

# Kapilární rohože v praktických aplikacích



Ústav techniky prostředí

## Capillary Mats in Practical Applications

Recenzent  
Ing. Zdeněk Lerl

Jedním ze sálavých klimatizačních systémů, který umožňuje zajištění tepelného komfortu bez vysokých nároků na spotřebu energie, je systém s kapilárními rohožemi. Kapilární systém je možné použít prakticky v jakékoliv budově a to jak pro vytápění tak pro chlazení. Nízká stavební výška konstrukce s kapilárním systémem umožňuje široké využití pro novostavby i rekonstrukce budov. Autor popisuje různé možnosti využití kapilárních rohoží v praktických aplikacích a uvádí příklady realizací.

**Klíčová slova:** kapilární rohože, rozváděcí a sběrné potrubí, kovové stropní kazety, chladicí stropy

A system with capillary mats is one of the radiant conditioning systems without high demands on energy consumption. The capillary system can be used in almost any building for both heating and cooling. The low height of a construction with capillary system enables its broad utilization in new buildings as well as in building reconstructions. The author describes different possibilities of capillary mats utilization in practical applications and gives examples of implementation.

**Keywords:** capillary mats, distributing and collecting piping, metal ceiling panels, cooling ceilings

## ÚVOD

Kapilární rohože jsou tvořeny sítí tenkých plastových trubiček z polypropylenu (vnější  $\phi$  cca 3,5 mm), do nichž je rozváděna chladicí nebo otopná voda. Mezi jednotlivými kapilárami je poměrně krátká vzdálenost, což ve spojení s malým teplotním spádem způsobí prakticky rovnoměrné rozložení povrchové teploty. Nejčastěji se rohože umísťují pod omítku na strop, ale mohou být umístěny i na stěnách místnosti. V některých aplikacích je možné jejich umístění i v podhledové konstrukci, či v podlaze. Díky malým rozměrům kapilárních trubiček je tloušťka omítky přijatelných 10 až 15 mm, což umožňuje poměrně rychlou reakci celého systému na změnu okrajových podmínek.

Kapilární rohože je možné vyrábět prakticky v libovolných rozměrech, přesně dle objednávky na konkrétní zakázku. Na stavbu jsou kapilární rohože dodávány jako celky připravené pro montáž na konstrukci stěny, podlahy nebo stropu.

### Materiál kapilárních rohoží

Kapilární rohože jsou nejčastěji vyrobeny z polypropylenu PP-R (random kopolymer), jehož vlastnosti umožňují vytvořit flexibilní výrobky s dlouhou životností. Mezi základní kladné vlastnosti polypropylenu patří [5]

- dlouhá životnost (až 50 let),
- hygienická nezávadnost,
- odolnost proti korozi, chemikáliím a zarůstání,

- nízká objemová hmotnost,
- vysoká ohebnost,
- snadná a rychlá montáž,
- nízké tlakové ztráty třením.

Mezi jeho nevýhody pak

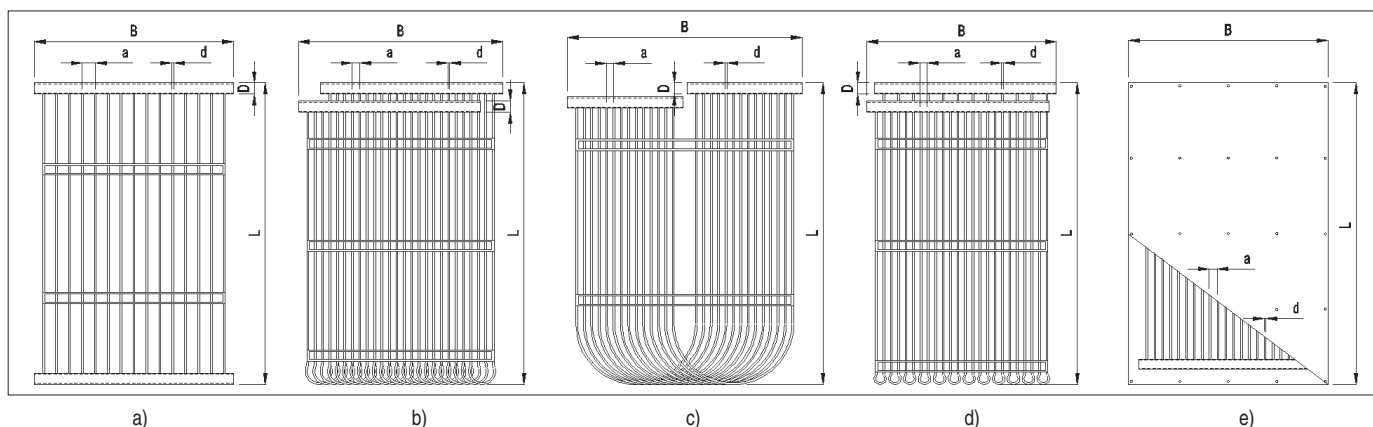
- menší pevnost v porovnání s kovy,
- malá odolnost vůči vyšším teplotám (do 65 °C),
- malá odolnost vůči mechanickému poškození,
- nebezpečí pronikání difusního kyslíku do teplotnosné látky.

A právě z důvodu nebezpečí kyslíkové difuze musí být i ostatní rozvodny umístěny v okruhu společně s kapilárními rohožemi zhotovenými z materiálů nepodléhajících korozi, tedy opět nejlépe z plastů, mosazi nebo mědi. Okruh s kapilárními rohožemi se proto od primárního okruhu zdroje tepla odděluje deskovým výměníkem.

### Typy kapilárních rohoží

Na obr. 1 jsou zobrazeny různé typy kapilárních rohoží. Na obr. 1a) je rohož typu G, která má rozváděcí a sběrné potrubí na protilehlých stranách. Tento typ rohože je vyráběn i na našem území. Obr. 1b) až 1d) znázorňují rohože typu S a U, jež mají rozdělovací a sběrné potrubí na téže straně.

Obr. 1e) znázorňuje prefabrikovaný panel, v němž je umístěna kapilární rohož typu G s 30 mm vrstvou izolace. Rozměry vyráběných kapilárních



Obr. 1 Základní typy kapilárních rohoží

rohoží, dostupných na našem trhu, jsou uvedeny v tab. 1. Uvedené rozměry jsou platné pro tlaky do 400 kPa. Pro vyšší provozní tlaky se vyrábějí rohože s rozměry  $d = 4,5 \times 0,8 \text{ mm}$  a  $D = 20 \times 3,4 \text{ mm}$ .

Tab. 1 Orientační rozměry kapilárních rohoží

Typ rohože		$\phi d$	$\phi D$	$a$	[ mm ]	
					$B$	$L$
a)	Typ G	3,35 x 0,5	20 x 2	10, 20, 30	160 až 1200	600 až 6000
b)	Typ S	3,35 x 0,5	20 x 2	10	170 až 1200	750 až 6000
c)	Typ U	3,35 x 0,5	20 x 2	10	160 až 1200	600 až 2000
d)	Typ S	3,35 x 0,5	20 x 2	15, 20, 30	170 až 1190	750 až 6000
e)	Prefabrikovaný panel	3,35 x 0,5	20 x 2	10	600	1500, 2000

### Výkony kapilárních rohoží

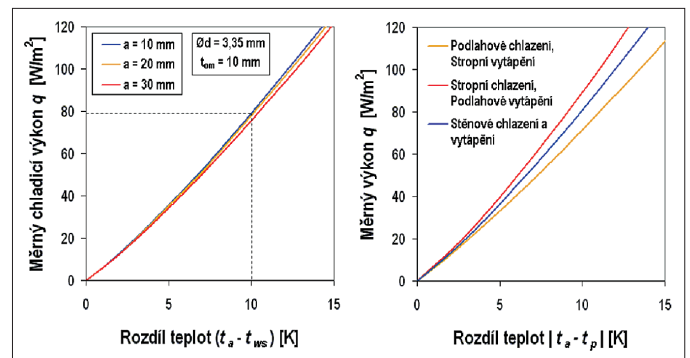
Jak již bylo dříve popsáno např. v literatuře [6] kapilárním systémem lze odvádět pouze citelnou tepelnou zátěž. Zatímco u chlazení je teplota vstupní vody omezena rizikem kondenzace na stěnách, u vytápění je omezující podmínkou asymetrie radiční teploty. Maximální provozní teplota systému s kapilárními rohožemi vyrobeného z polypropylenu je 65 °C. Běžně se teplota otopné vody například pro podlahové vytápění pohybuje okolo 40 °C, tak aby nebyla překročena maximální přípustná povrchová teplota 29 °C. V případě použití systému pro chlazení se teplota přívodní vody  $t_{w1}$  volí  $\geq 16 \text{ °C}$ , z důvodu zabránění kondenzace vodních par obsažených ve vzduchu na stěnách místnosti. Teplotní rozdíl odváděné a přiváděné vody bývá 2 až 4 K.

Výkon kapilárních rohoží závisí na uspořádání stavební konstrukce, což bylo naznačeno např. v literatuře [7]. Na obr. 2a jsou znázorněny teoreticky stanovené chladicí a tepelné výkony [8] pro konkrétní stavební konstrukci s kapilárními rohožemi. Pro porovnání výkonů byla zkoumána zděná stavební konstrukce s vnitřní izolací (XPS) 30 mm na níž byla umístěna rohož s omítkou tloušťky 10 mm.

Obr. 2a prezentuje porovnání výkonů chladicího stropu s kapilárními rohožemi, pro různé rozteče kapilár  $a = 10, 20$  a  $30 \text{ mm}$ . Z grafu je zřejmé, že rozteč kapilár má na celkový výkon rohoží pouze minimální vliv. Na obr. 2b je pak znázorněno obecné porovnání měrných výkonů pro různě orientované chladicí a otopné plochy v závislosti na absolutním rozdílu teploty vzduchu a povrchové teploty ( $t_a - t_p$ ).

### Instalace kapilárních rohoží

Kapilární rohože je možné umístit prakticky na libovolnou stěnu místnosti a to hned několika způsoby. Nejčastěji se kapilární rohože umísťují přímo na stěnu nebo na sádkartón pod omítkou (obr. 3). Volba příslušných stěn by měla odpovídat architektonickému návrhu prostoru (nebezpečí zastavení nábytkem, umístění svítidel apod.). Před vlastní pokládkou rohoží se všechny stěny místnosti určené pro pokládku rohoží začistí a vyhladí se nerov-



Obr. 2a, 2b Porovnání výkonů různých chladících a otopných ploch

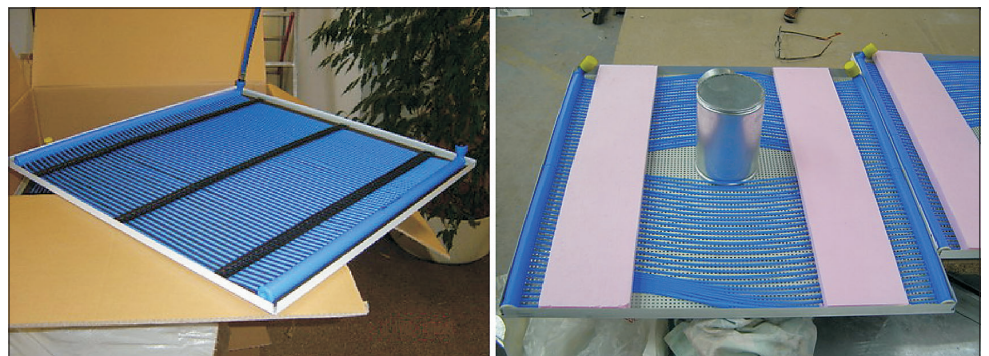
nosti. V některých případech je nutné vytvořit drážky pro zbudování rozváděcího a sběrného potrubí.

Rohože se nejprve rozmístí na stěny dle plánu pokládky a připevní se ke stěně. Takto připevněné kapilární rohože se mezi sebou spojí polyfúzním svařováním. Po připojení potrubí na zdroj tepla/chlady je ještě nutné provést tlakovou zkoušku. Po úspěšných tlakových zkouškách je možné nanést omítku o minimální tloušťce (zpravidla 10 mm). V případě, že dojde vlivem neopatrného zacházení k narušení některé z kapilár např. nežádoucím navrtáním, lze kapiláru částečně odkrýt a narušení zavařit.

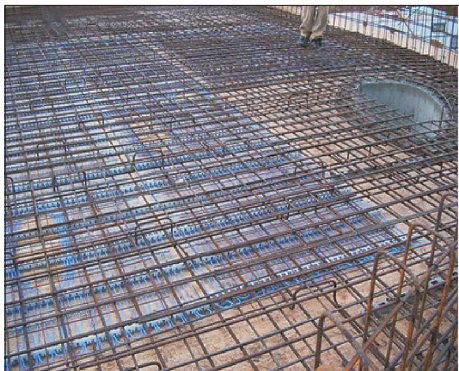
Velmi častým způsobem instalace kapilárních rohoží, zejména v administrativních budovách, je použití kovových stropních kazet pro instalaci



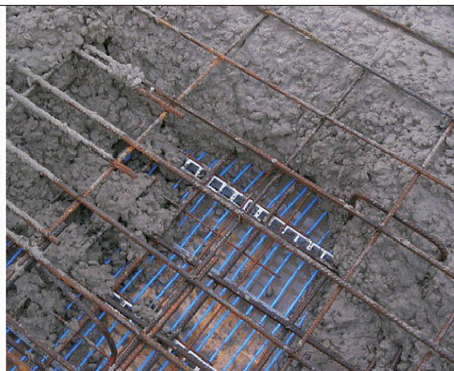
Obr. 3 Kapilární rohože na stěně a na sádkartonu připravené k omítnut



Obr. 4 Příklady stropních kazet s kapilárními rohožemi



Obr. 5 Kapilární rohože zalité do betonové konstrukce



Obr. 7 Stropní kazety v podhledové konstrukci



Obr. 6 Kapilární rohože zavěšené na rastr pro sádrokarton



Obr. 8 Aplikace kapilárních rohoží do podlahy



v podhledové konstrukci. Rohože jsou pak umístěny přímo na kazetě, popř. se mezi kazetu a rohož může umístit akustická izolace. Jak je patrné z tab. 1, široká paleta vyráběných rozměrů kapilárních rohoží umožňuje libovolný výběr rozměrů včetně standardního 600 x 600 mm (obr. 4).

Méně častým způsobem aplikace kapilárních rohoží je jejich přímé zalití do *monolitické železobetonové konstrukce* stropu. Rohože se instalují již v době betonáže nosných konstrukcí, tak jak je to zobrazeno na obr. 5.

Zřídka používaným způsobem instalace kapilárních rohoží je i *zavěšení na rastr pro sádrokarton* (obr. 6). Rohože jsou tak položeny shora na sádrokartonovou desku pod tepelnou izolací stropu, případně střechy. Výhodou tohoto systému je především rychlá instalace. Sádrokarton nemusí obsahovat drážky pro sběrná potrubí, odpadá jakékoliv lepení a navíc takto uložený systém nevyžaduje zakrytí omítkou, což představuje finanční úspory. Nevýhodou tohoto uspořádání je však snížení topného i chladicího výkonu.

### PRAKTICKÉ APLIKACE

Kapilární systém je možné použít prakticky v jakékoliv budově. Nízká stavební výška konstrukce s kapilárním systémem (cca 4 cm vč. izolace) umožňuje široké využití pro novostavby i rekonstrukce budov. Nejčastější a nejvhodnější se jeví využití kapilárních systémů, zejména pro nízkoenergetické rodinné domy, ale i pro bytové domy, či obecní stavby. Výhody kapilárních rohoží lze uplatnit např. při rekonstrukci historických objektů. V poslední době nacházejí uplatnění i v průmyslových aplikacích.

#### Chladicí stropy

Nejběžnější a nejčastější aplikací kapilárních rohoží je použití v administrativních budovách, kde slouží většinou jako chladicí stropy, ovšem mohou být využity i pro vytápění. Kanceláře administrativních budov jsou

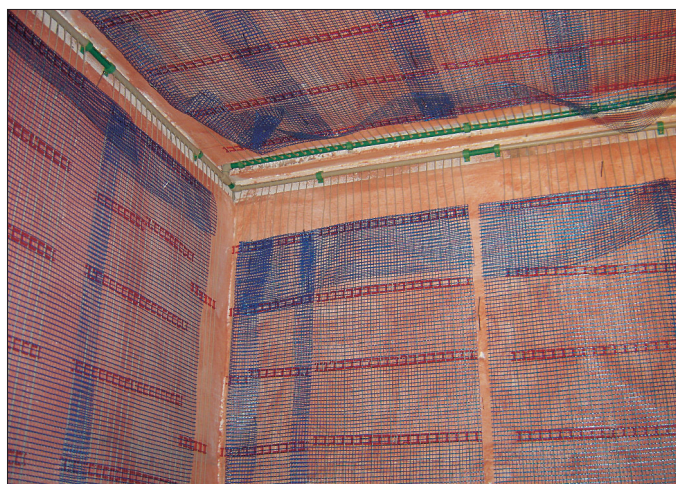
často vybaveny kazetovým sádrokartonovým podhledem a umístění rohoží přímo na stropní desku tak nepřipadá v úvahu. K tomuto účelu se používají již zmíněné kovové stropní kazety (obr. 4) v nichž jsou umístěny kapilární rohože. Aplikace stropních kazet v podhledové konstrukci je vidět na obr. 7.

#### Podlahové a stěnové vytápění (chlazení)

Běžně se kapilární rohože používají pro podlahové vytápění nebo také pro stěnové vytápění, případně chlazení. Nízká stavební konstrukce podlahy s kapilární rohoží nachází uplatnění především při rekonstrukci rodinných domů (obr. 8), nic ovšem nebrání použití systému i v novostavbách.

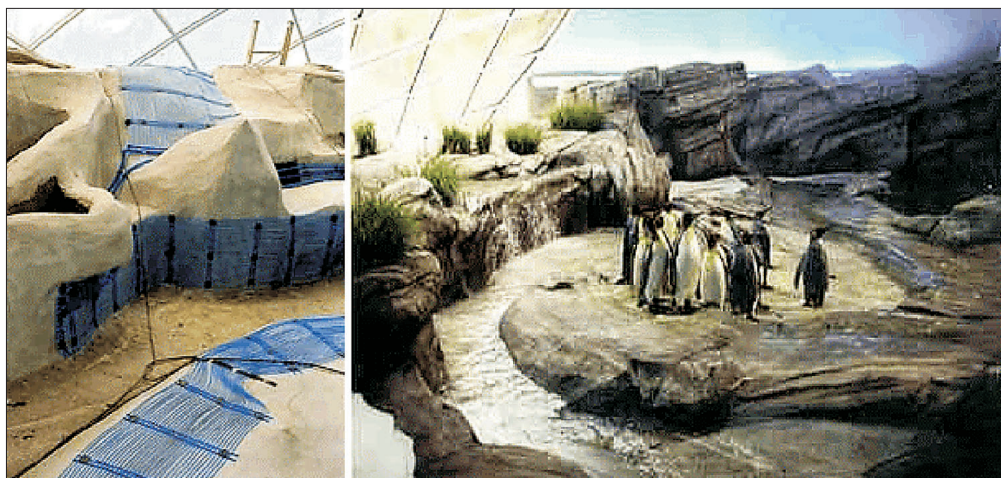
#### Celoplošný systém

Jednou z nejzajímavějších aplikací kapilárních rohoží je instalace celoplošného systému v experimentálním nízkoenergetickém domě firmy Instaplast v Zápěch [4] (užitný vzor č. 15516). Objekt je vybaven sálavým



Obr. 9 Příklad instalace celoplošného systému

systémem s kapilárními rohožemi, které jsou umístěny prakticky na všech stěnách objektu, vč. podlahy a stropu (obr. 9). Velká teplosměnná plocha systému s kapilárními rohožemi společně s malou tepelnou ztrátou objektu (5,7 kW) umožňuje upravovat tepelný stav prostředí při střední teplotě teplotnosné látky blízké teplotě vzduchu v prostoru, což vede k výrazným úsporám energie. Provoz systému je průběžně monitorován [4] a v objektu byl od února do srpna 2006 měřen tepelný stav prostředí, který byl podrobně popsán v příspěvku [6].



Obr. 11 Příklad instalace kapilárních rohoží v prostorách Berlínské ZOO

### Průmyslové aplikace

Použití kapilárních rohoží v průmyslových budovách je poměrně výjimečné. Nároky na pohodu prostředí, a tím i tepelný komfort osob pracujících v průmyslu se stále zvyšují a vytápění či chlazení kapilárními rohožemi může být v tomto směru účinným prostředkem. Zejména použití v laboratořích či v lehkém průmyslu se jeví jako výhodné.

### Využití odpadního tepla

V celé řadě průmyslových podniků nastává potřeba chladit výrobní technologické operace. K tomuto účelu se používají různé chladicí kapaliny na bázi emulzí, či oleje. Vzniká-li při chlazení technologické operace odpadní teplo s nízkým potenciálem, je možné ho využít např. pro velkoplošné vytápění.

Konkrétní příklad využití odpadního tepla, které vzniká při technologické operaci je znám z průmyslového podniku v Zápech [4]. Při lisování plastů zde vzniká odpadní teplo ve formě zahřátého oleje o teplotě cca 30 °C. V okruhu oleje je zařazen deskový výměník, ve kterém se teplo přenáší do vodního okruhu. V sousední výrobní hale je nainstalován na stěnách a na stropě velkoplošný systém stěny a strop s kapilárními rohožemi o celkové ploše cca 1000 m<sup>2</sup>. Teplota přírodní vody pro vytápění haly tak může být poměrně nízká. Teplota vratné vody je kolem 18 °C, což plně vyhovuje požadavku na chlazení technologické operace.

### Laboratoře

Příkladem využití kapilárních rohoží v laboratořích je instalace ve výzkumném ústavu VÚGTK ve Zdíbech. V laboratorních prostorách ústavu, které jsou umístěny částečně pod zemí probíhá kalibrace přístrojů pro měření. Požadavkem provozovatele bylo udržovat ustálenou a rovnoměrnou



Obr. 10 Instalace kapilárních rohoží v podkroví historické budovy

teplotu vzduchu v prostoru. K tomuto účelu byl na strop laboratoře o půdorysných rozměrech 20 x 3,7 m instalován systém s kapilárními rohožemi.

### Rekonstrukce

Kapilární rohože lze využívat i při rekonstrukci historických budov. Příkladem je zámek Tonkovice na Slovensku. Kapilární rohože jsou zde umístěny ve dvou patrech, zejména pak ve střešních místnostech, kde jsou šikmé stěny a zejména krov. V prostorách je použit systém zavěšení nad sádrokarton (obr. 10). Celková plocha nainstalovaných rohoží v prostorách zámku je přibližně 350 m<sup>2</sup>.

### Speciální aplikace

Důkazem, že kapilární rohože mohou najít široké uplatnění je instalace v Berlínské ZOO v pavilonu pro tučňáky (obr. 11). Kapilární rohože jsou zde umístěny na umělých stěnách k vytvoření „zdravého“ prostředí. V tomto konkrétním případě se uplatnila zejména flexibilita systému.

### ZDROJE TEPLA

Systém nízkoteplotního vytápění a vysokoteplotního chlazení kapilárními rohožemi umožňuje využití nízkopotenciálních zdrojů tepla, či alternativních zdrojů energie. Jedná se především o solární soustavy a soustavy s tepelným čerpadlem vzduch – voda, voda – voda (využití nízkopotenciálního tepla z vodních toků, podzemní voda) a země – voda (využívání tepla ze zemského polomasivu – zemní vrty, plošné zemní výměníky) s vysokým topným faktorem pro vytápění a chladicím faktorem pro chlazení. Využití kapilárních systémů ve spojení s alternativními nebo nízkopotenciálními zdroji tepla vede k udržení optimálního tepelného stavu prostředí bez vysokých nároků na spotřebu energie.

### ZÁVĚR

Článek popisuje širokou škálu využití kapilárních rohoží. Cena za m<sup>2</sup> pokládky se sice pohybuje kolem 700 Kč, avšak v některých případech, zejména tam, kde systém slouží pro vytápění i chlazení, může být pořizovací cena systému i nižší než při použití běžných vytápěcích a klimatizačních zařízení.

Ze stále rostoucí ceny energie se však dá předpokládat, že doba návratnosti investice se bude zkracovat. To je však věcí ekonomického hodnocení systému, což přesahuje rámec tohoto příspěvku.

*Příspěvek byl napsán s podporou výzkumného záměru MSM 6840770011 Technika životního prostředí.*

### Seznam označení

- a rozteč kapilár  
 B šířka rohože  
 d průměr kapiláry  
 D průměr rozváděcího potrubí  
 L délka rohože

[mm]  
 [mm]  
 [mm]  
 [mm]  
 [mm]

### Použité zdroje:

- [1] Beka Capillary Tube Systems, Product Data Sheets Technical Information, 2006  
 [2] Radiant Cooling Corporation, Domovské stránky, Dostupné z: <<http://www.radiantcooling.org>>  
 [3] G-term Info Express, o. z. G-term, Hennlich Industrietechnik, č. 6, 2007. Dostupné z: <<http://www.g-term.cz>>.  
 [4] Instaplant Praha a.s., Stránka firmy Instaplant – NERD, aktualizováno 19. 9. 2006. Dostupné z: <<http://www.nedum.cz>>.  
 [5] Matějčíček, J. Plasty ve vytápění, Kapitola v knize *Vytápění rodinných domků*, str. 460–481, Nakladatelství T. Malina, Praha 1996.  
 [6] Zmrhal, V. Tepelné prostředí v prostoru s kapilárními rohožemi. In *Vytápění, větrání, instalace*, 2007, roč. 16, č. 1, s. 37–41.  
 [7] Zmrhal, V. Zkoušení a dimenzování chladících stropů. In *Vytápění, větrání, instalace*, 2007, roč 16, č. 2, s. 75–80.  
 [8] Cihelka, J., a kol. *Vytápění a větrání*. 1969, Praha: SNTL. ISBN 04–216–75.

Kontak na autora: [Vladimir.Zmrhal@fs.cvut.cz](mailto:Vladimir.Zmrhal@fs.cvut.cz)

Autor děkuje firmám zabývajících se výrobou a montáží kapilárních rohoží za poskytnuté informace.

Příspěvek byl přednesen na konferenci Klimatizace a větrání 2008. ■

## Ze zahraniční literatury

Héroux, M.E., Gauvin, D., Gilbert, N. a kol.: **Housing Characteristics and Indoor Concentration of selected Volatile Organic Compounds (VOCs) in Quebec City, Canada** (Charakteristika obytného prostředí a vnitřní koncentrace vybraných těkavých organických uhlovodíků v Quebecu, v Kanadě).

Indoor Built Environ, 17, 2008, č. 2, s. 128–137

Po dobu 7 dní byla monitorována koncentrace 26 vybraných těkavých organických uhlovodíků ve vnitřním ovzduší 96 obytných kanadských domů. Charakteristika jednotlivých bytů byla zjištěna dotazníkovým šetřením se 418 respondenty. Tepelně vlhkostní mikroklima bylo 17,4 až 23,7 °C a 15,6 až 44,8 %. Je známo, že ve vnitřním prostředí jsou zdroje těkavých uhlovodíků a proto je jejich koncentrace zpravidla uvnitř vyšší než venku. Některé jsou neurotoxické (např. toluen), jiné kancerogenní (např. benzen). Dvanáct z 26 sledovaných uhlovodíků bylo nalezeno ve všech sledovaných domech. Vyšší koncentrace benzenu byla zjištěna v domech s nově instalovanými koberci, po malování a drobných stavebních úpravách. Vyšší koncentrace benzenu, toluenu, etylbenzenu a trimetylbenzenu byla zjištěna v domech s plynovým, ale i olejovým vytápěním ve srovnání s vytápěním elektrickým. Zvýšená koncentrace chloroformu byla zjištěna v místnostech s osvěžovači vzduchu. Vyšší koncentrace hexanu byla naměřena v bytech přilehlých ke garáži. Významné zvýšení mnoha sledovaných uhlovodíků bylo nalezeno v bytech kuřáků.

Nebyly zaznamenány žádné zdravotní stížnosti lidí. Kanada (stejně jako ČR) nemá legislativní dokument, který by stanovil limitní hodnoty pro obytné prostředí. Autoři konstatují, že zjištěné uhlovodíky byly ve velmi nízkých koncentracích a vliv na zdraví nepředpokládají. Zdůrazňují ale nezbytnost větrání.

(Laj)