2021

ANALÝZA MONITOROVANIA KVALITY VNÚTORNÉHO PROSTREDIA NA SLOVENSKÝCH ŠKOLÁCH

Analýza výsledkov meraní kvality vnútorného prostredia v triedach a učebniach, ktoré boli realizované na 28 rôznych školských budovách v období rokov 2015 až 2021.

BUDOVY PRE BUDÚCNOSŤ

Autor

Ing. Richard Rakši

Experti, ktorí prispeli do dokumentu

prof. Ing. Silvia Vilčeková, PhD. (SVF TUKE)
Ing. Vladimír Orovnický (Daikin Slovensko)
Ing. Miroslav Zliechovec (Saint-Gobain Construction Products, s.r.o)
Ing. Peter Petraško (Ecophon SK)
Michal Široký (Saint-Gobain Construction Products, s.r.o)
Matej Žák MSc. (Akudesign s.r.o)

Za poskytnutie výsledkov meraní a odbornú spätnú väzbu BPB ďakuje

prof. Ing. Silvii Vilčekovej, PhD. a Stavebnej fakulte Technickej univerzity v Košiciach
Ing. Vladimírovi Orovnickému a spoločnosti Daikin Slovensko
Ing. Peterovi Petraškovi
Matejovi Žákovi MSc. a spoločnosti Akudesign s.r.o

Dokument vznikol vďaka projektovému partnerstvu platformy Budovy pre budúcnosť so spoločnosťou Saint-Gobain Construction Products, s.r.o, Stavebnou fakultou Technickej univerzity v Košiciach a spoločnosťou Daikin Airconditioning Central Europe – Slovakia s.r.o.

Dokument vznikol v spolupráci s projektom Pronea.

Publikované v Auguste 2021 platformou Budovy pre budúcnosť (BPB).

Obsah

Zhrnutie 4

Úvod 5

01 Štyri aspekty kvality vnútorného prostredia 6

02 Analýza monitoringu KVP na školách 8

A. Monitorované parametre KVP a ich limitné hodnoty 8
B. Zhrnutie a zhodnotenie výsledkov meraní 11
C. Vplyv nezdravého vnútorného prostredia na žiakov a učiteľov 22

Príloha 1 29
Detailný prehľad monitoringu KVP na školách

Príloha 2 138
Počet žiakov a učiteľov v SR

ZHRNUTIE

Dokument analyzuje výsledky meraní kvality vnútorného prostredia v triedach a učebniach, ktoré boli realizované na 28 rôznych školských budovách v období rokov 2015 až 2021. V triedach boli monitorované viaceré fyzikálne a chemické faktory, ako sú teplota a vlhkosť vzduchu, intenzita osvetlenia, hladina akustického hluku, čas dozvuku, koncentrácia oxidu uhličitého, tuhých častíc (prach) a prchavých organických zlúčenín. Súčasťou niektorých meraní bolo taktiež subjektívne hodnotenie kvality vnútorného prostredia užívateľov prostredníctvom štandardizovaných dotazníkov.

Súhrnné výsledky popisuje kapitola 2.2 a detailný prehľad výsledkov je obsiahnutý v prílohe 1. Dokument popisuje výsledky merania a dopady podľa štyroch hlavných aspektov kvality vnútorného prostredia, ktorými sú kvalita vnútorného vzduchu, tepelná pohoda, akustický komfort a svetelný a vizuálny komfort.

Merania na slovenských školách, ktoré boli predmetom tejto analýzy dokazujú, že deti trávia veľkú časť dňa v nevyhovujúcom prostredí, ktoré má nezanedbateľný negatívny dopad na ich výkon a zdravie. Limitné hodnoty meraných objektívnych faktorov neboli splnené v značnej časti monitorovaných tried. Najzávažnejšími problémamisú vysoké koncentrácie oxidu uhličitého a zvýšená prašnosť spojená s nedostatočným vetraním, problém s hlukom a zlým akustickým komfortom v triedach a prehrievanie tried v teplom období.

Dokument taktiež popisuje vplyv nezdravého vnútorného prostredia na žiakov a učiteľov (kapitola 2.3).

28 RÔZNYCH ŠKÔLSKÝCH BUDOV:

Materské školy,
Základné školy,
Stredné školy,
Gymnázia,
Základná umelecká škola, Základná špeciálna škola,
Vysokoškolské učebne,
Univerzitná knižnica...

Bratislava
Senec
Trnava
Galanta

Šaľa
Nové Zámky
Komárno
Levice

Nitra
Žarnovica
Prievidza
Žilina

Košice
Sabinov
Kežmarok
Rimavská Sobota

Trebišov
Poprad

ÚVOD

Priemerný človek trávi viac ako 90 % svojho času vo vnútorných, uzavretých priestoroch rôznych budov. Vonkajšiemu prostrediu sa dnes priemerný človek vystavuje minimálne. Deti trávia s výnimkou domova najviac času v školách. Kvalita vnútorného vzduchu v triede, kvalita akustiky, teplota v interiéri či dostatok svetla významne ovplyvňuje ich zdravie, dochádzku alebo výkon počas vyučovania. Viacero štúdií a meraní dokazuje, že nevhodné prostredie vedie k zhoršenej pozornosti žiakov, zvýšenej chorobnosti, k vzniku astmatických chorôb či oslabení imunitného systému.

Školy v Slovenskej republike nie vždy predstavujú ideálne prostredie pre vzdelávanie. Mnohé budovy slovenských škôl sú staré, nie tepelne izolované, s nízkou tepelnou pohodou, slabou kvalitou vnútorného vzduchu a akustiky alebo nedostatočným osvetlením. Časť školských budov na Slovensku prešla obnovou, ktorej súčasťou bolo zateplenie a výmena okien. To sú prvé kroky k zlepšeniu technických vlastností budovy a z pohľadu energetických úspor to je v poriadku. Zároveň sa však tieto budovy takmer vzduchotesne uzavreli a pokiaľ sa v nich neriešil súčasne systém vzduchotechniky, majú dnes tieto budovy problém s nedostatočným vetraním. Doposiaľ netesné okná aspoň čiastočne priestor prevetrávali. Pokiaľ však boli nahradené tesnými, prestalo dochádzať aspoň k takejto prirodzenej výmene vzduchu infiltráciou. Merania zároveň dokazujú, že zabezpečovať vetranie len inštinktívnym otváraním okien požadovanú výmenu vzduchu nezabezpečí. Otvárať okno môže byť nepríjemné aj z dôvodu nadmernej prašnosti a hluku z dopravy v okolí budovy. Znižovanie energetickej náročnosti školskej budovy sa preto nemôže dostať do konfliktu so zásadami tvorby zdravého vnútorného prostredia budov.

Problémy s kvalitou vnútorného prostredia v školách sa netýkajú len kvality vzduchu, ktorá je vnímaná vždy najintenzívnejšie. Veľkým problémom, o ktorom sa toľko nehovorí, je taktiež zlá akustika a nedostatočné osvetlenie v triedach. Pritom celková kvalita vnútorného prostredia v školských budovách je v skutku zásadná, a to predovšetkým z dôvodu nárokov na sústredenú prácu a kognitívne procesy pri učení. Zabezpečenie kvalitného vnútorného prostredia v školách by zároveň malo byť súčasťou systémového prístupu v podpore kvalitnej výchovy a vzdelávania detí, do ktorého patrí samotný systém vzdelávania, zdravá strava, či dostatok pohybu a rovnako tak prostredie v ktorom sa deti vzdelávajú.

Merania dokazujú, že vo vnútornom prostredí škôl nie sú často dodržané požadované mikroklimatické podmienky ako tepelný komfort, vlhkosť a dostatočné vetranie. Súčasne sa dosahujú vysoké koncentrácie škodlivín, najmä tuhých častíc a prchavých organických zlúčenín. Častý je problém s nevhodnou akustikou v triedach a nekvalitným osvetlením. Mnohé zistenia poukazujú na zvýšený výskyt symptómov syndrómu chorých budov, únavu, bolesti hlavy, problémy s koncentráciou, detskú astmu a iné respiračné infekcie u detí aj pedagógov. Takéto prostredie následne vedie k nežiaducemu vplyvu na vzdelávací proces.

Slovenské školy navštevuje viac ako 1,1 milióna detí a študujúcich a približne 165 tisíc pedagógov (pozri prílohu 2). Len v rámci základných škôl ich navštevovalo v školskom roku 2020/2021 približne 486 tisíc žiakov v takmer 27,5 tisíc triedach, ktorých učilo 74 tisíc učiteľov v celej Slovenskej republike. Je v záujme nás všetkých, aby sa naše deti učili v podmienkach, ktoré dokážu naplno rozvinúť ich potenciál a nie v podmienkach znižujúcich kvalitu výučby.

01

ŠTYRI ASPEKTY KVALITY VNÚTORNÉHO PROSTREDIA

KVALITA VNÚTORNÉHO VZDUCHU

Zdravú mikroklímu v budovách ovplyvňuje z veľkej časti vzduch, ktorý by mal byť čerstvý, zdravý a neznečistený látkami, ktoré majú negatívny vplyv na človeka.

Tri hlavné znečisťujúce látky ovplyvňujúce vzduch v interiéri sú:

- **oxid uhličitý (CO_2)**
- **tuhé prachové častice ($PM_{0,5}$ – PM_{10})**
- **prchavé organické zlúčeniny (VOC).**

Na zabezpečenie dobrej kvality vzduchu v miestnostiach je potrebné zabezpečiť optimálnu výmenu vzduchu, eliminovať alebo znížiť tvorbu vnútorného znečistenia a filtráciou prečistiť vzduch, ktorý prúdi do budovy a von z nej.

TEPELNÁ POHODA

Správna tepelná rovnováha, vďaka ktorej je v miestnosti príjemná teplota v lete i v zime, je dôležitý aspekt vnútorného prostredia v budovách. Kvalitné prostredie je také, v ktorom nepociťujeme žiadny tepelný diskomfort. Ten môže nastať v prehriatej miestnosti počas teplých dní, sálaným chladu z povrchu konštrukcie alebo pri silnom prievane.

Hlavné faktory vnútorného prostredia, ktoré ovplyvňujú tepelnú pohodu sú:

- **teplota vzduchu**
- **radiačná teplota**
- **vlhkosť vzduchu**
- **rýchlosť prúdenia vzduchu.**

AKUSTICKÝ KOMFORT

Komfortné akustické podmienky vytvárajú prostredie, ktorého cieľom je zrozumiteľne počuť želané zvuky, vedieť sa sústrediť či cítiť sa príjemne a pokojne.

V takomto prostredí je zabezpečená **dobrá zrozumiteľnosť reči, izolácia od hluku z okolitého priestoru a eliminácia nadmerného hluku** v miestnosti z vnútorných zdrojov.

Priamy vplyv na akusticky komfort majú materiály zabezpečujúce akustickú izoláciu konštrukcií a technických systémov a pohlcujúce materiály slúžiace na zníženie neželaných odrazov vnútri miestnosti.

SVETELNÝ A VIZUÁLNY KOMFORT

Svetelný komfort definuje množstvo a kvalitu svetla v danej miestnosti. Pre vizuálny komfort je však dôležitý taktiež kontakt s vonkajším prostredím, zabezpečený optimálnym výhľadom na vonkajšie okolie.

Komfortné svetelné prostredie ovplyvňuje **dostatočný prísun prirodzeného denného svetla** v kombináciou **s kvalitou umelého osvetlenia** (optimálna intenzita umelého svetla, oslnenie, distribúcia jasu, rovnomernosť osvetlenia či farba svetla).

02

ANALÝZA MONITORINGU KVP NA ŠKOLÁCH

A. MONITOROVANÉ PARAMETRE KVP[1] A ICH LIMITNÉ HODNOTY

Medzi objektívne parametre KVP patria fyzikálne a chemické faktory.

FYZIKÁLNE FAKTORY:

Pri posudzovaní tepelno-vlhkostnej mikroklímy budov sú základnými hodnotiacimi veličinami teplota, rýchlosť prúdenia vzduchu a relatívna vlhkosť vzduchu. Medzi ďalšie hlavné fyzikálne faktory taktiež patrí osvetlenie alebo hluk.

CHEMICKÉ FAKTORY:

Medzi hlavné chemické faktory kvality vnútorného prostredia patrí koncentrácia oxidu uhličitého (CO_2), koncentrácia tuhých prachových častíc ($PM_{0,5}$ – PM_{10}) a koncentrácie celkových prchavých organických zlúčenín (TVOC).

TEPLOTA VZDUCHU (TA)

Vyhláška MZ SR č. 259/2008 Z. z. v znení neskorších predpisov uvádza limitnú hodnotu pre operatívnu teplotu t_o (θ_o). Teplota vzduchu ta (θ_a) preto nemôže byť porovnaná s limitnou hodnotou, má iba informatívny charakter. Operatívna teplota je vyjadrená aritmetickým priemerom medzi teplotou vzduchu (θ_a) a strednou teplotou sálania z okolitých plôch ($\theta_{r,m}$). Limitná hodnota operatívnej teploty pre učebne v školách a predškolských zariadeniach je 20 – 24 °C. Teplota vzduchu v triedach by však ideálne nemala prekročiť 26 °C resp. 28 °C.

RELATÍVNA VLHKOSŤ VZDUCHU (Φ)

Priemerná hodnota relatívnej vlhkosti vzduchu vo vnútornom prostredí je porovnaná s limitnou hodnotou 30 – 70 % v zmysle Vyhlášky MZ SR č. 259/2008 Z. z. v znení neskorších predpisov.

RÝCHLOSŤ PRÚDENIA VZDUCHU (V_a)

Prípustná rýchlosť prúdenia vzduchu v učebniach by mala byť v zmysle vyhlášky MZ SR č. 259/2008 Z. z. v znení neskorších predpisov menej ako 0,25 m/s v teplom období roka a ≤ 0,2 m/s v chladnom období roka.

EKVIVALENTNÁ HLADINA HLUKU (L_{Aeq})

Určujúcou veličinou v zmysle Vyhlášky MZ SR č. 549/2007 Z. z. vo vnútornom prostredí budov je maximálna hladina zvuku L_{Amax} alebo ekvivalentná hladina zvuku L_{Aeq} . Prípustná hodnota pre hluk z vnútorných zdrojov $L_{Amax,p}$ a hluk z vonkajšieho prostredia L_{Aeq} je 40dB.

ČAS DOZVUKU

Čas dozvuku ovplyvňuje zrozumiteľnosť hovoreného slova a je definovaný ako čas, za ktorý poklesne hladina akustického tlaku v miestnosti o 60dB. Inými slovami, vyjadruje ako dlho je v danej miestnosti počuť ozvenu daného zvuku.

INTENZITA OSVETLENIA (lx)

Intenzita bola meraná v rámci svetelnej siete v čase, keď sa v triede nenachádzali žiaci. Minimálna prípustná intenzita osvetlenia pre priestory so združeným osvetlením je 500 lux v zmysle Vyhlášky MZ SR č. 259/2008 Z. z. v znení neskorších predpisov.

KONCENTRÁCIA OXIDU UHLIČITÉHO (CO_2)

Oxid uhličitý sa prirodzene vyskytuje vo vzduchu a je najbežnejší kontaminant vnútorného prostredia budov. Je produktom dýchania ľudí a v zle vetraných priestoroch sa môže jeho koncentrácia zvyšovať. Koncentrácia CO_2 je udávaná v ppm (parts per milion) a často krát sa používa ako indikátor kvality vnútorného ovzdušia. Koncentrácia CO_2 v uzavretej miestnosti môže byť aj niekoľkonásobne vyššia než vo vonkajšom prostredí. Vo vzduchu vo vonkajšom prostredí sa pohybuje na úrovni okolo 350 - 400 ppm, v mestách a priemyselných oblastiach je to 450 ppm.

Najvyššie prípustná priemerná expozičná hodnota v pracovnom ovzduší je podľa Nariadenia Vlády SR č. 355/2006 Z. z. 5000 ppm.

Koncentrácia by však v interiéri nemala určite prekročiť 1500 ppm a ideálna koncentrácia sa pohybuje medzi 600 – 1000ppm. Odporúčaná limitná hodnota pre CO_2 podľa Von Pettenkofera[2] je úroveň 1000 ppm (Pettenkoferovo kritérium).

KONCENTRÁCIA TUHÝCH ČASTÍC ($PM_{0,5}$ – PM_{10})

Niektoré tuhé častice, ako napríklad prach, špina, sadze alebo dym, sú dostatočne veľké alebo tmavé na to, aby ich bolo možné vidieť voľným okom. Iné sú také malé, že ich voľným okom nevidno.

Limitná hodnota pre koncentrácie tuhých častíc stanovená Vyhláškou č. 259/2008 Z. z. v znení neskorších predpisov pre PM_{10} pre 24 hodinovú expozíciu je 50 µg/m³. V zmysle Vyhlášky MŽP SR č. 244/2016 Z. z. o kvalite ovzdušia, sú stanovené limitné hodnoty pre vonkajšie ovzdušie pre PM_{10} (50 µg/m³ denná resp. 40 µg/m³ ročná) $PM_{2,5}$ (25 µg/m³ resp. 20 µg/m³).

Niektoré merania prebiehali len počas vyučovania a nie je teda možné namerané údaje porovnávať s touto limitnou hodnotou. Aj napriek tomu však namerané výsledky poskytujú náhľad na situáciu v jednotlivých triedach, a umožňujú skonštatovať prítomnosť zvýšených koncentrácií tuhých častíc v monitorovaných triedach, najmä koncentrácií PM_{10}.

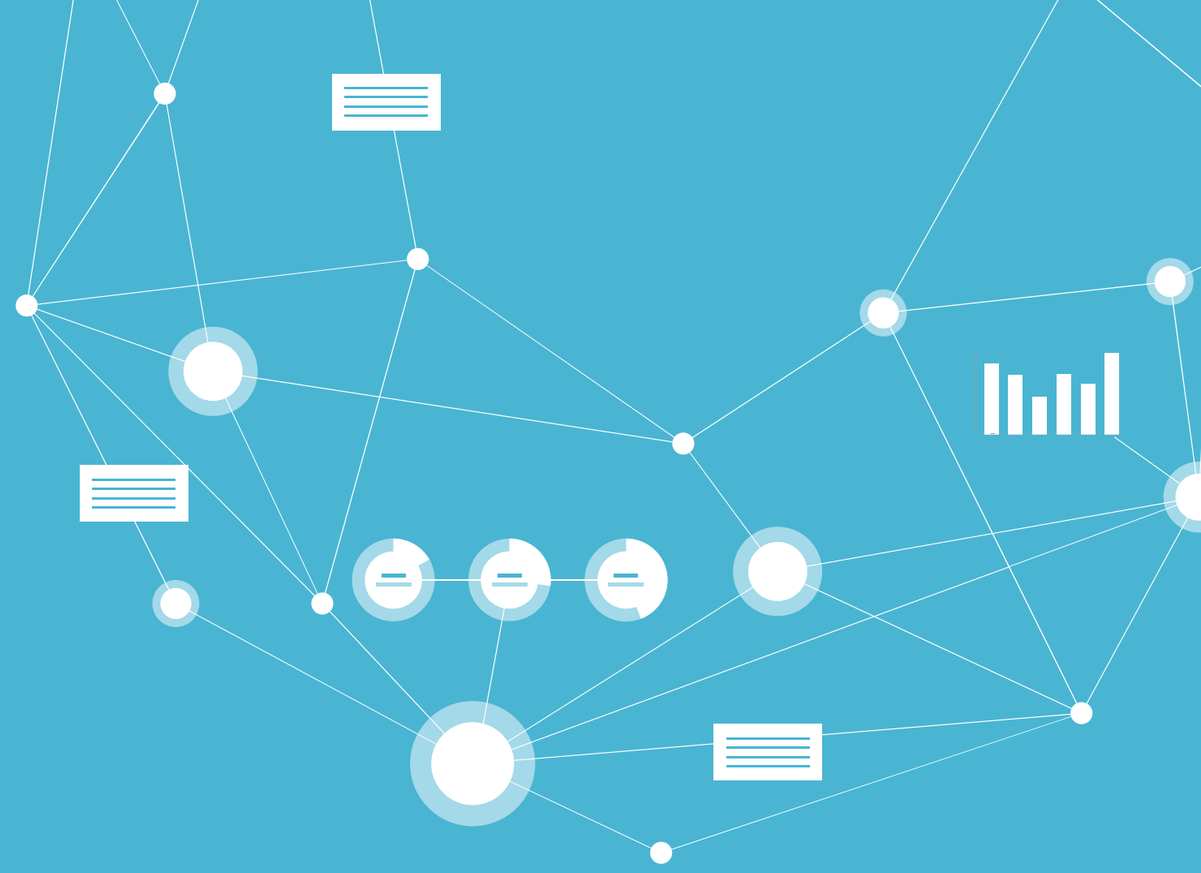
KONCENTRÁCIE CELKOVÝCH PRCHAVÝCH ORGANICKÝCH ZLÚČENÍN (TVOC)

Prchavé organické zlúčeniny (VOC) patria medzi významných znečisťovateľov vnútorného vzduchu. VOC obsahujú širokú škálu prchavých chemikálií (ako sú formaldehydy, benzén, naftalén, tetrachlormetán, xylény, atď.), ktoré sa môžu vyparovať zo stavebných výrobkov alebo nábytku bežne pri izbovej teplote v priebehu niekoľkých týždňov alebo rokov. VOC sa dostávajú do pobytových priestorov v dôsledku uvoľňovania zo stavebných materiálov a výrobkov na báze drevotriesky, penových a kompozitných

V zmysle Vyhlášky č. 259/2008 Z. z. v znení neskorších predpisov sú uvedené len limitné hodnoty pre jednotlivé chemické látky vo vnútornom ovzduší ako je formaldehyd či naftalén. Odporúčaná hodnota pre koncentrácie TVOC podľa Larsa Mølhaveho[3] (Dánsko) je 200 µg/m³.

SUBJEKTÍVNE HODNOTENIE KVP

Súčasťou niektorých meraní Stavebnej fakulty TUKE bolo taktiež subjektívne hodnotenie kvality vnútorného prostredia užívateľov prostredníctvom štandardizovaných MM dotazníkov[4]. Subjektívne hodnotenie je významným nástrojom používaným na získanie obrazu o KVP. Dotazníky obsahujú otázky o vnímanej kvalite vnútorného prostredia, o zdravotných ťažkostiach súvisiacich s pobytom v danom prostredí, ako aj otázky psychosociálneho charakteru.



B. ZHRNUTIE A ZHODNOTENIE VÝSLEDKOV MERANÍ

Merania na slovenských školách, ktoré boli predmetom tejto analýzy dokazujú, že deti trávia veľkú časť dňa v nevyhovujúcom prostredí, ktoré má významný negatívny dopadna ich výkon a zdravie. Limitné hodnoty meraných objektívnych faktorov neboli splnené v značnej časti monitorovaných tried.

KVALITA VNÚTORNÉHO VZDUCHU

TEPELNÁ POHODA

AKUSTICKÝ KOMFORT

SVETELNÝ A VIZUÁLNY KOMFORT

KVALITA VNÚTORNÉHO VZDUCHU

Látky znečisťujúce ovzdušie boli zistené v triedach v koncentráciách, ktoré v niekoľkých prípadoch presiahli odporúčané hodnoty, a ktoré boli škodlivé pre zdravie školákov. Vnútorný vzduchu v triedach je častokrát výrazne horší než vo vonkajšom prostredí.

Jedným z najvýznamnejších problémov v školách spojených s kvalitou vnútorného vzduchu sú vysoké koncentrácie CO_2 počas vyučovania.

V dobe vykurovacieho obdobia, počas ktorého sa okná neotvárajú tak často, prekračovali hodnoty CO_2 úroveň 1500ppm takmer počas celého dňa vo všetkých sledovaných triedach. Hodnoty stúpajú spravidla od doby, kedy sa v triede začínajú združovať deti a vyučujúci, a počas prvých hodín vyučovania častokrát vystúpia na hodnoty okolo 3000ppm, teda hodnoty dvojnásobne prevyšujúce maximálnu prípustnú koncentráciu v interiéri. Priebeh koncentrácie CO_2 je ovplyvnený vetraním tried počas prestávok, kedy koncentrácia vo väčšine prípadov klesla. Naopak nedostatočná intenzita vetrania spôsobila, že počas vyučovacej hodiny koncentrácia postupne stúpala a dosahovala zdraviu škodlivé hodnoty. Merania jasne dokazujú, že prirodzenou výmenou vzduchu a intuitívnym otváraním okien nie je možné zabezpečiť optimálnu úroveň koncentrácie CO_2.

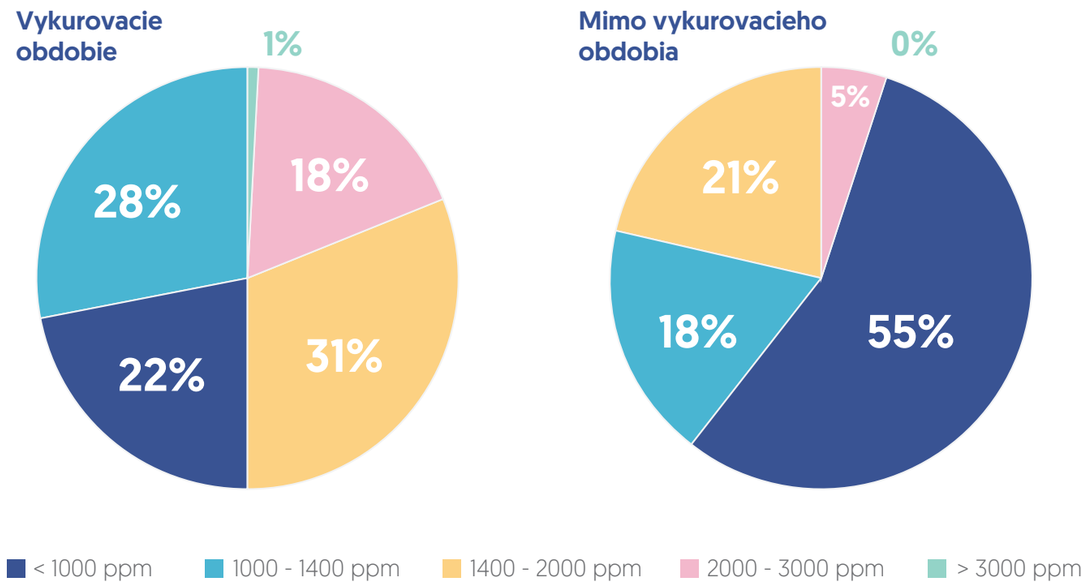
V jednej zo sledovaných učební, v ktorej bola osadená vzduchotechnická jednotka boli dynamické zmeny v nameraných parametroch vnútorného prostredia priamo ovplyvnené daným systémom. V dobe spustenej vzduchotechnickej jednotky nestúpala hladina CO_2 a udržala si úroveň po 600ppm. Naopak, po vypnutí vzduchotechniky začala hladina CO_2 výrazne stúpať, až dosiahla úrovne okolo 1400ppm.

Výsledky júnových meraní dokazujú, že optimálnu úroveň CO_2 nie je možné v triedach zabezpečiť počas celej doby vyučovania ani v letných mesiacoch, kedy sú okná v triede spravidla otvorené. Od začiatku vyučovania začnú hodnoty stúpať a dosiahnu úroveň nad 1500ppm. Pod úroveň 1000ppm klesne koncentrácia spravidla až poobede, kedy triedu deti opustia. Väčšinu času sú teda vystavené nadlimitným hodnotám. Merania potvrdzujú, že prirodzeným vetraním oknami dokážeme za hodinu zabezpečiť maximálne dvojnásobnú výmenu vzduchu v triedach. Pre správnu kvalitu vnútorného vzduchu je však potrebné zabezpečiť 4 až 6 násobnú výmenu vzduchu.

Podľa Vyhlášky č. 527/2007 Z. z. musí byť výmena vzduchu v zariadení pre deti a mládež zabezpečená tak, aby zabezpečovala v učebniach 20 – 30 m^3/hod. na jedného žiaka. Takýto objem je však častokrát možné zabezpečiť len núteným vetraním.

Problém vysokej koncentrácie oxidu uhličitého v triedach dobre ilustrujú taktiež nasledujúce komparatívne výsledky z meraní, ktoré realizovala Stavebná fakulta TUKE v 69 triedach na slovenských školách.

Výsledky sú rozdelené na merania, ktoré boli realizované počas vykurovacieho obdobia a na merania mimo vykurovacieho obdobia. Grafy znázorňujú podiel času počas bežného vyučovacieho dňa, v ktorých sa hodnota koncentrácie CO_2 pohybovala v daných rozmedziach. V triedach bolo zabezpečené vetranie len pomocou okien.



↗ Graf 1: Podiel času v triede, počas ktorého sú deti vystavené daným koncentráciám CO2 (meranie v 69 triedach počas a mimo vykurovacieho obdobia)

Z grafov je zrejmé, že počas vykurovacieho obdobia (kedy sú okná otvárajú s pravidla menej častejšie) trávili deti viac ako tri štvrtiny času (78 %) v prostredí, v ktorom bola prekročená odporúčaná limitná hodnota 1000ppm. Takmer pätinu času sa úroveň pohybovala na hodnotách vyšších ako 2000ppm. Aj napriek tomu, že počas teplejších dní mimo vykurovacieho obdobia bývajú okná často krát otvorené, boli žiaci a pedagógovia vystavení hodnotám CO_2 nad úrovňou 1000ppm počas takmer polovice vyučovania (44 %).

Významným problémom v sledovaných triedach bola taktiež prašnosť, ktorú dokazujú zvýšené koncentrácie tuhých častíc. Výrazné prevýšenie limitných hodnôt bolo zaznamenané v jesenných, zimných a jarných obdobiach, kedy bola limitná hodnota 50 µ g/m³ pre PM_{10} v niektorých prípadoch prekročená dvoj až štvornásobne na hodnoty presahujúce 200 – 300 µg/m³. Naopak v júnových meraniach, pravdepodobne z dôvodu intenzívnejšieho vetrania a nižších exteriérových hodnôt, neboli limitné hodnoty prekračované. Významným zistením boli pozorované zmeny koncentrácii v niektorých z monitorovaných tried, v ktorých bola počas doby merania osadená čistička vzduchu. Tá zabezpečila, že hodnoty tuhých častíc sa v dobe spustenej čističky udržiavali na hodnotách blízkym nule.

Odporúčané hodnoty pre hladiny TVOC boli prekračované takmer vo všetkých sledovaných triedach, predovšetkým v chladnejšom období, kedy sú okná počas vyučovania zväčša zatvorené a prchavé látky sa hromadia vo vzduchu v triede. Z priebehu koncentrácií v triedach a porovnaniach s exteriérovými hodnotami v niektorých meraniach je zrejmé, že významné zdroje TVOC pochádzali hlavne z vnútorného prostredia tried.

Nekvalitný vnútorný vzduch dokázaný objektívnymi meraniami potvrdzujú aj subjektívne hodnotenia učiteľov a žiakov z dotazníkových prieskumov. Za veľký problém v triede považovala veľká časť respondentov práve vydýchaný vzduch či prašnosť. Často vyskytovanými symptómami medzi nimi bola únava, bolesť hlavy či problémy s koncentráciou. Tieto problémy môžu mať súvis práve s nepravidelnou výmenou vzduchu v miestnosti.

ČO JE PRÍČINA?

Kvalita vzduchu v interiéri čiastočne závisí od kvality vonkajšieho vzduchu. Vzduch v interiéri je však značne ovplyvnený procesmi a látkami, ktoré sa vytvárajú a vyskytujú vo vnútri budov.

V interiéri je zdrojom zvýšených koncentrácií **CO_2** predovšetkým človek, ktorý ho produkuje prevažne vydychovaním. Zvyšovanie oxidu uhličitého má za následok teda najmä prítomnosť a počet žiakov v miestnosti, jej veľkosť a nedostatočné vetranie.

Znečistenie vzduchu v interiéri tuhými časticami **PM** je spôsobené nielen vnútornými zdrojmi ale aj vonkajšími. Častice vo vonkajšom prostredí pochádzajú najčastejšie z dymu z kúrenia, z výfukových plynov áut, z priemyselných komínov alebo sa do ovzdušia dostávajú aj vírením častíc usadených na zemi. Do interiéru sa dostanú vetraním alebo na oblečení žiakov. Koncentráciu vo vnútornom ovzduší zároveň významne zvyšuje suché zotieranie školskej tabule. Vysoká koncentrácia tuhých častíc PM_{10} je v triedach často krát dosahovaná ako dôsledok pohybovej aktivity počas prestávok rozvíreným častíc usadených na zemi. K zvýšenej koncentrácii môže prispieť v triedach aj napríklad použitie koberca, ktorý zachytáva veľké množstvo PM častíc. Jedným z činiteľov, ktorí sa podieľajú na koncentrácii tuhých častíc PM je tiež vzdialenosť od frekventovanej cestnej komunikácie.

Vysoké úrovne **TVOC** môžu byť spôsobené zníženou intenzitou vetrania v triedach, a teda nedostatočným zriedením škodlivín vo vnútornom vzduchu. Zdrojom týchto látok v interiéri sú stavebné materiály, lepidlá, koberce či nátery, z ktorých tieto látky postupne vyprchávajú.

Zdrojom však môžu byť taktiež samotní žiaci a vyučujúci a ich kozmetika či odevy a doplnky.

Zvýšené úrovne koncentrácií počas zimného obdobia všetkých troch látok v daných meraniach naznačujú nedostatočnú intenzitu vetrania v tomto období. Dostatočná výmena vzduchu vo vnútornom prostredí je v praxi málokedy dodržiavaná. Týmto dochádza k akumulácii znečisťujúcich látok vo vzduchu v interiéri a nedostatočnému prísunu čerstvého vzduchu. Problémy s kvalitou vzduchu sa týkajú najmä dobre izolovaných budov bez núteného vetrania. Takýto stav nastáva napríklad po obnove budovy, pri ktorej sa zlepšili tepelnotechnické vlastnosti obálky budovy a neinštalovalo sa nútené vetranie. Zlepšovaním tepelno-izolačných vlastností obálky sa zvyšuje vzduchotesnosť budovy. Tento stav je priaznivý pre úsporu tepla, avšak negatívny pre zabezpečenie prísunu čerstvého vzduchu a odvod škodlivín. Manuálne otváranie okien však nie je riešením. Vetranie prebieha občas intenzívne, občas vôbec, spôsobuje lokálnu tepelnú nepohodu žiakov v blízkosti okna v zime a dochádza k významným tepelným stratám. **Nedostatočné vetranie tried a absencia filtrácie vzduchu je jednou z najhlavnejších príčin nezdravého a nekvalitného vnútorného vzduchu v triedach.**

Špecifickým problémom sú školy situované v blízkosti cestnej alebo železničnej komunikácie. Z dôvodu výrazného hluku z exteriéru je nutné mať počas výuky zatvorené okná. Pokiaľ je v triede zabezpečená výmena vzduchu len prirodzeným vetraním, vyučujúci a žiaci sa častokrát musia rozhodovať medzi väčšou akustickou pohodou a nevydýchaným vzduchom.

TEPELNÁ POHODA

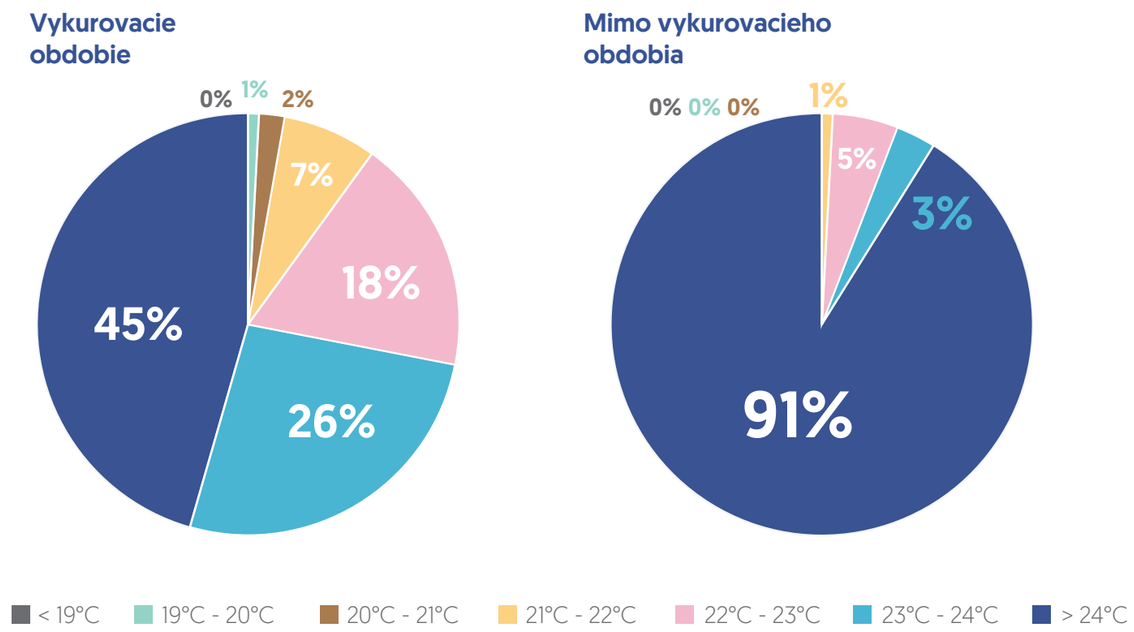
Najvýraznejším problémom z hľadiska tepelnej pohody v triedach je výrazné prehrievanie tried v júnovom období.

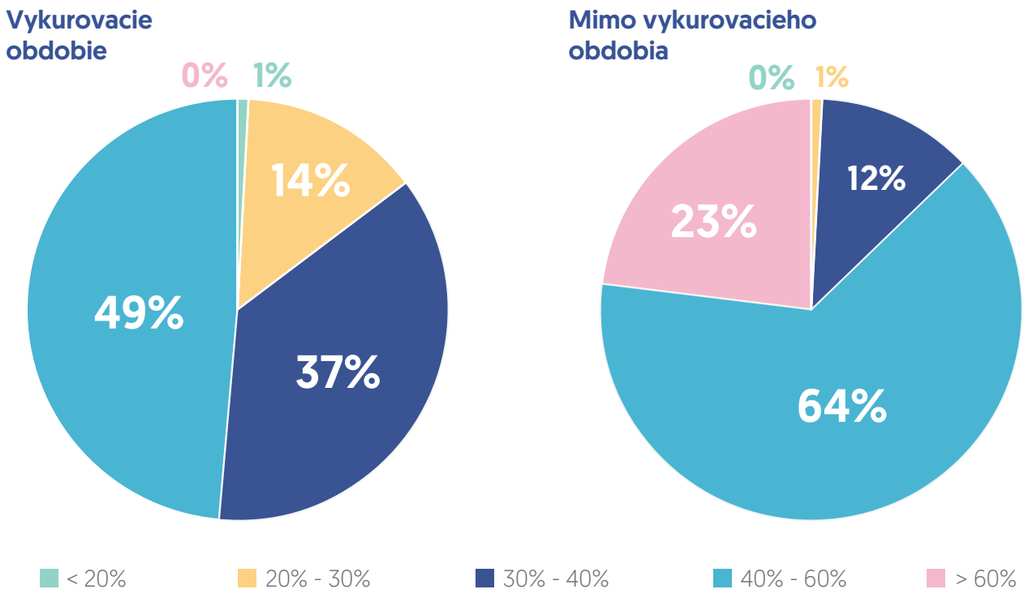
Teplota vzduchu v interiéri dosahuje už v prvých dňoch mesiaca na poludní hodnoty v priemere okolo 26 °C a v druhej polovici mesiaca dosahuje v priebehu dopoludnia hodnoty častokrát na úrovni od 30 °C do 32 °C. Špecifickým problémom sú triedy otočené na juhozápadnú a západnú stranu, v ktorých sa teplota v podvečerných hodinách akumuluje v zatvorenej miestnosti a trieda ostáva prehriata až do rána. Je možné predpokladať, že problém s prehrievaním tried sa bude týkať taktiež prvých týždňov v septembri. Aj napriek tomu, že problémy poukazujú hlavne na posledné týždne v júni, z dôvodu zmeny klímy sa takéto situácie budú s veľkou pravdepodobnosťou týkať čím ďalej tým väčšieho počtu týždňov v posledných a prvých mesiacoch školského roka.
V zimnom období neboli pozorované výrazné problémy s hodnotami teploty vzduchu. V priestoroch bez núteného vetrania a primeraného vykurovania, resp. s nedostatočnou tepelnou ochranou, však môže nastať problém s nízkou teplotou v dobe kedy prebieha prirodzené vetranie oknami. Z dôvodu vydýchaného vzduchu sú žiaci nútení otvárať okná.

Teplota priestoru môže následne poklesnúť čo znižuje tepelnú pohodu, a takisto môže vzniknúť lokálna nepohoda vplyvom prievanu. Prípustná rýchlosť prúdenia vzduchu v učebniach (menej ako 0,25 m/s) však bola dodržaná v daných meraniach.

Obdobne ako v časti, ktorá popisuje kvalitu vzduchu, hodnoty relatívnej vlhkosti a teploty vzduchu dobre ilustrujú nasledujúce komparatívne výsledky z meraní, ktoré realizovala Stavebná fakulta TUKE v 69 triedach na slovenských školách. Výsledky sú rozdelené na merania, ktoré boli realizované počas vykurovacieho obdobia a na merania mimo vykurovacieho obdobia. Grafy znázorňujú podiel času počas bežného vyučovacieho dňa, v ktorých sa hodnoty teploty a hodnoty relatívnej vlhkosti pohybovali v daných rozmedziach.

↘ Graf 2: Podiel času v triede, počas ktorého sú deti vystavené danej teplote (meranie v 69 triedach počas a mimo vykurovacieho obdobia)





↗ Graf 3: Podiel času v triede, počas ktorého sa hodnota relatívnej vlhkosti pohybuje v danom rozmedzí (meranie v 69 triedach počas a mimo vykurovacieho obdobia)

Relatívna vlhkosť v triedach počas väčšiny meraní dosahovala odporúčané rozpätie od 30 do 70 %. Aj z nasledujúcich grafov je však zrejmé, že v chladnejšom období (vykurovacom období) sa vlhkosť vzduchu v triedach pohybuje na nižších hodnotách než počas teplejších dní. Relatívna vlhkosť sa v niektorých chladných dňoch dostáva na úroveň nižšiu ako 30 %. Takto nízko relatívna vlhkosť vytvára riziko pre prenos vírusových ochorení.

ČO JE PRÍČINA?

Jedna z príčin problému s prehrievaním tried je spojená so spôsobom vetrania a prevádzky školy a absenciou exteriérových prvkov (ako sú slnolamy, rolety či žalúzie), ktoré by zabraňovali priamym slnečným lúčom prenikať do interiéru.

Príčinou môže byť taktiež nevhodný typ zasklenia okien a dverí alebo nevhodný výber druhu a hrúbky izolačného materiálu, v prípade ak už bola budova zateplená. Problémom je tiež nevhodné riešenie zasklenia (tienenia), kedy sa neberie ohľad na tepelné zisky a ochranu pred prehrievaním. Dôvodom môže byť, že sú požiadavky na zasklenie nedostatočne definované v projektovej dokumentácii (častokrát len pomocou parametra U_w).

Z júnových meraní teplôt v triedach a z porovnania s vonkajšími teplotami je vidieť, aký dopad má bežne zaužívaná prevádzka v škole, v ktorej sa nenachádza systém mechanického vetrania. Teplý vzduch sa z exteriéru počas dňa dostáva do tried, kedy je potrebné vetrať otvorenými oknami. V poobedných až večerných hodinách, kedy sa trieda opustí a okná sa zavrú, sa teplota akumuluje v miestnosti. Nakoľko počas noci nedochádza k výmene vzduchu, teplý vzduch ostáva v interiéri, teplota sa akumuluje do konštrukcií a miestnosť sa nestihne cez noc ochladiť. Triedy otočené na západnú stranu dosahujú zároveň vo večerných hodinách extrémne vysoké hodnoty teploty vzduchu, ktoré počas noci nestihnú klesnúť na adekvátnu úroveň.

ASKUSTICKÝ KOMFORT

Vysoká akustická nepohoda je významným a častokrát prehliadaným problémom v slovenských triedach a učebniach. Veľký problém s akustikou však majú taktiež jedálne, chodby alebo telocvične. Nevhodné akustické podmienky pre deti a učiteľov dokazujú aj výsledky analyzovaných meraní. Z výsledkov meraní vyplynulo, že niekoľko tried malo mimoriadne vysoké hladiny hluku a vyžadovalo by si doplnkovú akustickú úpravu na dosiahnutie primeranej úrovne na vyučovanie a štúdium.

Záznam hluku vo všetkých prípadoch poukazuje na nesplnenie limitnej hodnoty ekvivalentnej hladiny zvuku, ktorá je 40 dB. Daná hodnota bola častokrát dvojnásobne vyššia a dosahovalo úrovne okolo 70 db až 80 db, čo predstavuje hluk cirkulárky na drevo zo vzdialenosti 10 metrov.

Študenti aj zamestnanci sú vystavení hluku taktiež v rôznych školských priestoroch. Haly, chodby a jedálne sa približujú k úrovniam (vyše 80 dB), pri ktorých by sa mali zvážiť opatrenia na zmiernenie a riadenie hluku z hľadiska záväzných predpisov v oblasti ochrany zdravia pri práci.

Výsledky meraní potvrdzujú aj subjektívne hodnotenia učiteľov a žiakov. Z pohľadu ich subjektívneho vnímania patril veľký hluk v učebniach k jedným z najviac vyskytovaných problémov. Bohužiaľ, je častokrát preukázané, že učitelia majú v porovnaní s inými povolaniami viac problémov s hlasom.

ČO JE PRÍČINA?

Významným zdrojom hluku v prostredí škôl sú samotní žiaci. Zdroj nežiaduceho hluku môže však častokrát pochádzať aj z exteriéru. Problémom sú školy situované v blízkosti cestnej alebo železničnej komunikácie.
Z dôvodu výrazného hluku z exteriéru je nutné mať počas výuky zatvorené okná. Pokiaľ je v triede zabezpečená výmena vzduchu len prirodzeným vetraním, vyučujúci a žiaci sa častokrát musia rozhodovať medzi väčšou akustickou pohodou a nevydýchaným vzduchom. Hluk môže pochádzať taktiež z okolitých miestností a z technických zariadení. Často sú deti v triedach vyrušované hlukom z chodby alebo vedľajšej triedy, môže ísť o šírenie krokového hluku alebo štruktúrovaného hluku. Problémom však býva taktiež nízka schopnosť okien zabrániť hluku z exteriéru.

Nevhodné akustické podmienky taktiež umocňuje vybavenie a stavebné úpravy daných tried. Aby sa znížila expozícia hlukom, je dôležitý výber materiálov na povrchové úpravy stien, stropov a podláh.

Z dôvodu potreby jednoduchej údržby sú v triedach používané materiály a úpravy s tvrdým povrchom, ktoré zvuk odrážajú. Triedy vo väčšine prípadov neobsahujú žiadne vybavenie či stavebné úpravy plniace funkciu akustických absorbérov, ktoré by znížili hladinu akustického tlaku a pozitívne ovplyvnili zrozumiteľnosť reči. Na zabezpečenie vhodnej priestorovej akustiky je však nutné, aby boli v triede použité pohltivé a odrazové povrchy v správnom pomere a na správnom mieste.

SVETELNÝ A VIZUÁLNY KOMFORT

Kvalita denného a umelého osvetlenia

Nedostatočný vizuálny komfort, teda nedostatok denného svetla v kombinácii s nekvalitným umelým osvetlením, je častým problém v slovenských triedach a učebniach. Merania intenzity osvetlenia v niektorých analyzovaných meraniach dokazujú výrazne nižšie hodnoty intenzity osvetlenia ako je minimálna prípustná hodnota pre priestory so združeným osvetlením (500 lux) podľa Vyhlášky č. 259/2008 Z. z.

ČO JE PRÍČINA?

Nedostatočný vizuálny komfort je zväčša spôsobený nedostatočným prísunom denného svetla a neadekvátnym umelým osvetlením v triede. Prísun denného svetla môže byť ovplyvnený okolitou zástavbou, stromami, tieniacimi prvkami, veľkosťou a počtom okien, typom zasklenia a rámov.

Stav osvetľovacích sústav častokrát nezodpovedá požiadavkám na správne svetlenie. Problémom je taktiež osvetlenie tabúľ, ktoré sa na tabuliach odráža a je nerovnomerné. Negatívom býva tiež geometria umelého osvetlenia, teda nesprávny počet a rozmiestnenie svietidiel. Umelé osvetlenie býva nepokrýva požiadavky na kvantitatívne parametre osvetlenia. V niektorých triedach je však naopak osvetlenie predimenzované. Častokrát nie je splnený index podania farieb a farba svetla nie je vhodná.

C. VPLYV NEZDRAVÉHO VNÚTORNÉHO PROSTREDIA NA ŽIAKOV A UČITEĽOV

Nezdravé a nekvalitné vnútorné prostredie v školách má preukázaný negatívny vplyv na zdravie, pohodu, výkon či dochádzku školákov a pedagógov. Vystavenie širokej škále fyzikálnych, chemických a biologických škodlivých faktorov v školách môže viesť k vzniku diskomfortu, podráždenia, rôznym krátkodobým a dlhodobým zdravotným problémom, môže zhoršovať existujúce zdravotné problémy vrátane astmy a alergií, šíriť vzduchom prenosné infekčné ochorenia, znižovať produktivitu práce učiteľov, zamestnancov a žiakov a zvyšovať ich absenciu.

KVALITA VNÚTORNÉHO VZDUCHU

Existuje množstvo znečisťujúcich látok, ktoré sa nachádzajú v interiéroch a ktoré môžu mať negatívny vplyv na zdravie detí a pedagógov. Význam dostatočnej výmeny vzduchu v interiéri pri znižovaní zaťaženia chorobou sa potvrdil[5] v mnohých prípadoch, keď sa zistilo, že nedostatočné vetranie súvisí so zvýšenou chorobnosťou alebo dokonca úmrtnosťou.

Zhoršenou kvalitou vnútorného vzduchu sú ohrozené najmä deti, a to predovšetkým tie, ktoré trpia alergiami, astmou alebo hyperreaktivitou dýchacích ciest. Medzi tri hlavné znečisťujúce látky a bežne sa vyskytujúce látky v interiéroch, ktoré majú dopad na našu pohodu a zdravie patria vysoká koncentrácia oxidu uhličitého (CO_2), tuhých častíc (PM) a organických prchavé látky (VOC).

Koncentrácia oxidu uhličitého v priestoroch významne ovplyvňuje výkon a pohodu detí v triedach. Pri vyššej koncentrácií, čiže pri vydýchanom, nevyvetranom vzduchu sa znižuje ich sústredenie, klesá produktivita a rýchlosť reakcie, prichádza únava a pocit na spanie. Pri vyšších koncentráciách sa únava zvyšuje a môžu sa objaviť bolesti hlavy a iné zdravotné ťažkosti. Pri presiahnutí úrovne 5000 ppm hrozia rôzne zdravotné riziká a v takom prostredí sa neodporúča dlhší pobyt. Vysoké koncentrácie tuhých častíc súvisia najmä so zvýšením rizikom kardiovaskulárnych a pľúcnych chorôb, astmy a iných respiračných problémov. Expozícia tuhých častíc je preukázateľne[6] spojená s nepriaznivými

Koncentrácia CO_2 [ppm]	Miesto výskytu, vplyv na človeka
400 - 450	Koncentrácie vo vonkajšom prostredí
600 - 1 000	Vyhovujúce koncentrácie v interiéri
1 500	Max. prípustná koncentrácia v interiéri
> 1 500	Príznaky únavy, znižovanie koncentrácie
> 2 500	Ospalosť, letargie, bolesť hlavy
< 5000	Maximálna bezpečná koncentrácia bez zdravotných rizík
> 5000	Neodporúča sa dlhší pobyt

výsledkami na zdravie, najmä u náchylných skupín obyvateľstva, ako sú deti. Zvýšená koncentrácia PM častíc môže zapríčiniť zvýšenú infekčnosť pre choroby ktoré sa nám do teľa dostávajú prostredníctvom horných dýchacích ciest. Zatiaľ čo väčšie častice (nad 10 µm) môžu pôsobiť na podráždenie horných dýchacích ciest s kašľom a kýchaním a dráždenie očných spojiviek, menšie častice sa dostávajú až do dolných dýchacích ciest. Častice s rozmerom pod 2,5 µm sa môžu usadzovať v pľúcach alebo prenikať do krvného obehu a môžu mať nepriaznivé účinky na zdravie, najmä u detí. V lokalitách s vysokým a dlhodobým výskytom zvýšených koncentrácií malých prachových častíc v ovzduší je dokázaný zvýšený výskyt obyvateľov s ochorením dýchacej a srdcovo-cievnej sústavy.

Vysoká koncentrácia tuhých častíc v triedach však taktiež spôsobuje významný problém v dnešnom období vírusových ochorení akým je COVID-19. Jemné prachové častice tvoria funkciu akéhosi transportéra alebo „taxíku“, na ktorých sa vírus efektívne a rýchlo prenáša. Znížením koncentrácie tuhých prachových častíc v triedach dokážeme významne dopomôcť k zníženiu prenosu vírusov v školách. Ešte väčším rizikom môže byť kombinácia vysokej prašnosti s nízkou relatívnou vlhkosťou vzduchu v triedach. Takéto podmienky sú totiž ideálne pre šírenie vírusových ochorení.

Expozícia človeka formaldehydu, toluénu, xylénu a iným VOC je spojená s negatívnym vplyvom na zdravie. Osobitná pozornosť sa venuje formaldehydu, nakoľko je jedným z hlavných VOC s možnými mutagénnymi a karcinogénnymi účinkami na ľudský organizmus. Uvoľňuje sa z formaldehydovej živice, ktorá sa používa ako lepidlo na nábytok a zariadenie. Jeho karcinogénny účinok bol preukázaný v 80. rokoch minulého storočia a ako alergén spôsobuje najmä ochorenia dýchacích ciest. Ďalšie organické rozpúšťadlá zo syntetických materiálov môžu spôsobiť alergické reakcie a pri vysokých koncentráciách sú rovnako karcinogénne.

TEPELNÁ POHODA

Viaceré štúdie a realizované výskumy poukazujú na fakt, že zvýšená vnútorná teplota v školách je spojená so zníženou výkonnosťou užívateľov. Zlá tepelná pohoda má priamy dopad na pozornosť študentov a má vplyv na zdravie a správanie detí.

Významným problémom je prehrievanie tried v teplom období. Deti sú citlivejšie na vyššiu teplotu ako dospelí z dôvodu vyšších metabolických rýchlostí, vyššej telesnej teploty a menej rozvinutých termoregulačných schopností. Telo detí a mladistvých sa ťažie bráni vysokým teplotám v interiéri a počas horúcich dní, kedy teplota vzduchu v triedach dosahuje nadlimitné hodnoty môžu byť žiaci vystavení riziku hypotermii. Špecifickým problémom je extrémne prehrievanie miest v blízkosti okien bez úpravy alebo tienenia, v ktorých sú žiaci vystavený vysokému riziku hypertermie. Niektoré štúdie poukazujú na fakt, že vyššia vlhkosť vzduchu zvýšila výskyt symptómov syndrómu chorých budov u študentov. Symptómy ochorení horných dýchacích ciest boli spojené častejšie preukázané v triedach, v ktorých bolo príliš horúco alebo príliš chladno.

AKUSTICKÝ KOMFORT

Dobré akustické prostredie má zásadný vplyv na výkon detí a pedagógov. Vzhľadom na to, že výučbový proces pozostáva prevažne z verbálnej komunikácie medzi žiakmi a učiteľom, je vytvorenie vhodných akustických podmienok a hlavne zabezpečenie dobrej zrozumiteľnosti reči v triedach nevyhnutné. Hladiny hluku a dozvuku ovplyvňujú kvalitu reči pre poslucháčov. Zníženie oboch hladín zlepšuje zrozumiteľnosť reči. Zrozumiteľnosť reči sa meria pomocou Indexu prenosu reči (STI). Dobrá zrozumiteľnosť reči je obzvlášť dôležitá pre malé deti, ktoré ešte nie sú schopné domyslieť si nezrozumiteľné slabiky, či slová z kontextu tak, ako je to u dospelých poslucháčov. Učenie v prostredí s veľkým dozvukom a hlukom v pozadí, ktoré znižuje zrozumiteľnosť reči sa tak pre nich stáva únavným a vedie k podráždenosti, menšej sústredenosti, a tým aj k menšej efektivite výučby. Nevhodné akustické podmienky zhoršujú schopnosť prijímať hovorené slovo, čím je schopnosť detí učiť sa významne poznamenaná.

Zlá zrozumiteľnosť však nemá negatívny vplyv len na žiakov, ale taktiež na učiteľov, ktorí sú v takomto prostredí nútení rozprávať hlasnejšie, čo môže viesť k hlasovému presileniu a z toho vyplývajúcich zdravotných problémov.

Vyšší hluk v pozadí, dlhší čas dozvuku a menšia sila zvuku zhoršujú zrozumiteľnosť reči.

Nevhodné akustické podmienky v triedach zvyšujú nároky na sústredenie, vedú k skoršej únave žiakov aj pedagógov, a celkovo sťažujú výučbový proces. S určitosťou môžeme povedať, že existuje priama súvislosť medzi ozvenou v triede a podráždenosťou učiteľov a študentov.

Je pravdepodobné, že v každej triede sa nachádza zopár študentov s osobitnými sluchovými a komunikačnými potrebami (SHCN) a osobitnými vzdelávacími potrebami (SEN). To zahŕňa nielen študentov so stratou sluchu ale aj tých, ktorí majú poruchy sústredenia, a osoby študujúce v inom ako rodnom jazyku. Týka sa to však každého, kto počas vyučovania nie je v optimálnom stave, napríklad aj tých, čo sa dobre nevyspali alebo sa necítia dobre. Je preto nevyhnutné, aby riešenie hlučného prostredia v školách bola jedna z priorít pri rekonštrukcii alebo pri výstavbe novej školy.

SVETELNÝ A VIZUÁLNY KOMFORT

V umelom vnútornom prostredí dnes trávime minimálne toľko času ako naši predkovia trávili vonku na dennom svetle. Svetlo ale organizmus potrebuje stále v rovnakom množstve a jeho nedostatok ovplyvňuje jeho fyziologické funkcie a môže narušiť psychickú rovnováhu. Dostatok svetla je každodenná nevyhnutná potreba. Má vplyv na našu náladu, na to, ako efektívne pracujeme a aj na naše zdravie.

Celkový pocit pohody a pracovnú výkonnosť žiakov v triede významnou mierou ovplyvňuje prírodné svetlo a vo všeobecnosti dostatok svetla. Rada štúdií preukázala, že denné svetlo je nielen prospešné pre celkové zdravie a pohodu detí, ale môže výrazne zlepšiť aj ich prospech a výsledky v škole. Slnečné žiarenie ovplyvňuje základné biologické pochody v ľudskom organizme, napríklad produkciu hormónov, stav imunitného systému a nervovej sústavy. Denné svetlo je dôležité pre videnie, rozlišovanie farieb, má pozitívny vplyv na vitálne funkcie organizmov a ľudskú psychiku.

Zabezpečenie dobrých kvalitatívnych i kvantitatívnych pomerov osvetlenia v triedach a učebniach je obzvlášť dôležité preto, lebo vyučovací priestor tvorí prvé vizuálne prostredie náročnej zrakovej práce detí, ktoré majú pomerne nižšiu svetelnú citlivosť.

Dôsledky dlhodobého nedostatku slnečného svetla môžu byť stála stresová záťaž, znížená obranyschopnosť, znížená schopnosť koncentrácie počas učenia, vysoká hladina cholesterolu, nedostatočná tvorba vitamínu D, zhoršená nálada, pocity úzkosti, znížená aktivita, či nedostatok tvorby rastového hormónu u detí.

VEDELI STE, ŽE...

1

Pokiaľ sa v triede dostane koncentrácia oxidu uhličitého (CO_2) nad 1500 ppm, môžu deti pociťovať únavu, stratu koncentrácie a bolesti hlavy. Koncentrácia nad 5000 ppm je už zdravotne nebezpečná.

2

Zvýšenie koncentrácie CO_2 o každých 100 ppm oproti optimálnemu stavu má za dôsledok zvýšenú absenciu študentov o 0,5%, teda o pol dňa za jeden školský rok.[7]

3

Každé zníženie nadmerného hluku o 1 dB zlepšuje študijné výsledky a výkon žiakov o 0,7 %.[8,9]

4

Študenti, ktorí nie sú vystavení vysokej teplote vzduchu v triede dosahujú v testoch o 4 % lepšie výsledky.[10]

5

Dostatok denného svetla v triedach je spojený s 9 až 18% nárastom výkonu študentov.[11]

6

Zvýšenie akustickej pohody absorbčnou úpravou triedy znižuje tep učiteľa o 10 úderov na minútu.[12,13]

Poznámky

[1]Tento sumár parametrov KVP popisuje všetky parametre, ktoré boli súčasťou meraní na školách. Každé jedno meranie na danej škole však nepozostávalo z merania všetkých menovaných parametrov.

[2] Von Pettenkofer, M.: Über den Luftwechsel in Wohngebäuden. München: Der J.G. Cotta'schen Buchhandlung, 1858. 126.

[3] Mølhave, L.: Volatile organic compounds, indoor air quality and health. In: the Proceedings of the 5th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Toronto, Canada, 29 July – 3 August, 1990. 15 – 33

[4] Andersson, K. – Stridh, G. – Fagerlund, I. – Larsson, B.: 1993. The MM-questionnaires: a Tool when Solving Indoor Climate Problems. [Örebro (SE)]: Department of Occupational and Environmental Medicine; [accessed 2017 Nov 7]. http://www.mmquestionnaire.se/ mmq/mmq.html.

[5] P. Carrer, P. Wargocki, A. Fanetti, W. Bischof, E de O. Fernandes, T. Hartmann, S. Kephalopoulos, S. Palkonen, O. Seppänen, What does the scientific literature tell us about the ventilation-health relationship in public and residential buildings? Build. Environ. 94 (2015) 273-286.

[6] V. Martins, T. Faria, E. Diapouli, M. I. Manousakab, K. Elefheriadis, M. Viana, S. M. Almeida, Relationship between indoor and outdoor size-fractionated particulate matter in urban microenvironments: Levels, chemical composition and sources, Environ. Res. 183 (2020) 109203.

[7] Gaihre, Santosh & Semple, Sean & Miller, Janice & Fielding, Shona & Turner, Steve. (2014). Classroom Carbon Dioxide Concentration, School Attendance, and Educational Attainment. Journal of School Health. 84. 10.1111/josh.12183.

[8] S. Pujol, J. Levain, H. Houot, R. Petit, M. Berthillier, J. Defrance, J. Lardies, C. Masselot, and F. Mauny, "Association between Ambient Noise Exposure and School Performance of Children Living in An Urban Area : A Cross-Sectional Population-Based Study," doi:10.1007/s11524-013-9843-6, 2013.

[9] M. Klatte, J. Spilski, J. Mayerl, U. Möhler, T. Lachmann, and K. Bergström, "Effects of aircraft noise on reading and quality of life in primary school children in Germany: Results from the NORAH study," Environ. Behav., vol. 49, no. 4, pp. 390–424, 2017.

[10] Akustická ergonómia školy (Acoustic ergonomics of school). Tiesler & Oberdöster 2006. (Strany 3, 20)

[11] U. Haverinen-Shaughnessy and R. J. Shaughnessy, "Effects of classroom ventilation rate and temperature on students' test scores," PLoS One, doi:10.1371/journal.pone.0136165, vol. 10, no. 8, pp. 1–14, 2015.

[12] C. Maesano a I. Annesi-Maesano, Impact of Lighting on School Performance in European Classrooms (2016), 12th REHVA World Congress 2016, Aalborg

[13] G. Loisos, "Daylighting in Schools," Georg. Loisos Pacific Gas Electr. Co. behalf Calif. Board Energy Effic. Third Party Progr., http://www.nrel.gov/docs/fy00osti/28049.pdf, vol. 1999, no. 1, p. 140, 1999.