

Ing. Václav HEIS,  
prof. Ing. Jiří BAŠTA, Ph.D.  
ČVUT v Praze, Fakulta strojní,  
Ústav techniky prostředí



Ústav techniky prostředí

# Vliv průtočného průřezu krycí mřížky deskových otopných těles na jejich tepelný výkon

## Effect of Flow Cross Section of Panel Radiator Covering Grids at their Heat Output

Recenzent  
Ing. Petr Šerks

Autoři se v příspěvku zabývají experimentálním ověřováním vlivu průtočného průřezu horní krycí mřížky deskových otopných těles na jejich tepelný výkon. Předkládají výsledky měření v grafické podobě, využitelné v projekční praxi při návrhu deskových otopných těles upravovaných dle designových požadavků architektů. Článek přináší také teoretické poznatky o vlivu konvekční složky na tepelný výkon deskových otopných těles.

**Klíčová slova:** vytápění, otopné těleso, krycí mřížka, konvekce

Authors are engaged in an experimental verification regarding the effect of the flow cross-section of the upper covering grid in panel radiators at their heat output in their article. They submit measurement results in the graphic form, utilizable in the designing work at the design of panel radiators, adjusted in harmony with architects' design requirements. The article brings theoretical findings of the convection part affecting the heat output of panel radiators, as well.

**Key words:** heating, radiator, covering grid, convection.

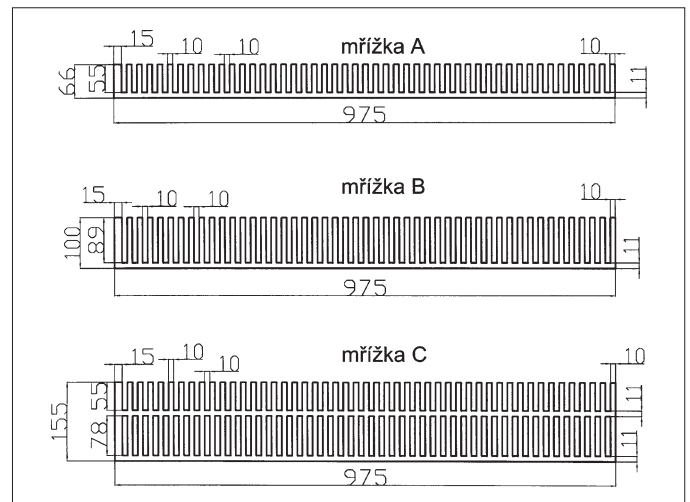
### ÚVOD

U převážně konvekčních otopných soustav se dnes jako otopné plochy nejčastěji používají desková otopná tělesa. Jedná se o otopné plochy s převážující konvekční složkou tepelného výkonu sdíleného do okolního prostředí (zejména u vicedeskových těles). Jedním z elementů otopného tělesa, který se podílí na snižování konvekční složky výkonu otopného tělesa, je horní krycí mřížka. Tato mřížka slouží především jako designový prvek, který částečně zakrývá pohled na konvekční plechy mezi deskami, a zároveň slouží jako bezpečnostní prvek zakrytím ostrých hran desek otopného tělesa. Na druhé straně však představuje nežádoucí omezení konvekční složky tepelného výkonu v důsledku zmenšení průtočného průřezu pro konvekční proudy. Experiment si kladl za cíl zmapovat změnu tepelného výkonu vybraných typů otopných těles při zmenšování průtočného průřezu horní krycí mřížky.

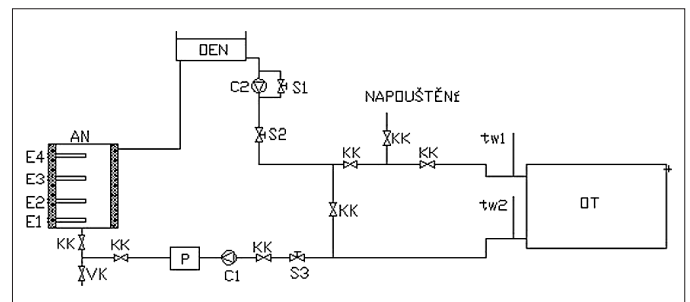
### MĚŘICÍ MÍSTO

Měření probíhalo na otevřeném měřicím místě v halových laboratořích Ústavu techniky prostředí v budově Fakulty strojní ČVUT v Praze. Měřena byla desková otopná tělesa Korado Radik Klasik typ 20, 21, 22 a 33. Všechna tělesa byla připojena jednostranně shora-dolů. Zmenšování průtočného průřezu bylo dosahováno krycími mřížkami z dřevěné překližky o tloušťce 5 mm. Délka mřížky byla 975 mm, hloubka (šířka) mřížky byla závislá na typu (hloubce) otopného tělesa. Každá mřížka obsahovala 48 otvorů obdélníkového průřezu o šířce 10 mm, hloubka (délka) otvorů se lišila v závislosti na hloubce krycí mřížky (podle typu OT). Snižování průtočného průřezu se dosahovalo vzájemným posouváním dvou mřížek, které byly položeny na sobě.

Otopné těleso bylo připojeno k měřicí trati s mobilním zdrojem tepla. Po připojení tělesa k měřicí trati byla celá soustava předběžně zahřata na 70 °C a poté odvzdušněna. Následně byl stanoven tepelný výkon otopného tělesa bez krycí mřížky za jmenovitých podmínek (75/65/20 °C). K tomuto jmenovitému výkonu byly vztaženy všechny další naměřené hodnoty. Poté bylo otopné těleso opatřeno krycí mřížkou. Vzájemným posouváním mřížek bylo dosahováno zúžení průtočného průřezu. Při udržování konstantního průtoku a konstantní vstupní teploty do tělesa se změna výkonu projevila změnou teploty výstupní vody z tělesa  $t_{v2}$ . Takto zjištěný tepelný výkon byl přepočítán na jmenovité teplotní podmínky 75/65/20 °C a porovnán se jmenovitým te-



Obr. 1 Krycí mřížky výdechového otvoru [1]



Obr. 2 Mobilní zdroj tepla [1]

AN – akumulační nádrž 60 litrů, OEN – Ultratermostat sloužící jako otevřená expanzní nádoba, P – ultrazvukový průtokoměr, OT – otopné těleso, C1, C2 – oběhová čerpadla, E1-E4 – elektrické topné tyče, S1-S3 – vyvažovací ventily STAD, KK – kulový kohout, VK – vypouštěcí kohout

peľným výkonem daného typu otopného tělesa, tj. s tepelným výkonem tělesa bez krycí mřížky. Jmenovitý tepelný výkon otopného tělesa byl stanovován s ohledem na odlišné podmínky měření. Zatímco výrobce otopných těles stanovuje tepelný výkon v kalorimetrické komoře podle ČSN EN 442, naše měření probíhalo na otevřeném měřicím místě (podmínky DIN 4704). V následující tabulce jsou uvedeny hodnoty jmenovitých tepelných výkonů,

stanovených v laboratoři a hodnoty výkonů, stanovené výrobcem v kalorimetrické komoře podle ČSN EN 442.

Tab. 1 Porovnání jmenovitých tepelných výkonů; laboratoř – výrobce [1]

Otopné těleso	Jmenovitý tepelný výkon $Q_N$ [W]	
	Otevřené měřicí místo	Kalorimetrická komora
20	1001	978
21	1266	1288
22	1641	1679
33	2230	2406

## ZPRACOVÁNÍ NAMĚŘENÝCH DAT

Z naměřených hodnot (teplota vzduchu, teplota vstupní vody do tělesa, teplota výstupní vody z tělesa, průtok vody otopným tělesem) byl stanoven tepelný výkon otopného tělesa podle vztahu

$$Q = \dot{V} \cdot \rho \cdot c_{w2} \cdot (t_{w1} - t_{w2}) \quad [W], \quad (1)$$

kde

$\dot{V}$  objemový průtok

$\rho$  hustota vody

[m<sup>3</sup>/s],

[kg/m<sup>3</sup>],

$$\rho = 1006 - 0,26 \cdot t_{w2} - 0,0022 \cdot t_{w2}^2, \quad (2)$$

$c$  měrná tepelná kapacita vody [J/kg.K],

$$c_{w2} = 4210 - 1,363 \cdot t_{w2} + 0,014 \cdot t_{w2}^2, \quad (3)$$

$t_{w1}$  teplota vstupní vody do tělesa [°C],

$t_{w2}$  teplota výstupní vody z tělesa [°C].

## PŘEPOČET NA JMENOVITÉ PODMÍNKY

Vypočtená hodnota naměřeného tepelného výkonu byla přepočtena na jmenovité teplotní podmínky tak, aby mohly být porovnány jednotlivé hodnoty výkonů mezi sebou. Pro přepočet na jmenovité teplotní podmínky byla využita metodika s teplotním podílovým součinitelem  $c$ , který je definován vztahem

$$c = \frac{t_{w1} - t_i}{t_{w2} - t_i}, \quad (4)$$

kde

$c$  je teplotní podílový součinitel

$t_{w1}$  teplota vstupní vody

$t_{w2}$  teplota výstupní vody

$t_i$  teplota vzduchu v definičním bodě

[-],

[°C],

[°C],

[°C].

Potom platí pro  $c < 0,7$

$$f_{\Delta t} = \left( \frac{\Delta t}{\Delta t_N} \right) = \left( \frac{\frac{t_{w1} - t_{w2}}{\ln \frac{t_{w1} - t_i}{t_{w2} - t_i}}}{\frac{t_{w1N} - t_{w2N}}{\ln \frac{t_{w1N} - t_i}{t_{w2N} - t_i}}} \right)^n \quad (5)$$

a pro

$$f_{\Delta t} = \left( \frac{\Delta t}{\Delta t_N} \right) = \left( \frac{\frac{t_{w1} + t_{w2} - t_i}{2}}{\frac{t_{w1N} + t_{w2N} - t_{iN}}{2}} \right)^n, \quad (6)$$

kde

$t_{w1N} = 75$  °C je jmenovitá teplota vstupní vody do OT,

$t_{w2N} = 65$  °C jmenovitá teplota výstupní vody z OT,

$t_{iN} = 20$  °C jmenovitá teplota vzduchu,

$n$  = teplotní exponent otopného tělesa.

Z vypočteného opravného součinitele na teplotní rozdíl a naměřeného tepelného výkonu  $Q$  získáváme tepelný výkon přepočtený na jmenovité teplotní podmínky

$$Q_C = \frac{Q}{f_{\Delta t}} \quad [W]. \quad (7)$$

Při grafickém zpracování výsledků byl vynášen poměrný pokles výkonu  $\Delta Q_N$  určený vztahem

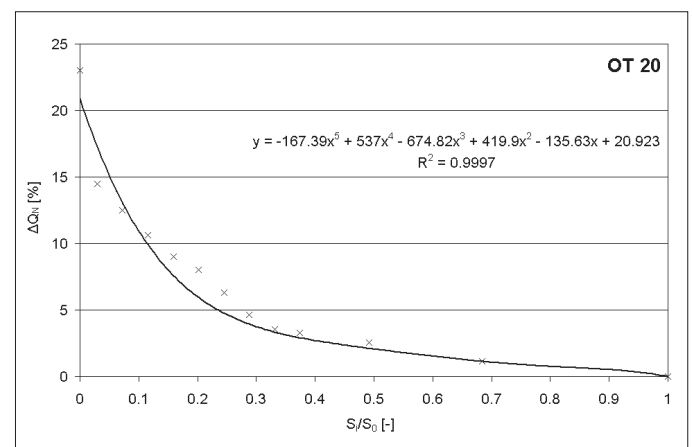
$$\Delta Q_N = \frac{Q_N - Q_C}{Q_N} \cdot 100 = 1 - \frac{Q_C}{Q_N} \cdot 100 \quad [\%]. \quad (8)$$

## VÝSLEDKY MĚŘENÍ

Vliv průtočného průřezu krycí mřížky na tepelný výkon otopného tělesa je vyjádřen hodnotou poklesu celkového výkonu  $\Delta Q_N$  [%] v závislosti na velikosti průtočného průřezu krycí mřížky  $S/S_0$  [-].  $Q_N$  je měřením a přepočtem stanovený jmenovitý tepelný výkon otopného tělesa bez krycí mřížky, přepočtený na jmenovité podmínky,  $S_0$  je průtočný průřez půdorysu mezideskového prostoru bez krycí mřížky. Naměřené a vypočtené hodnoty poklesu výkonu jsou proloženy polynomem 5. řádu, koeficienty polynomu jsou určeny metodou nejmenších čtverců.

### Otopné těleso typu 20

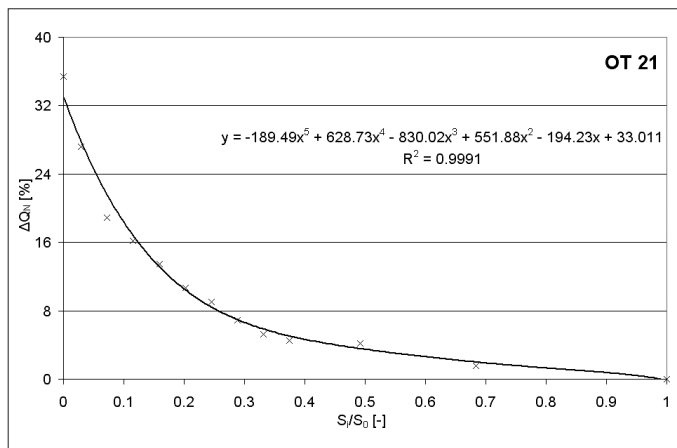
Na obr. 3 je vynesena průběh poklesu výkonu u otopného tělesa Radik Klasik 20–600 × 1000. Toto těleso má ze všech měřených těles nejmenší podíl konvekční složky tepelného výkonu a to přibližně 65 % [2]. S ohledem na podíl konvekční složky typu 20 zde dochází k nejmenšímu poklesu tepelného výkonu se zakrýváním výdechového otvoru. Zaměříme-li se na pokles výkonu o 4 %, což odpovídá přibližně přesnosti našeho měření [1], dosahujeme této hodnoty u tělesa typu 20 při zakrytí průtočného průřezu ze 70 % ( $S/S_0 = 0,3$ ). Při zakrytí z 90 % poklesne celkový tepelný výkon otopného tělesa typu 20 o cca 10 %. Při úplném zakrytí výdechového otvoru dojde ke snížení výkonu o 21 %.



Obr. 3 Závislost poměrného poklesu výkonu otopného tělesa typ 20 na poměrném průtočném průřezu krycí mřížky [1]

### Otopné těleso typu 21

Vyšší pokles výkonu v závislosti na průtočném průřezu vykazuje otopné těleso Radik Klasik 21–600 × 1000 s podílem konvekční složky cca 72 %. U tohoto tělesa překonáváme 4% hranici poklesu výkonu již při zakrytí výdechového otvoru z 55 %. 10% pokles výkonu dostaneme, zakryjeme-li výdechový otvor z 80 %. Při úplném zakrytí pak můžeme počítat se snížením celkového výkonu o 33 %. Celý průběh poklesu výkonu v závislosti na velikosti výdechového otvoru ukazuje obr. 4.

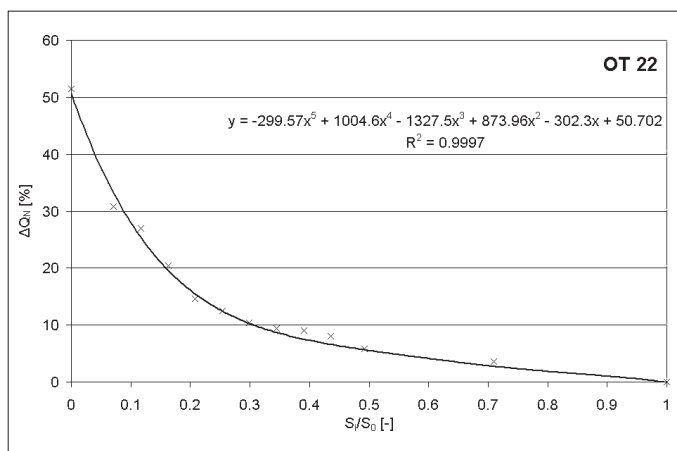


Obr. 4 Závislost poměrného poklesu výkonu otopného tělesa typ 21 na poměrném průtočném průřezu krycí mřížky [1]

### Otopné těleso typu 22

Otopné těleso Radik Klasik 22–600 × 1000 vykazuje stejný tvar křivky poklesu výkonu v závislosti na průtočném průřezu jako předchozí typy. Liší se pouze strmostí náběhu a absolutní hodnotou, což je způsobeno vyšším podílem konvekční složky (přibližně 76 %) a vyšší absolutní hodnotou jmenovitého tepelného výkonu.

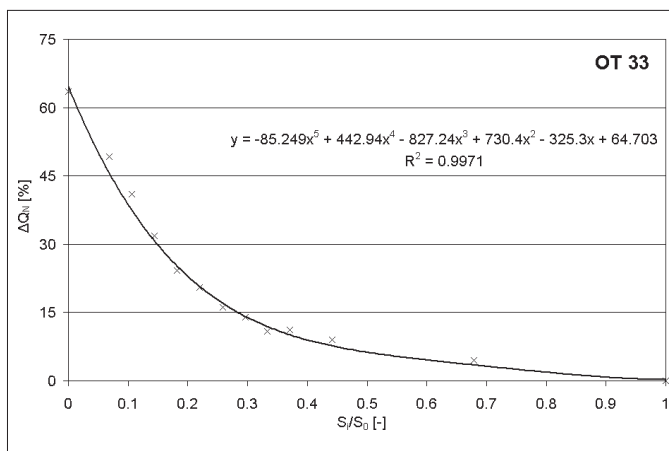
Srovnávací hranice 4, resp. 10 % poklesu výkonu dosahujeme při zakrytí výdechového otvoru ze 40, resp. 70 %. Při úplném zakrytí se tepelný výkon sníží o cca 51 %. Průběh závislosti ukazuje obr. 5.



Obr. 5 Závislost poměrného poklesu výkonu otopného tělesa typ 22 na poměrném průtočném průřezu krycí mřížky [1]

### Otopné těleso typu 33

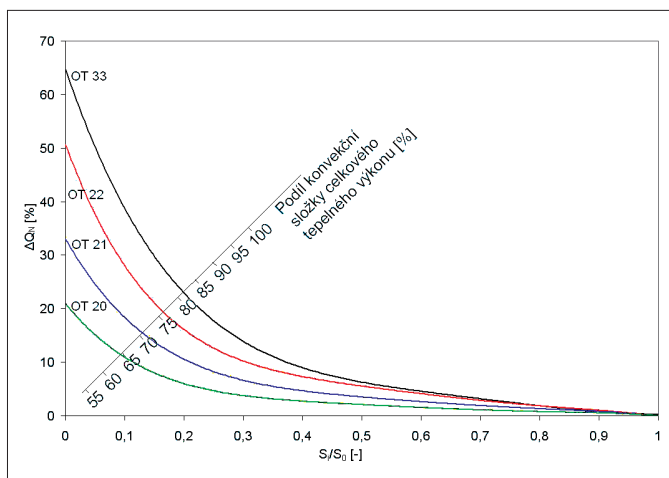
Posledním měřeným tělesem bylo otopné těleso Radik Klasik 33–600 × 1000 s podílem konvekční složky 82 % [2]. Podle předpokladů vykazovalo toto těleso nejvyšší pokles tepelného výkonu v závislosti na zakrytí výdechového otvoru. 4% pokles celkového výkonu dostaneme již při zakrytí 35 %, pokud zakryjeme 65 % celkového průtočného průřezu, poklesne celkový tepelný výkon o cca 10 %. Při úplném zakrytí výdechového otvoru se pohybujeme v oblasti snížení celkového výkonu cca 64 %.



Obr. 6 Závislost poměrného poklesu výkonu otopného tělesa typ 33 na poměrném průtočném průřezu krycí mřížky [1]

## ZÁVĚR

Jakékoliv zakrytí výdechového otvoru způsobuje u otopného tělesa pokles celkového tepelného výkonu sdíleného do vytápěného prostoru. Na obr. 7 je ukázána závislost poměrného poklesu výkonu na poměrném průtočném průřezu pro všechna zkoumaná tělesa, včetně vlivu podílu konvekční složky. Výsledky měření potvrzují předpoklad, že velikost poklesu výkonu je přímo úměrná podílu konvekční složky tepelného výkonu daného typu otopného tělesa. Pro srovnání jednotlivých typů je uvedena rovněž i tabulka poklesu výkonu pro vybrané hodnoty průtočného průřezu.



Obr. 7 Závislost poměrného poklesu výkonu na poměrném průtočném průřezu krycí mřížky pro všechna sledovaná otopná tělesa [1]

Tab. 2 Hodnoty procentuálního poklesu tepelného výkonu deskových otopných těles pro některé hodnoty poměrného průtočného průřezu krycí mřížky [1]

Otopné těleso	$\Delta Q_N$ [%]			
	$S/S_0 = 0,7$	$S/S_0 = 0,5$	$S/S_0 = 0,3$	$S/S_0 = 0$
20–600 × 1000	1	2	4	21
21–600 × 1000	2	4	7	33
22–600 × 1000	3	6	10	51
33–600 × 1000	4	7	14	64

Tab. 3 Opravný součinitel na krycí mřížky deskových otopných těles pro  $S/S_0 = 0,5$  [1]

	OT 20	OT 21	OT 22	OT 33
$f_o$	0,98	0,96	0,94	0,93

Standardně používané krycí mřížky otopných těles se vyrábějí v rozmezí hodnot  $S/S_0 = 0,5$  až  $0,7$ . Vzhledem k tomu jsou tyto hodnoty uvedeny v tabulce 2. Tabulka je doplněna ještě o hodnoty  $S/S_0 = 0$ , což odpovídá úplnému zakrytí výdechového otvoru a  $S/S_0 = 0,3$ . Těchto hodnot mohou dosahovat některé designové krycí mřížky s nestandardním tvarem výtokových otvorů (hvězda, půlměsíc apod.). V projekční praxi lze čerpat z uvedených výsledků zejména při použití designových mřížek s malým průtočným průřezem.

Tab. 3 uvádí opravné součinitele na zakrytí výdechového otvoru  $f_0$  pro hodnotu  $S/S_0 = 0,5$ . Pro jiné hodnoty poměrného průtočného průřezu lze použít výše uvedené diagramy.

*Príspevek byl podpořen výzkumným záměrem MŠM 6840770011.*

*Kontakt na autora: Vaclav.Heis@fs.cvut.cz*

#### Použité zdroje:

- [1] Heis, V. *Vliv výdechového otvoru na tepelný výkon otopných těles*. Praha, ČVUT v Praze, 2009 DP – 50 s.
- [2] Bašta, J. *Otopné plochy*. Praha: ČVUT 2001, 328 s., ISBN 80-01-02365-6
- [3] Bašta, J., Pospíšilová, V., Schwarzer, J. *Vytápěný prostor a varianty návrhu otopných těles* In: VVI, 2009, roč. 18, č. 3, s. 109-114, ISSN 1210-1389
- [4] Bašta, J. *Umístování otopných těles ve vytápěném prostoru*. In: VVI, 2006, roč. 15, č. 5, s. 237-241, ISSN 1210-1389
- [5] Bašta, J., Šimek, J., Vavříčka, R. *Dynamické chování deskových otopných těles*. In: VVI, 2008, roč. 17, č. 3, s. 129-134. ISSN 1210-1389. ■

#### \* Japonci a Evropané milují tepelná čerpadla vzduch-voda

Rok od roku roste na světových trzích zájem o tepelná čerpadla vzduch-voda a např. z cca 115 000 kusů v roce 2004 vzrostl o 900 % a to na jeden milion kusů v roce 2008. S cca půl milionem kusů vede Japonsko, značně před Evropou (300 000 kusů) a Čínou (190 000 kusů). Za zmínku stojí, že v případě Japonska jde o systémy provozované s chladivem  $CO_2$ , především k výrobě teplé vody, zatímco v Evropě jde o tepelná čerpadla s venkovními jednotkami, které vyrobený tepelný výkon přenášejí chladicím okruhem na vodní nádrž uvnitř domu. Z této nádrže se potom rozvádí teplá voda čerpadlem ke spotřebičům, jako je podlahové či radiátorové vytápění, příp. v létě studená ke chlazení.

CCI 10/2009

(Ku)

#### \* New Orleans po hurikánu

Na konci září 2009 předložil populární filmový herec Brad Pitt na kongresu CGI (Clinton Global Initiative) první výsledky kampaně ekologicky a energeticky vzorně znovu vybudovat hurikánem Katrina zničenou část města New Orleans. Jedná se o výstavbu více než 150 obytných budov do konce roku 2010. Klíčem k tomu jsou mj. využití solární energie a fotovoltaika, geotermie k vytápění a chlazení, velmi dobrá tepelná izolace, jakož i energeticky účinné domácí spotřebiče a osvětlení. 13 takovýchto domů je již hotovo. „Nemá však být rozhodující žádný hurikán k tomu, aby se i v jiných městech, podle vzoru z New Orleansu, budovaly ekologicky kvalitní byty i pro rodiny s nízkými příjmy“, řekl Brad Pitt na uvedeném kongresu.

CCI 11/2009

(Ku)

# POMOK

## Vzduchotechnika

**Polyuretanové potrubí PITRE P<sub>3</sub> ductal**

**Originál je pouze jeden – polyuretanové potrubí P<sub>3</sub> ductal s patentovaným přírubovým spojem.**

**Široký rozsah použití ve všech odvětvích průmyslu včetně potravinářského.**

**POMOK - Vzduchotechnika**, sdružení podnikatelů  
Průmyslová 325, 285 06 Sázava  
Tel.: 603 296 208, 603 443 897, e-mail: pomok@mybox.cz

**P<sub>3</sub>ductal**