

242 STRAN RAD, NÁPADŮ, NOVINEK, TRENDŮ, POSTUPŮ A TECHNOLOGIÍ

CENA 88 Kč / 124 Sk KVĚTEN 2005

müj dům

STAVÍME > ZAŘIZUJEME > BYDLÍME

Problémy mikroklimatu OBYTNÝCH DOMŮ

Text: Petr Morávek | Foto: archiv firmy ATREA

SEBEKRÁSNEJŠÍ A SKVĚLE POHODLNÝ DŮM ZTRATÍ SVÉ KOUZLO, NEBUDE-LI POSKYTOVAT ZDRAVÉ, HYGIENICKY NEZÁVADNÉ PROSTŘEDÍ. PŘÁVĚ MIKROKLIMA V SOUČASNÝCH OBYTNÝCH STAVBÁCH BÝVÁ PROBLEMATICKÉ. VLASTNOSTI NOVÝCH MATERIÁLŮ A KONSTRUKCÍ TOTIŽ MĚNÍ PODMÍNKY VYTÁPĚNÍ A VĚTRÁNÍ, NA NĚŽ JE TŘEBA SPRÁVNĚ REAGOVAT.



Složky, z nichž sestává vzduchové prostředí budov záměrně vytvářené pro pobyt člověka v uzavřených prostorách, lze obecně charakterizovat jako interní mikroklima. Rozlišuje se mikroklima tepelně-vlhkostní, mikrobiální, ionizační, aerosolové, oděrové a toxické. Společným znakem všech těchto složek vnitřního prostředí je vzduchové pole, v němž existují a vzájemně se v něm ovlivňují. Podívejme se, jaký mají význam pro lidské zdraví, v jakých vzájemných vazbách jsou a jakými způsoby se hodnotí.

Tepelně-vlhkostní mikroklima

K nejdůležitějším složkám pro zajištění vnitřního prostředí patří tepelně-vlhkostní mikroklima, a to jak z hlediska zdraví a spokojenosti lidí, tak i ve vztahu k životnosti stavebních materiálů, budov atp. Teplota a vlhkost vzduchu se v budovách úzce vzájemně ovlivňují a podmiňují.

Kvalitu tepelně-vlhkostního mikroklimatu v budovách určují následující základní veličiny (viz rámeček): teplota vzduchu (t_a), výsledná teplota (t_g), relativní vlhkost vzduchu v interiéru (rh), měrná vlhkost vzduchu (x) a teplota rosného bodu (t_r).

Zajištěním optimální teploty (t_g) v místnostech se dosahuje tepelné rovnováhy při odvodu tepla z organismu člověka do okolního prostředí (s korekcí na dané roční období) při konkrétním vývinu metabolického tepla.

Se zajištěním optimálních teplot v interiéru většinou nebývají potíže díky současným kvalitním regulacím pružných otopných soustav

a zateplování obvodových stěn budov. Avšak často bývá problematické dosáhnout vyhovující relativní vlhkosti. Je tu totiž řada hledisek, jež si vzájemně odporují. Hygienicky doporučovaná vyšší relativní vlhkost vzduchu (50–60 %), která zabraňuje vysychání sliznic, totiž pravidelně vede ke vzniku plísní (např. rodu *Alternaria Aspergillus*). Týká se to hlavně chladných a nevětraných rohů místností, nadpraží a ostění s nebezpečnými zárodky patogenních spór. Důsledkem je pak zvýšená nemocnost, časté nevolnosti, alergie či záněty průdušek. Tento fenomén nabývá v současnosti nebývalých rozměrů. Příčinou je nezodpovědné utěšňování okenních spár v celém rozsahu, avšak aniž by přirozená výměna vzduchu dostala nějakou alternativu. V interiéru pak výměna vzduchu často trvale klesá až pod $0,05 \text{ h}^{-1}$. K výskytu plísní pak dochází pravidelně, když se relativní vlhkost ustálí na 55–65 % (staré budovy).

V minulosti, při lokálním vytápění každé místnosti s odvodem spalin do komínů, fungovala výměna vzduchu bez problémů přísávaním okenními spárami. Plísně v bytech byly až na výjimky zcela neznámým pojmem a lidé byli nesporně zdravější.

Současně se při vyšších relativních vlhkostech vzduchu nad 60 % zvyšuje až na dvojnásobek procento přežívajících mikroorganismů (např. *Staphylococcus*, *Streptococcus*) vůči výskytu mikroorganismů při $rh = 30\text{--}40$ procent. Při poklesu relativní vlhkosti se naopak snižuje výhodně počet roztočů v textiliích a výskyt následných alergií (astma). Denní produkce vodní páry pro průměrný byt se pohybuje od 10 do 15 kg/den, ►

Plísně jsou mikroskopické houby, jejichž spóry vyvolávají alergické syndromy (plísně rodu *Aspergillus*)



Tepelně-vlhkostní mikroklima

■ t_a - teplota vzduchu (Udává se ve $^{\circ}\text{C}$, měří se rtuťovým teploměrem; pozor, nezohledňuje tepelné sálání okolních ploch.)

■ t_g - výsledná teplota (Měří se kulovým teploměrem ve $^{\circ}\text{C}$ uprostřed místnosti, s registrací tepelného sálání ploch okolních stěn a oken. Je základní veličinou při hodnocení mikroklimatu.)

■ rh - relativní vlhkost vzduchu v interiéru (Uvádí se v procentech a vyjadřuje stupeň nasycení vzduchu vodní parou.)

■ x - měrná vlhkost vzduchu (Vyjadřuje hmotnost vodních par v kg na kg suchého vzduchu.)

■ t_r - teplota rosného bodu (Ve $^{\circ}\text{C}$ udává, kdy na povrchu konstrukce začíná kondenzovat vodní pára. Závisí na t_a i rh .)



Názorný ukázka toho, jak dobře těsní současná okna. Pokud takto „ucpete“ svůj dům, účinky na sebe nenechají dlouho čekat v podobě plísni a roztočů, a nakonec i podlomeného zdraví rodiny. Řešením je řízené větrání



Pokud je u vzduchodův větracího systému podobně zanesená mřížka, slouží celé zařízení k opaku svého poslání. V nečistotách se zachycují mikroorganismy a jsou distribuovány rozvodem vzduchu po domě



Následek zvýšené vlhkosti: standardní konstrukce (zde parapet) degradují

kdy nárazová množství vlhkosti jsou pohlcena sorpcí omítek a postupně je odvětrána s větším či menším efektem při absenci jiných větracích systémů pouze spárovou infiltrací oken. V řadě vyspělých zemí se proto předepisuje řízené větrání bytů s rekuperací tepla s intenzitou výměny $n = 0,3-0,5 \text{ h}^{-1}$ pro dosažení optimální relativní vlhkosti $rh_{opt} = 35-50 \%$ (v závislosti na ročním období).

Mikrobiální mikroklima

Alergické syndromy se dnes stávají vážným problémem. Jsou způsobeny mikroorganismy bakterií, virů, plísní, spór a pylů, které se vyskytují v interiéru budov a mají přímé účinky na člověka. Vytvářejí tzv. mikrobiální mikroklima. Hlavními nositeli mikroorganismů jsou kapalně aerosoly, vznikající v pračkách klimatizačních zařízení, a pevně aerosoly (prachy atd.), usazené ve vzduchovodech. Zvláště nebezpečné jsou pak bakterie tyčinkové (legionelly) – jsou vázány v kapalných aerosolech a způsobují až smrtelná zánětlivá onemocnění plic.

Ve všech typech filtrů se zachycují především prachové částice, ale i všechny druhy mikroorganismů. Při silném zašpinění, případně i vlh-

nutí filtrů se intenzivně rozmnožují a pronikají zpět do větracího vzduchu. Je proto velmi důležitá pravidelná kontrola a výměna filtrů v závislosti na druhu prostředí. Obdobně je nutné zabránit zvlhnutí usazeného prachu v uzavřených a těžko přístupných vzduchovodech (pomocí zpětných klapek, garantovaného přetlaku atd.), neboť zde hrozí výskyt virů i plísní s neomezenou životností.

Kvalita mikrobiálního mikroklimatu se hodnotí podle únosné koncentrace mikrobů – pro obytná prostředí činí max. 200–500 mikrobů/m³. Ve venkovním prostředí měst jsou koncentrace až 1 500 mikrobů/m³. Dosud nejúčinnějším způsobem jak snížit mikrobiální koncentrace v budovách je dokonalé větrání s přívodem kvalitního venkovního vzduchu. Dále lze výhodně použít deodorizace vzduchu proti hmyzu jako přenašeči mikrobů rozprašováním slabého roztoku oleje z himálajského cedru. Použití chemické a fyzikální sterilizace vzduchu je již speciálním úkolem instalovaných vzduchotechnických zařízení.

Ionizační mikroklima

Toky ionizujícího záření z přírodních radionuklidů, případně z umělých zdrojů charakte-

Doporučené hodnoty pro obytné a občanské stavby

	HODNOTA	TOPNÉ OBDOBÍ	LETNÍ OBDOBÍ
operativní (výsledná) teplota t_o	°C	18–24	20–28
rychlost proudění vzduchu v_a	m/s	0,1–0,15	0,1–0,2
relativní vlhkost rh	%	30–50	30–70
teplota povrchu podlahy t_p	°C	19–28	–

poznámka: pro rychlosti $v_a < 0,2 \text{ ms}^{-1}$ lze nahradit operativní teplotu výslednou teplotou kulového teploměru t_g (°C).



Tyto silně znečištěné součásti vzduchovodů sice nejsou z rodinného domu, ale je na nich dobře patrné, jak zanedbaná údržba promění zdraví prospěšné zařízení v opak



Plísně na špaletě okna. Standardní projev kombinace podchlazení povrchu okenního ostění a nevětraného prostoru kuchyně, který způsobí růst plísní

rizují ionizační mikroklima. V běžných podmínkách bytových a občanských staveb se jedná převážně o zdroje ionizujícího záření ze stavebních hmot, např. radioaktivních popílků s obsahem radia (záření gama), a vyzařování radioaktivních plynů z podlah, případně ze stavebních hmot do interiérů budov. Hlavním představitelem je radon ^{222}Rn . Samotný radon je inertní plyn, ale závažné jsou především jeho dceřiné produkty, vzniklé jeho rozpadem. Jsou vdečovány spolu s nosnými pevnými či kapalnými aerosoly do plic, kde se usazují a zářením alfa ozařují plicní epitel, čímž vytvářejí potenciální riziko vzniku rakoviny plic.

Jednotkou pro objemovou aktivitu radioaktivních látek je 1 Bq/m^3 (Beckquerel), což udává jeden průměrný rozpad za sekundu v 1 m^3 látky, obdobně se udává měrná aktivita pro 1 kg látky. Jako přípustné se u nás uvádějí hodnoty EOAR (ekvivalentní objemové aktivity radonu) v interiéru 200 Bq/m^3 vzduchu pro stávající budovy a 100 Bq/m^3 vzduchu pro nově postavené domy.

Obecně se udává i hodnota podle USA normy ASHRAE 1981, tj. 74 Bq/m^3 . V ČR se vyskytly extrémní hodnoty až $18\,000\text{ Bq/m}^3$ v místnostech (Jáchymov), zatímco průměrná hodnota ve všech domech je asi 68 Bq/m^3 a ve venkovním ovzduší $7\text{--}12\text{ Bq/m}^3$.

Jako ochrana nových staveb před účinky radonu se používá plynotěsná fólie pod základovou deskou. Pro stávající budovy je však osvědčenou nejúčinnější ochranou řízené větrání, výhodně s částečným přetlakem, s intenzitou výměny vzduchu $0,5\text{--}1,0\text{ h}^{-1}$. Tato intenzita větrání zaručuje dosažení EOAR v interiéru budov až na hodnoty $12\text{--}35\text{ Bq/m}^3$ i v oblastech

Příčinou zvýšené vlhkosti a následného růstu plísní je nezodpovědné utěšňování veškerých okenních spár, avšak bez toho, že by se zajistila alternativní možnost přirozené výměny vzduchu

extrémních výskytů zemního radonu (oblast Jáchymova, Sedlečanska, Krkonoš).

Aerosolové mikroklima

V ovzduší se aerosoly vyskytují ve formě buď pevných částic (prachů), nebo kapalných částic (mlhy). Pevné aerosoly jsou původu organického, anorganického i smíšeného. Mají kladný či záporný elektrický náboj. Rychlost jejich gravitačního usazování v ovzduší v rozsahu 30 dnů až 4 vteřin závisí na jejich velikosti, která se pohybuje v rozmezí $0,1\text{--}100$ mikrometrů.

Ve venkovním ovzduší velkoměst se spád prachu pohybuje v hodnotách až $1\,100\text{ t/km}^2/\text{rok}$, při běžné koncentraci $1\text{--}3\text{ mg/m}^3$. V čistém horském prostředí se vyskytují koncentrace od $0,05$ do $0,5\text{ mg/m}^3$. Domovní prach, zvláště částice pod 1 mikrometr, jsou hlavní příčinou postižení astmatem. Jako přípustná hodnota v běžných budovách se uvádí koncentrace inertních pevných aerosolů 10 mg/m^3 .

Odérové mikroklima

Obecně jsou odéry plynné složky ovzduší, které vnímáme jako vůně či zápachy. Vytváří je hlavně člověk svým tělem nebo svou činností. Ovšem mimo tyto běžné odéry (kouření, příprava jídel aj.) se v interiéru dnes vyskytují i styreny, formaldehydy a odpařiny z nátěrů, dříve neznámé. Z venkovního ovzduší do budov proniká přede-

vším CO_2 a mnoho dalších odérů. Ve vnitřním prostředí pak vzniká při pobytu lidí hlavně CO_2 a tělesné pachy – antropotoxiny, které jsou obecně indikátorem kvality vnitřního vzduchu. Jako kritériální a exaktně měřitelná hodnota se všeobecně udává koncentrace $0,10\%$ CO_2 , pro odstranění pocitu vydýchaného vzduchu z produkce tělesných odérů pak $0,07\%$ CO_2 . Zásadním způsobem lze kvalitu odérového mikroklimatu v budovách ovlivnit pouze dostatečným přívodem čerstvého vzduchu. Jako základní a ve světě uznávaná hodnota intenzity větrání se udává $25\text{ m}^3/\text{hod}$. čerstvého venkovního vzduchu na jednu osobu pro odvedení běžných tělesných odérů. Tato hodnota platí obecně pro školní učebny i obytné místnosti.

Toxické mikroklima

Toxické plyny s patologickými účinky vytvářejí tzv. toxické mikroklima. Pro ně jsou charakteristické zejména oxidy síry SO_x , oxidy dusíku NO_x , oxid uhelnatý CO , ozón O_3 , smog, formaldehyd atd. V interiéru budov je zdravotně nejzávažnějším plynem CO , který vzniká hlavně nedokonalým spalováním fosilních paliv při nevyhovujícím přívodu vzduchu nebo špatným odtahem spalin, únikem svítivplynu a kouřením. Při dlouhodobé expozici může dojít až k chronické otravě s poruchami paměti a psychiky. Obdobně vzniká ve špatně nebo cirkulačně



Masivní rozvoj plísní na vlhkém povrchu konstrukcí rodinného bazénu

větraných kuchyních s neodvětrávanými plynovými sporáky koncentrace oxidu dusíku až 50 mikrogramů/m³, zatímco v jiných místnostech max. 20 mikrogramů/m³. Oxid dusičitý má přitom prokazatelně karcinogenní účinky. Formaldehyd způsobuje ve vyšších koncentracích dráždění očí a sliznic. Současně je i alergenem a potenciálním karcinogenem. Zarážející je skutečnost, že i po 15 letech převyšují koncentrace formaldehydu v objektech typu OKAL několikanásobně přípustné limitní hodnoty. Ekonomicky i technicky nejpřijatelnějším řešením pro odstranění toxických plynů zůstává stále větrání, případně obtížná filtrace aktivním uhlím nebo ionizace vzduchu.

Legislativa vnitřního prostředí

Je důležité si uvědomit, že v celém světě jsou normy týkající se vnitřního prostředí nezávazné. Týká se to i dříve citovaných norem ASHRAE nebo DIN. Striktní nařízení a limity, pokud nejsou zákonnými normami, jsou totiž považovány za porušení demokratických práv osobnosti. Je však pravdou, že když projektant dodrží tyto „nezávazné“ předpisy, silně tím omezí možnost hrubých chyb, k nimž může dojít při projektování systému pro zajištění vnitřního mikroklimatu budov.

Podle evropské direktivy, která bude základem pro směrnice o vnitřním prostředí v zemích EU, se za hlavní zdravotní rizika obecně považují nadměrná vlhkost, toxické plyny, pevné částice a vlákna a radiace. ■

Roztoči velikosti 0,1 mm přežívají v bytových textiliích při optimálních teplotách 22–24 °C a při relativní vlhkosti nad 50 %. Jejich výtrusy vyvolávají alergie



Plošný rozvoj plísní z vlhké zdi pod podlahovou krytinu – koberec



Literatura: Jokl, M., Teorie vnitřního prostředí budov, ČVUT Praha 1991; Draboňovská, H., Požadavky hygieniků na kvalitu vnitřního prostředí, Praha 1995; European Directive on Construction Products

Hlavní zdroje vlhkosti v budovách

ZDROJ VLHKOSTI	PRODUKCE VODNÍ PÁRY
metabolismus člověka	50–250 g/hod./os. podle druhu činnosti
koupelny	700–2 600 g/hod.
kuchyně	600–1 500 g/hod.
sušení prádla	200–500 g/hod./5 kg

KONTAKT

■ **ATREA, s. r. o.**
 V Aleji 20
 466 01 Jablonec
 nad Nisou
 tel.: 483 368 111
 fax: 483 368 112
 e-mail: atrea@atrea.cz
 www.atrea.cz