovy (prach, plísně .... )
  - Psychologické/psychosomatické problémy (společenské, fyzické atributy a další faktory)



# Platná legislativa

- Zákon o ochraně veřejného zdraví č. 258/2000 Sb. v aktuálním znění, § 13
- Vyhláška MZ ČR č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností
- Vyhláška MMR ČR č. 20/2012 Sb., kterou se mění vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby
- Vyhláška č. 343/2009 Sb., kterou se mění vyhláška č. 410/2005 Sb., o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých ve znění vyhlášky 465/2016 Sb.





- se obvykle definuje jako

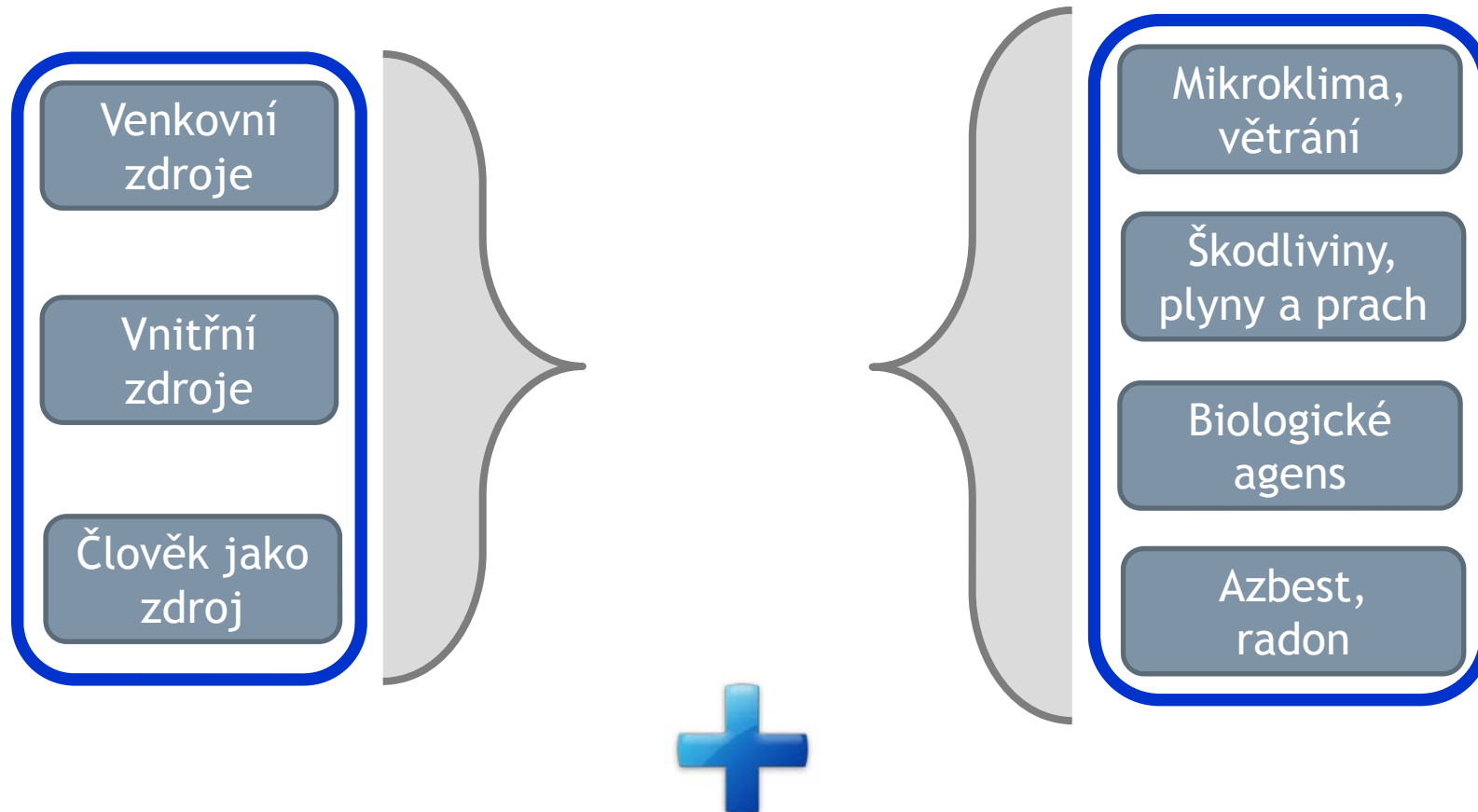
**„prostředí/ovzduší, které nemá přímé spojení s prostředím/ovzduším venkovním a/nebo je natolik ovlivňováno vnitřními zdroji, že se významně liší od prostředí/ovzduší venkovního. Může mít zcela specifické mikroklima“**

(nezahrnuje pracovní prostředí - tj. prostory znečištěné výkonem práce, spotřebovávanými či vyráběnými materiály a souvisejícími technologiemi)

- a představuje kvalitu ovzduší uvnitř budov reprezentovanou koncentracemi znečišťujících látek a mikroklimatickými podmínkami, které ovlivňují zdraví, pohodlí a výkon lidí uvnitř tohoto prostoru



# Ve vnitřním prostředí působí



Osvětlení, hluk, elektromagnetické záření, údržba, sousedi, životní partner, rodina, děti .....



# Mikroklimatické parametry



# Mikroklimatické parametry

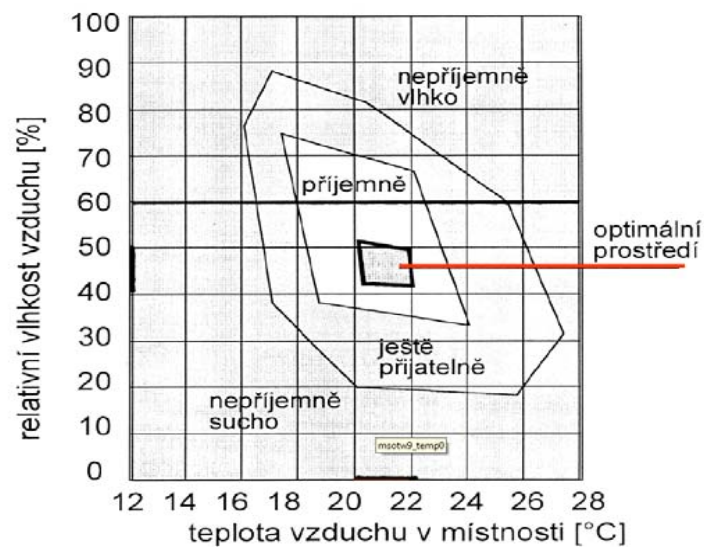
„Tepelně vlhkostní podmínky prostředí“

- Mikroklimatické podmínky jsou určeny teplotou, relativní vlhkostí a rychlostí proudění vzduchu, přičemž jsou tyto parametry na sobě závislé, neboť změna jednoho má za následek i změnu dalších dvou.
- Parametry mikroklimatu určují subjektivní pocit komfortu (pohody až nepohody), v krajních případech, tj. při překročení přípustných hodnot, mohou být faktorem potenciálně ohrožujícím zdraví, zvláště u citlivých jedinců.

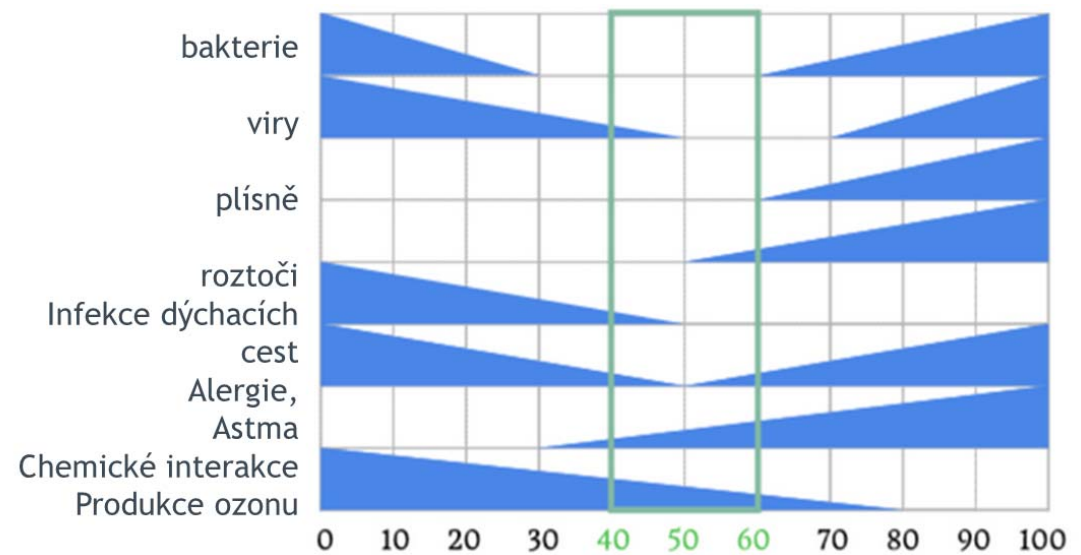


# Mikroklimatické parametry

## Jak se cítíme



## Optimální relativní vlhkost v % pro



# Podle platné legislativy

Požadavky na fyzikální faktory vnitřního prostředí jsou řešeny vyhláškou č. 410/2005 Sb. ve znění vyhlášky č. 343/2009 Sb. v platném znění.

Jmenovitě pro učebny a tělocvičny je uvedeno:

- minimální výsledná teplota 20°C, optimální výsledná teplota 22 ± 2°C a maximální výsledná teplota 28°C a 20 ± 2°C pro tělocvičny;
- rychlost proudění vzduchu 0,1 až 0,2 m/s;
- relativní vlhkost 30 až 65 %;
- a intenzita větrání čerstvým vzduchem 20 až 30 m<sup>3</sup> na 1 žáka.



# Venkovní zdroje



# Venkovní zdroje

- Doprava (vzdálenost od rušných silnic, benzín x diesel, auta x kamiony, parkoviště) (a rodičovské taxíky)
- Elektrárny, energetické zdroje včetně lokálních
- Ostatní průmyslové zdroje
- Znečištění v důsledku stavební činnosti
- Skládky odpadu
- Zemědělská činnost (např. postřiky, pesticidy)
- Příroda (pyly, mikračka)





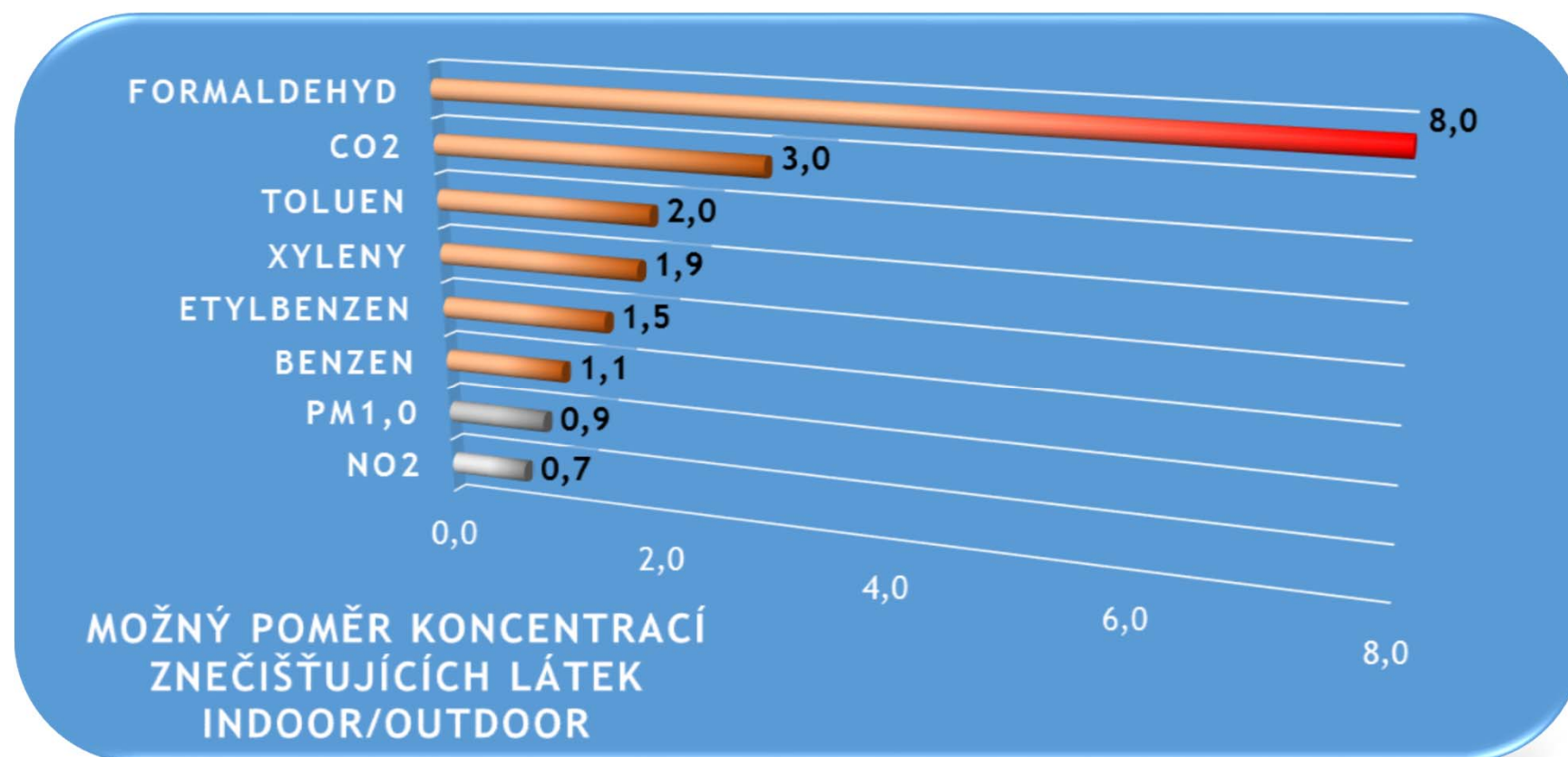
# Venkovní zdroje znečištění

## Architektonické faktory, které ovlivňují infiltraci znečišťujících látek z venkovního ovzduší

- Použité technologie, stavební prvky
- Orientace budovy
- Podlaží
- Orientace učeben (do ulice/do dvora)
- Okolní vegetace



# Možný „běžný“ poměr koncentrací znečišťujících látek

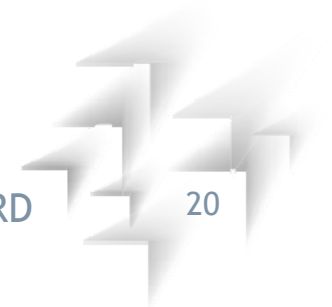


# Vnitřní zdroje



# Vnitřní zdroje znečištění

- Stavební a izolační materiály
- Povrchové materiály (obklady stěn, koberce, rolety, záclony)
- Vybavení
- Odpařování těkavých chemikálií z nových materiálů
- Barvy
- Vosky, repelenty
- Klihy a pryskyřice
- Rozpouštědla
- Kopírky, inkousty
- Čisticí/dezinfekční přípravky
- Biocidy, pesticidy
- Výrobky osobní péče
- Lidé (vydechovaný vzduch, kouření ?/!)
- Domácí zvířata, hlodavci, hmyz
- Plísně (od vlhkosti)



# Typy vnitřního prostředí a zdrojů



Jenom pro ilustraci - **rozdělení typů vnitřního prostředí** a typů zdrojů.

Tabulka je určena pro základní orientaci v oblasti zdrojů znečištění vnitřního ovzduší.

Nelze předpokládat, že je či někdy bude **definitivní a úplná**.



# Potenciální zdroje ve vnitřním prostředí

V tabulce je zpracován orientační souhrn **potenciálních zdrojů ve vnitřním ovzduší.**

Tabulka je určena pro základní orientaci v oblasti zdrojů znečištění vnitřního ovzduší.

Nelze předpokládat, že je či někdy bude **definitivní a úplná.**



# Biologická agens



# Biologická agens

- plísně, kvasinky
- bakterie, viry
- zvířecí chlupy, šupinky kůže, výkaly, sliny, moč
- hmyz (výkaly švábů, roztoči, atd.)
- pyly





# Biologická agens - zdroje

## Venkovní zdroje

- plísně, bakterie ....
- pyly ve venkovním vzduchu

## Vnitřní zdroje (hlavní podíl)

- stojatá voda
- vlhké povrchy a materiály
- pára ze sprchování
- klimatizace
- čalouněný nábytek a koberce
- zvířata (alergeny mohou být přítomny měsíce po odstranění zdroje)
- nemocní lidé
- špatně provozované zvlhčovače vzduchu



# Příčiny zvýšené vlhkosti v budovách

## Špatně provedené/nevhodné technologické řešení

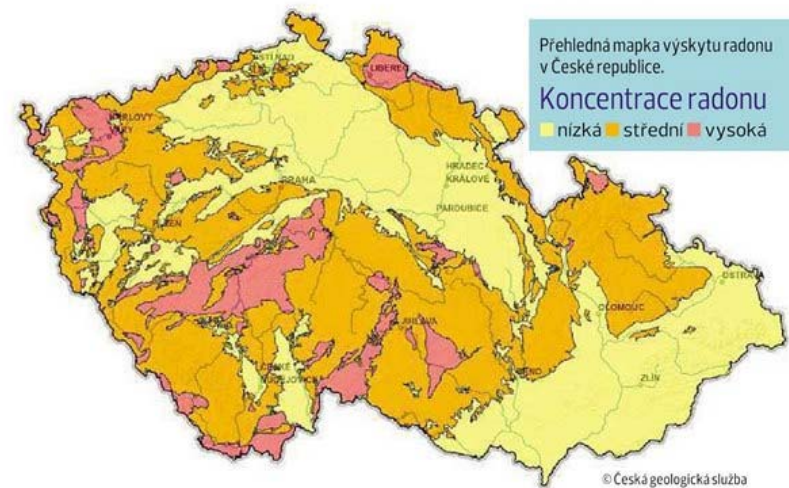
- Kapilární absorpce podzemní vody do konstrukčních prvků budovy (špatná izolace)
- průsaky, déšť, roztátý sníh (přes střechu, stěny nebo spáry), havárie

## Kondenzace

- Nadměrná tvorba páry nebo nedostatečné větrání
- Nedostatečné vytápění
- Chladné povrchy/tepelné mosty

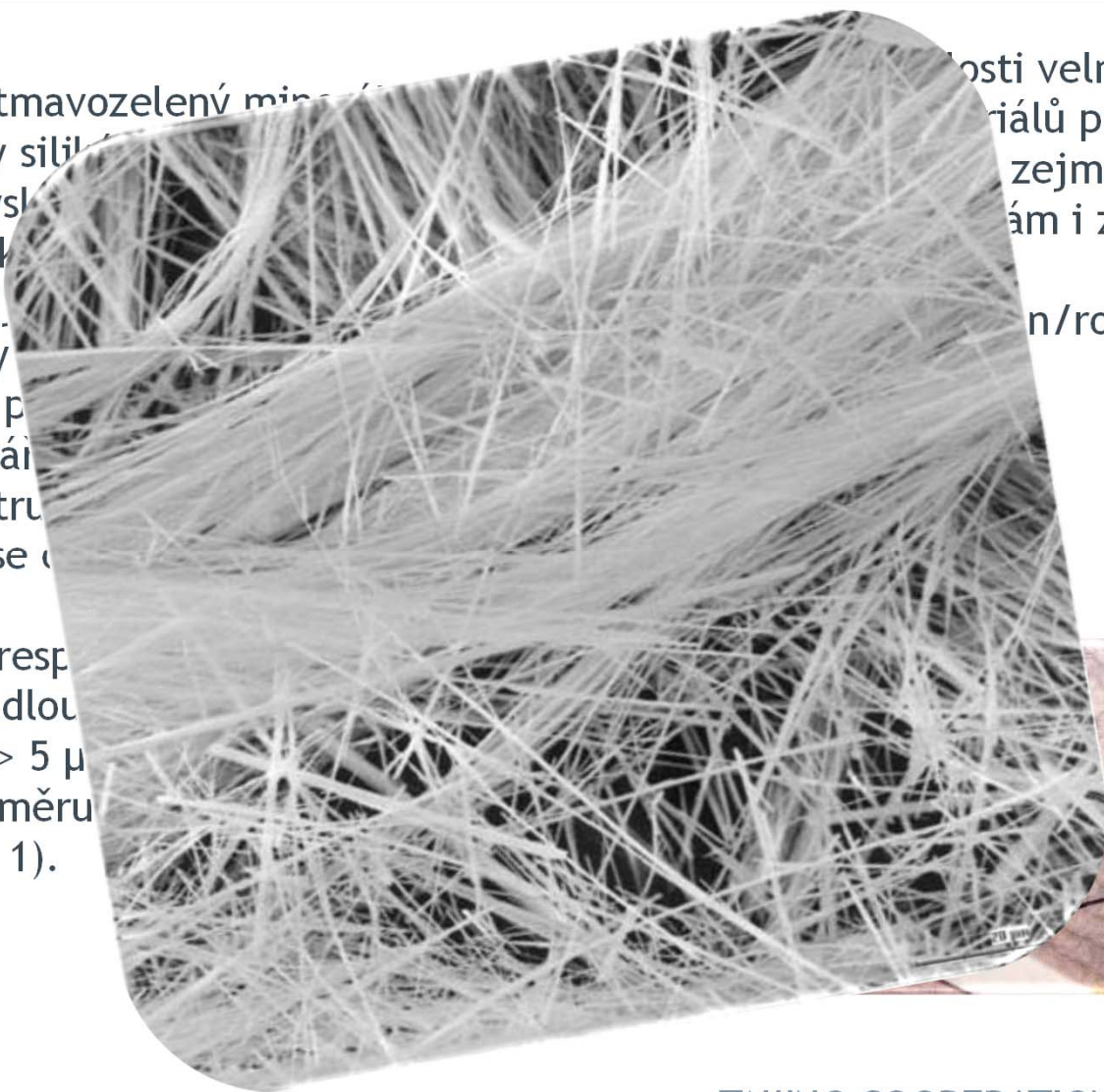


# Azbest, radon



# Azbest (MMF?)

- Světlý až tmavozelený minerál ze skupiny silikátů, který v přírodě vyskytuje hlavně v skupině hlavních silikátů amfiboly (skupina serpentiny) a jeho vlastností pro sklon vytváří vláknité strukturu s tendencí se odtahovat do délcí.
  - (Definice resp. (částic): „délka o délce  $L > 5 \mu\text{m}$  a poměru  $L : D > 3 : 1$ ).
- ...osti velmi často přidáván materiálů pro své fyzikálně-zejména nehořlavost, i zásadám, pevnost a ...n/rok) v období od roku



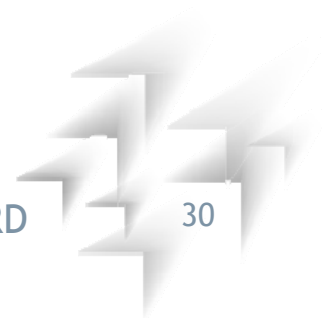
## Zdroje:

- Půda/emanace z horninového podloží - významné zeměpisné rozdíly - sklepy hrají důležitou roli při snižování expozice
- Zemní plyn
- Vodovodní potrubí (voda, studně, vrty)
- Stavební materiály (obsah přírodního radioaktivního materiálu + přísady, např. popílek z tepelné elektrárny, vysokopeční struska)

Dobrá ventilace může situaci výrazně zlepšit



# Člověk jako zdroj ....



# Kontaminace způsobené lidmi

- Vydechovaný vzduch obsahuje 17,0 % (v/v) O<sub>2</sub> a 83,0 % (v/v) CO<sub>2</sub>.
- Dospělý vyprodukuje za hodinu 45 g potu a ve vydechovaném vzduchu je přibližně, podle fyzické zátěže, 30 až 300 g vodní páry a 10 až 75 litrů CO<sub>2</sub>.
- Navíc dospělý produkuje cca 316 KJ nebo tepla/hod.
- (plus nějaké bioefluenty)

- 
- Aktivity, činnosti, životní styl



# Emise částic podle aktivit (činností)

Činnost	Částice [nr/m <sup>3</sup> ]
Stání/sezení (bez pohybu)	100 000
Lehký pohyb	500 000
Pohyb těla a paže	1 000 000
Změna pozice	2 500 000
Pomalá chůze	5 000 000
Průměrná chůze	7 500 000
Gymnastika	>15 miliónů





- **Variabilní typu a doby expozice** daná režimem a využitím daného prostoru
- **Výměna vzduchu** - větrání, klimatizace, ventilace, rekuperace, recirkulace vzduchu, plastová okna, omezený rozptyl látek
- Emise ze **stavebních materiálů**
- Nárůst používání syntetických látek, nové konstrukční materiály, intenzivnější používání chemických (parfémovaných) čisticích a úklidových a desinfekčních prostředků
- **Mikroklimatické** faktory (skleníkový efekt)
- **Kombinace** vlivu vnitřních a venkovních zdrojů



- **Koncentrace** měřených látek ve vnitřním ovzduší jsou závislé na vydatnosti (emisi) zdrojů (na větrání), chemických a fyzikálních procesech ...
- **Emise** je závislá téměř na režimu provozu a aktivitách uživatelů, na vnitřních mikroklimatických a venkovních meteorologických podmínkách
- Koncentrace mají **časovou i prostorovou variabilitu**
- Měření nebo odběr vzorku **nesmí** významně ovlivnit/ovlivňovat aktivity a využití vnitřního prostředí (hluk, zábor prostoru) natož měřené hodnoty
- Odběr nebo měřené hodnoty **nesmí** být ovlivněny uživatelem/uživateli proměřovaného prostoru



# Proč je kvalita vnitřního ovzduší ve školách důležitá?



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>).



- Děti jsou populační skupina, která je velmi citlivá na nebezpečné chemické látky tj. na kvalitu prostředí.
- Uvádí se, že špatná kvalita vnitřního ovzduší může narušit schopnost žáků učit se.
- Důsledkem špatné kvality vnitřního ovzduší mohou být bolesti hlavy, nevolnost, ospalost mohou být příčinou zhoršení zdravotního stavu nebo až vzniku některých onemocnění.
- Působení toxických látek může mít nejen akutní příznaky jako je podráždění, ale dlouhodobém působení může poškodit zdraví.
- Pocit diskomfortu vede často k nespokojenosti.



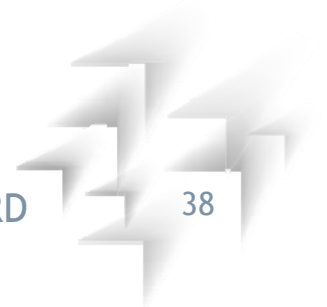
# Základní a mateřské školy - identifikované problémy

- 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**).



# Výměna vzduchu - větrání

poznámka:  
čerstvý vzduch je jenom venku



Požadavky na fyzikální faktory vnitřního prostředí jsou řešeny vyhláškou č. 410/2005 Sb. ve znění vyhlášky č. 343/2009 Sb.

Pro učebny a tělocvičny je stanoven požadavek na výměnu vzduchu 20 až 30 m<sup>3</sup> na 1 žáka.



# Okenní, mauální větrání

Infiltrace: náhodné / úmyslné proudění venkovního vzduchu okny, trhlinami a různými otvory v budovách.

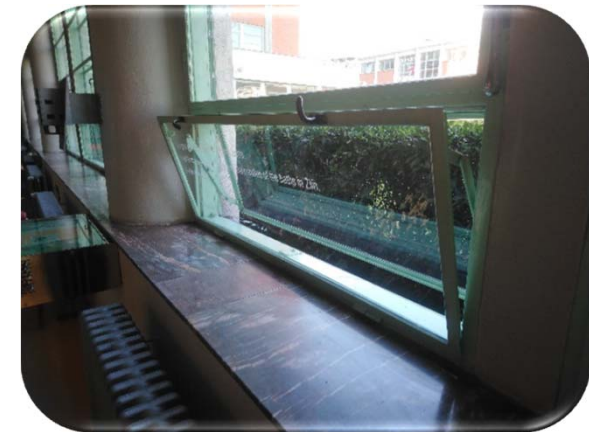
Exfiltrace: pohyb vzduchu z vnitřního do venkovního.

Přirozené větrání

Proud vzduchu - nastává hlavně díky dvěma gradientům:

- Tlak - rozdíl mezi venkovním a vnitřním tlakem
- Teplota - když se teplota vnitřního vzduchu liší od venkovní teploty

Přirozená ventilace může být neefektivní (větrání pouze ventilačkami). Pokud není zajištěno průvanové větrání nemusí vzduch cirkulovat rovnoměrně a v některých prostorech zůstává vydýchaný vzduch. (zdroj pylu a škodlivin z okolního vzduchu)





# Řízená výměna vzduchu

Vytápění, ventilace, klimatizace (HVAC), rekuperace:

Reprezentuje použití ventilátorů nebo klimatizačních zařízení či systémů rekuperace.

Hlavní prvky:

- Výměna vzduchu
- Rekuperace
- Adjustace teploty
- Vlhkost řešena entalpickými výměníky (?)

Funkce:

- Vytápí/chladí
- Větrá
- Filtruje (někdy)
- Zvlhčování - odvlhčování (někdy)

