

# Kvalita vnitřního prostředí a měření jejích parametrů

Ing. Tomáš Kmoch

Autor působí ve společnosti Blue Panther Instruments, s. r. o.

Parametrů vnitřního prostředí se v České republice týkají tři zákony a několik vyhlášek. Nicméně na mnoha pracovištích se tyto zákony nedodržují, což vede ke snížení tepelné pohody, a tudíž i výkonnosti osob, které v tomto prostředí pracují. Jaké jsou tedy požadavky v platných předpisech a jaké přístroje pro měření parametrů prostředí máme k dispozici?

► Požadavky na parametry vnitřního prostředí vycházejí ze tří zákonů:

- zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), a související předpisy,
- zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, a související předpisy,
- zákon č. 262/2006 Sb., zákoník práce, a související předpisy.

Parametry mikroklimatu jsou definovány podle typu vnitřních prostor a činnosti, kterou člověk v tomto vnitřním prostoru vykonává. Samostatnou kapitolou je bytové prostředí a tzv. čisté prostory – zdravotnická pracoviště a specializované výrobní prostory. Požadavky pro tato specializovaná pracoviště jsou stanoveny především v technických normách (ČSN).

## Tepelná pohoda

S pojmem kvalita vnitřního prostředí úzce souvisí pojem tepelná pohoda. Jedna z definice tepelné pohody zní: tepelná pohoda je pocit, který člověk vnímá při pobytu v daném prostředí. Jelikož člověk při různých činnostech produkuje teplo, musí být zajištěn odvod produkovaného tepla z prostoru, aby

se tělesná teplota výrazně nezvýšila. Na druhé straně odvod tepla nesmí být příliš intenzivní, aby se naopak teplota těla výrazně snížila. Člověk by tedy neměl cítit v daném prostředí ani pocit nepříjemného chladu, ani nepříjemného tepla.

Pokud jsou dodrženy parametry vnitřního prostředí definované v předpisech, měla by být tepelná pohoda osob, které se v tomto prostředí pohybují, optimální. Dodržování doporučených hodnot je důležité i z jiného důvodu – tepelná pohoda člověka má významný vliv na produktivitu práce. Tepelná pohoda člověka je dána teplotními a vlhkostními podmínkami prostředí a také oblečením. Na pocit pohody mají samozřejmě vliv i další aspekty, jako například osvětlení na pracovišti, hluk, rychlost proudění vzduchu a podobně.

Na tepelnou pohodu člověka mají tedy vliv různé faktory, které můžeme rozdělit na subjektivní a objektivní. Subjektivní jsou závislé na osobnosti člověka – na jeho věku, psychickém a fyzickém stavu a podobně. Objektivní tvoří čtyři veličiny, které jsou měřitelné – teplota vzduchu a jeho vlhkost, rychlost proudění vzduchu, teplota okolních stěn a předmětů.



Vrtulkový anemometr KIMO LV100

## Parametry mikroklimatu v pracovním prostředí

Parametry mikroklimatu v pracovním prostředí jsou dány nařízením vlády č. 361/2007 Sb. V tomto nařízení je pracovní prostředí rozděleno do pěti tříd podle pracovních činností. Jednotlivé třídy pracovních činností jsou rozděleny podle energetického výdeje zaměstnance. Základním kritériem je operativní teplota  $t_o$  (°C), která je vypočtena z výsledné teploty, teploty vzduchu a rychlosti proudění vzduchu (tab. 1).

Operativní teplota se určuje ze vztahu

$$t_o = t_r + A \cdot (t_a - t_r) \quad (^\circ\text{C})$$

kde  $t_a$  je průměrná teplota vzduchu za zvolený časový interval (°C),

$t_r$  – střední teplota sálání za zvolený časový interval (°C),

$A$  – koeficient, který je funkcí rychlosti proudění vzduchu.

Střední teplota sálání se vypočte z naměřené výsledné teploty kulového teploměru  $t_g$  a teploty okolního vzduchu  $t_a$ .



Kulový teploměr



Anemometr s všesměrovou sondou



Vlhkoměr KIMO HD 100

## Pobytové a školní prostředí

U prostředí, které nespadá do kategorie pracovního prostředí, již není základním kritériem operativní teplota  $t_o$ , ale výsledná teplota kulového teploměru  $t_g$ . Jedná se o teplotu v okolí lidského těla měřenou kulovým teploměrem, která zahrnuje vliv současného působení teploty vzduchu, teploty okolních ploch a rychlosti proudění vzduchu. Prostedí se dále dělí na prostředí školské a pobytové. Parametry prostředí ve školách jsou upraveny vyhláškou č. 410/2005 Sb. (tab. 2).

Parametry pobytových prostor jsou definovány vyhláškou Ministerstva zdravotnictví č. 6/2003 Sb. (tab. 3). Ve vyhlášce je rok rozdělen na tzv. teplé a chladné období, což je poměrně problematické, protože již není specifikováno, kdy jaké období začíná a končí. Relativní vlhkost vzduchu by měla být udržována v rozsahu 30 až 65 % a rychlost proudění vzduchu v rozsahu 0,13 až 0,25 m/s.

## Množství přiváděného vzduchu

Požadavky na množství přiváděného vzduchu na pracoviště se opět liší podle charakteru činnosti (rozdělení pracovních tříd podle energetického výdeje (tab. 1) a je stanoveno nařízením vlády č. 361/2007 Sb:

- třída práce I a IIa (práce v sedě v kanceláři) – 50 m<sup>3</sup>/h na zaměstnance,
- třída práce IIb a IIIa (práce ve stoje) – 70 m<sup>3</sup>/h na zaměstnance,
- třída práce IIIb a IV (těžká fyzická práce) – 90 m<sup>3</sup>/h na zaměstnance.

Pokud by se jednalo o pracoviště, kde je povoleno kouření (což už je v dnešní době prakticky nemyslitelné), tak se dodávka vzduchu zvyšuje o 10 m<sup>3</sup>/h.

Jinak se stanovuje dodávka vzduchu v prostředí, kde výrobní technologie působí jako zdroj nečistot uvolňujících se do ovzduší pracoviště. Tam je nutné množství dodávaného

Tab. 1 Parametry mikroklimatu v pracovním prostředí

Třída práce	Energetický výdej (W/m <sup>2</sup> )	Operativní teplota $t_o$ (°C)			Rychlost proudění (m/s)
		$t_{o\ min.}$	$t_{o\ opt.}$	$t_{o\ max.}$	
I	< 80	20	22 ± 2	28	0,1–0,2
II a	81 – 105	18	20 ± 2	27	0,1–0,2
II b	106 – 130	14	16 ± 2	26	0,2–0,3
III a	131 – 160	10	12 ± 2	26	0,2–0,3
III b	161 – 200	10	12 ± 2	26	0,2–0,3

Tab. 2 Parametry mikroklimatu ve školských prostředích

Typ prostoru	Výsledná teplota			Rychlost proudění $v_a$ (m/s)	Relativní vlhkost RH (%)
	$t_g\ min.$ (°C)	$t_g\ opt.$ (°C)	$t_g\ max.$ (°C)		
učebny, pracovní, místnosti k dlouhodobému pobytu	20	22 ± 2	28	0,1–0,2	30–65
tělocvičny	18	20 ± 2	28	0,1–0,2	30–65
šatny	20	22 ± 2	28	0,1–0,2	30–65
sprchy	24	–	–	–	–
záchody	18	–	–	0,1–0,2	30–65
chodby	18	–	–	0,1–0,2	30–65

vzduchu zvýšit o takové množství, které zajistí dostatečné odvádění škodlivin tak, aby byly dodrženy předepsané limity (tzv. PEL). V tomto nařízení vlády není rozlišeno větrání přirozené a větrání nucené, a proto výměna vzduchu může být řešena libovolným způsobem.

## Čisté prostory

Zvláštní kapitolou jsou speciální průmyslové či zdravotnické prostory – čisté prostory. Jedná se o takové prostory, ve kterých je řízena koncentrace částic ve vzduchu. Tyto pro-

story jsou proto konstruovány a využívány takovým způsobem, aby se minimalizovalo zanesení, generování a zadržování částic uvnitř kontrolovaného prostoru (sledují se i další parametry, jako například teplota, vlhkost a tlak).

Speciální prostory jsou v dnešní době využívány pro elektronickou výrobu, výrobu přesné mechaniky a optiky, potravinářskou výrobu, farmaceutickou výrobu a v neposlední řadě pro nemocnice (operační sály, příprava farmak atd.). Nejdůležitějším parametrem čistého prostoru je maximální přípustný po-

**Tab. 3 Parametry mikroklimatu v obyvatelových prostorách**

Typ obyvatelové místnosti	Výsledná teplota $t_g$ (°C) v ročním období	
	teplé	chladné
obyvatelové zařízení	24,0 ±2,0	22,0 ±2,0
zasedací místnost staveb pro shromažďování většího počtu osob	24,5 ±1,5	22,0 ±2,0
haly kulturních a sportovních zařízení	24,5 ±1,5	22,0 ±2,0
učebny	24,5 ±1,5	22,0 ±2,0
ústavy sociální péče	24,0 ±2,0	22,0 ±2,0
zdravotnická zařízení	24,0 ±2,0	22,0 ±2,0
výstaviště	24,5 ±2,5	22,0 ±3,0
stavby pro obchod	23,0 ±2,0	19,0 ±3,0

**Tab. 4 Klasifikace čistých prostor podle ČSN EN ISO 14 644-1**

Třída	Maximální přípustný počet částic na m <sup>3</sup>			
	za klidu		za provozu	
	0,5 µm	5 µm	0,5 µm	5 µm
A	3 520	20	3 520	20
B	3 520	29	352 000	2 900
C	352 000	2 900	3 520 000	29 000
D	3 520 000	29 000	nedefinován	nedefinován

čet částic na m<sup>3</sup>. Podle požadavku na stupeň čistoty prostoru jsou čisté prostory rozděleny (klasifikovány) do čtyř tříd podle ČSN EN ISO 14 644-1 (tab. 4)

## Měření parametrů mikroklimatu

### Teplota

Pro posouzení tepelné pohody osob se nepoužívá klasická hodnota pokojové teploty, ale tzv. výsledná teplota  $t_g$  (°C) (teplota kulového teploměru). Tato teplota se měří teploměrem se sondou, která je vložena do kulové baňky z polyuretanu o průměru 100 či 150 mm (teploměr podle Vernon-Jokla). Teplota naměřená teploměrem uvnitř této baňky po ustálení (asi 15 až 20 minut) je hledaná výsledná teplota. Tato teplota vy-

jadruje současné působení teploty vzduchu, teploty okolních ploch a rychlosti proudění vzduchu. Z výsledných teplot, které jsou naměřeny v úrovni hlavy, břicha a kotníků, je stanovena střední hodnota.

### Měření rychlosti proudění vzduchu v prostředí

Tepelná pohoda je samozřejmě ovlivněna také rychlostí proudění vzduchu. Při vyšší rychlosti proudění je dosaženo pohody i při vyšších okolních teplotách. Pokud je ale rychlost příliš vysoká, může vést až ke zdravotním potížím. K měření rychlosti proudění vzduchu v prostředí je potřeba použít přístrojů, které jsou schopny měřit malé rychlosti proudění (0,05 až 0,5 m/s).

Vhodné jsou lopátkové anemometry (využití mechanických účinků proudícího vzduchu) či žárové anemometry, které měří rychlost proudění na základě ochlazování elektricky žhaveného elementu. Tyto anemometry měří ale rychlost proudění vzduchu až od přibližně 0,2 m/s, a proto nejsou pro měření rychlosti proudění vzduchu v prostředí příliš vhodné. Ideálním řešením je měření všesměrovou sondou, kde naměřená rychlost proudění není závislá na směru proudění a sonda měří již od rychlosti 0,05 m/s.

### Měření vlhkosti vzduchu

Pro účely posouzení vlhkosti vnitřního prostředí se používá měření relativní vlhkosti. Jedná se o poměr mezi okamžitým množstvím vodních par ve vzduchu k množství par, které by měl vzduch o stejném tlaku a teplotě při plném nasycení. Relativní vlhkost se udává v procentech. V praxi se pro její měření asi nejčastěji používají kapacitní vlhkoměry, kdy se na hodnotu vlhkosti převádí kolísání elektrické kapacity čidla.

### Ověřování čistoty v čistých prostorách

Při měření čistoty v čistých prostorách by mělo být odděleno klasifikační měření od provozního monitorování. Pro účely klasifikace by měl být použit přenosný čítač částic s krátkou délkou trubice. Při tomto klasifikačním měření je posouzeno, zda čistý prostor splňuje požadavky na čistotu podle své třídy (ČSN EN ISO 14 644-1). Čisté prostory by měly být dále pravidelně monitorovány i za provozu.

### Závěr

Orientovat se v předpisech a nařízeních týkajících se parametrů vnitřního prostředí není jednoduché. Chybí v nich řada definic a co více, chybí i požadované parametry vnitřního prostředí pro některé typy prostor. To způsobuje projektantům, stavebníkům a také uživatelům budov nemalé problémy. Nicméně pro pracovní prostředí jsou tyto parametry zpracovány poměrně přehledně. Dodržování parametrů na pracovních prostředích není důležité pouze z hlediska legislativy, ale hlavně z důvodu zdraví a produktivity zaměstnanců. Jediným způsobem, jak zjistit a ověřit tyto parametry, je měření.

Foto: Blue Panther Instruments, KIMO

### Literatura

1. Mathauserová, Z.: Novelizace hygienické legislativy – nařízení vlády č. 361/2007 Sb. In: Vytápění, větrání, instalace, roč. 17, č. 2, 2008, s. 87–89.
2. VVR-36 ČISTÉ PROSTORY, publikace SÚKL, 2009.
3. Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci.
4. Vyhláška č. 410/2005 Sb., o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých.
5. Vyhláška č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí obyvatelových místností některých staveb.



Měření vlhkosti betonu



Přenosný analyzátor plynu