

Vytápěný prostor a varianty návrhu otopných těles



Heated room and variants of heating radiators designs

Recenzent
Ing. Petr Šerks

Autoři se zabývají numerickou analýzou teplotních a proudových polí ve vytápěné místnosti ve vztahu k umístění otopného tělesa. Jsou diskutovány dva návrhy umístění otopných těles v podobě čtyř variant řešení. Otopné těleso navržené klasickou metodou bylo situováno pod okno ke stěně obvodového pláště, k boční vnitřní stěně a k protější vnitřní stěně. Otopné těleso navržené bilanční metodou bylo umístěno pouze pod oknem.

Klíčová slova: otopné těleso, matematická simulace, teplotní a proudové pole, vytápěný prostor

Authors describe in the article numerical analyses of thermal and fluxional fields in a heated room in relation to situating the heating radiator. Two designs of heating radiators in the form of four variants of the solution are discussed therein. Heating radiators, designed in the classic way, were situated below the window at the perimeter wall, the inside side wall and the opposite inside wall. The heating radiator, designed in the balance method, was situated under the window, only.

Key words: heating, radiator, mathematical simulation, thermal and fluxional field, heated room

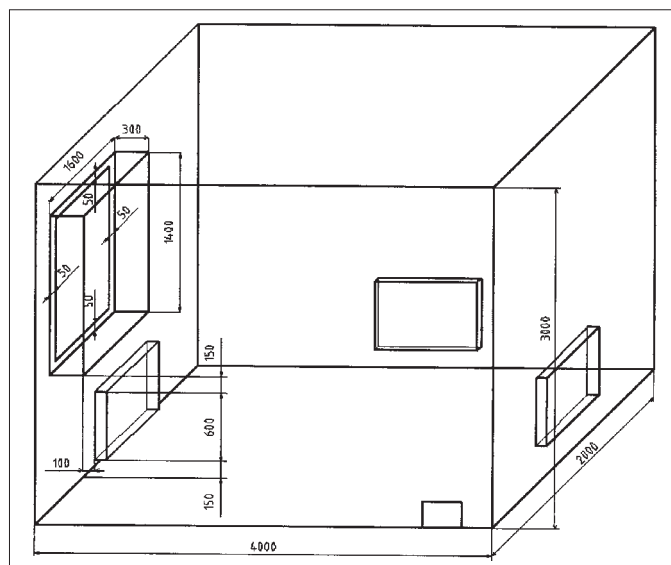
ÚVOD

V rámci řešení problematiky otopných ploch jsme se zabývali numerickou analýzou teplotních a proudových polí ve vytápěné místnosti ve vztahu k umístění otopného tělesa. Pro matematickou simulaci fyzikálních dějů jsme použili výpočtový program Fluent 6.2. Matematickou simulaci jsme provedli pro dva návrhy otopných těles. Otopné těleso navržené klasickou metodou bylo situováno do třech různých míst ve vytápěném prostoru. Druhý návrh spočíval ve využití nové, bilanční metody návrhu otopného tělesa [2], která by měla ve větší míře zohledňovat dosažení tepelného komfortu ve vytápěném prostoru. Otopné těleso navržené bilanční metodou bylo posuzováno pouze v jednom místě instalace. Modelovaná místnost má rozměry 4 x 4 x 3 m. Přenos tepla do venkovního prostředí je realizován postupem tepla pouze jednou obvodovou stěnou, ve které je umístěno okno s rozměry 1,4 x 1,6 m (obr. 1). Ostatní stěny jsou vnitřní neochlazené, přičemž sousední místnosti jsou vytápěny na stejnou teplotu, jako je teplota v modelované místnosti. Pro klasický návrh otopného tělesa vychází velikost 600 x 900 mm (kratší než okno) a jeho teplotní spád je 75/65 °C. To bylo variantně umístěno u obvodové stěny pod oknem, u vnitřní boční neochlazené stěny a u vnitřní protilehlé neochlazené stěny. Bilančním návrhem otopného tělesa s rozměry 600 x 1600 mm (stejně dlouhé jako okno) se dospělo k teplotnímu spádu 45/35 °C a bylo umístěno pouze v jediné variantě pod okno u obvodové stěny. Cílem práce bylo jednotlivé případy porovnat a detailněji prozkoumat vliv umístění tělesa na proudové a teplotní pole ve vytápěném prostoru.

Pro model byla simulována intenzita větrání (infiltrace) 0,5 1/h. V modelu byl použit mechanismus, kterému prodejci plastových oken říkají „4. poloha kliky“ – okno je v takovém případě mírně předsazeno před rám, čímž se záměrně zvětší netěsnost spár pro dosažení odpovídající infiltrace. V modelu pro simulaci je uvažována spára po obvodu okna a stejné množství vzduchu, které je do místnosti přiváděno, je odváděno otvorem (300 x 500 mm) v boční stěně (obr. 1).

MODEL MÍSTNOSTI

Geometrii modelu ukazuje obr. 1. Tvar otopných těles je na obrázku zjednodušen. Základní rozměry místnosti jsou 4 x 4 x 3 m. Stěna, ve které je umístěno okno o rozměrech 1,4 x 1,6 m, je obvodovou ochlazenou konstrukcí vnějšího pláště budovy. Ostatní stěny jsou vnitřní neochlazené. V přiléhajících místnostech je uvažován stejný tepelný stav. Není uvažováno



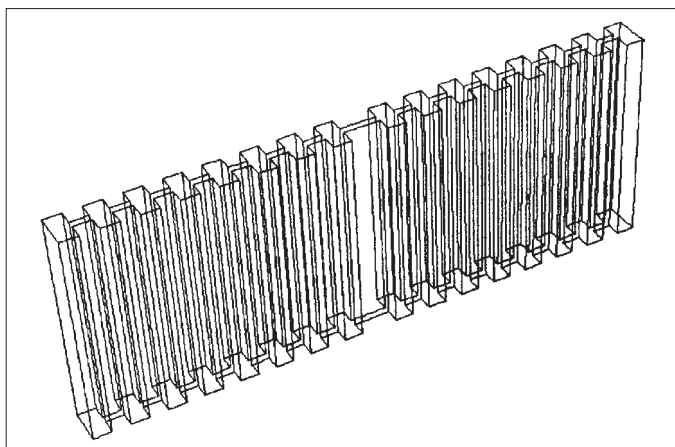
Obr. 1 Geometrické uspořádání modelu [1]

žádný druh regulace a vychází se pouze z parametrů za jmenovitých podmínek s venkovní výpočtovou teplotou -12 °C. Tepelně technické vlastnosti fasády jsou charakterizovány součinitelem prostupu tepla $U = 0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Vnitřní stěny, podlaha a strop byly v první fázi simulací zadány nulovým tepelným tokem. Předpokládali jsme, že při stejném tepelném stavu v sousedních místnostech se stěny nebudou účastnit sdílení tepla. Ukázalo se ovšem, že vlivem nevhodného umístění otopného tělesa dojde k výraznému rozvrstvení teplot s teplotním gradientem až 5 K po výšce místnosti. Díky nulovému sdílení tepla tak nedocházelo k charakteristickému chladnutí teplého proudu vzduchu pod stropem. V další fázi simulací se tedy uplatnil druhý přístup: vnitřní příčky, podlaha i strop byly zadány povrchovou teplotou. Výsledky z této varianty mírně zkreslují skutečné rozložení teplot vnitřních stěn po výšce. Avšak, v oblasti stropu a podlahy dochází ke sdílení tepla, které se daleko více blíží skutečnosti, než v případě, kdy se stěny sdílení tepla vůbec neúčastní. Tato varianta je tedy tou, pro kterou jsou hodnoceny výsledky vlivu umístění jednotlivých otopných těles. Pro matematickou simulaci v programu Fluent 6.2 byl zvolen $k-\epsilon$ model turbulence.

MODEL OTOPNÉHO TĚLESA

V reálném případě je část tepelného výkonu tělesa tvořena konvekční složkou a část složkou sálavou, přičemž poměr těchto částí závisí na konstrukci otopného tělesa. Aby těleso dodávalo do místnosti požadovaný výkon, při dané délce a povrchové teplotě, bylo třeba simulovat alespoň přibližný tvar tělesa s odpovídající velikostí přestupní plochy. Velikost přestupní plochy na straně vzduchu je u kratšího otopného tělesa rovna 2,27 m² a zadaná hustota tepelného toku je 175 W/m². Delší otopné těleso je zadáno hustotou tepelného toku 108 W/m² a velikost přestupní plochy je 3,67 m².



Obr. 2 Geometrický model otopného tělesa [1]

Velikost prvního modelovaného tělesa je srovnatelná s deskovým otopným tělesem RADIK 20–600 x 900. Dopad na charakter proudění a sálání pak bude v případě delšího modelovaného tělesa podobný typu RADIK 20–600 x 1600. Nedokonalost modelu tkví především v tom, že teplosměnná plocha u reálných těles je jinak uspořádána a ve vzniklé otevřené šachtě mezi dvěma deskami budou vlastnosti proudění vzduchu jiné než kolem modelovaného tvaru těles. Rovněž rozložení povrchové teploty tělesa tak, jak je spočítá program ze zadané hustoty tepelného toku, zcela přesně neodpovídá skutečnosti [6].

VLIV OSÁLÁNÍ STĚNY ZA TĚLESEM

Zvýšení povrchové teploty stěny za otopným tělesem je natolik významné, že jej nelze zanedbat. Vlivem vyšší povrchové teploty stěny je sdílení tepla konvekcí v mezeře (otevřeně šachtě) mezi instalační stěnou a otopným tělesem intenzivnější a konvekční proud bude mohutnější [L3]. Zanedbáním tohoto jevu bychom se proto dopustili zkraslení charakteru proudění.

V modelu počítáme s průmětnou plochou za otopným tělesem, která je zadána konstantní povrchovou teplotou. Obdélníková plocha tak má délku i výšku shodnou s průmětem příslušného otopného tělesa. Zadávaná hodnota povrchové teploty byla pro první případ stanovena experimentálně a dosazena hodnota $t_{ST} = 31 \text{ °C}$ [2]. Pro druhý případ, s nižší střední povrchovou teplotou, byla povrchová teplota určena výpočtem na 27,6 °C.

ZASÍŤOVÁNÍ MODELU

Model byl v prostředí programu Gambit 2.2 rozdělen do tří objemů na objem hlavní oblasti místnosti, objem v blízkosti otopného tělesa (těleso samo je z tohoto objemu vyjmuta) a objem okolí okenní plochy. Všechny tři objemy byly zasíťovány nestruturovanou sítí. Hlavní oblast a oblast v blízkosti otopného tělesa jsou tvořeny šestistěny s velikostí 40 mm. Objem u okna je tvořen buňkami čtyřstěnnými. Velikost buněk v infiltrační spáře byla zvolena 8 mm. V programu Fluent byla síť dvakrát zadaptována do vzdále-

nosti 0,3 a 0,03 m od tělesa. Rovněž v infiltrační spáře byl počet buněk zdvojnásoben. Konečné počty buněk pro jednotlivé modely jsou uvedeny v následující tabulce (tab. 1).

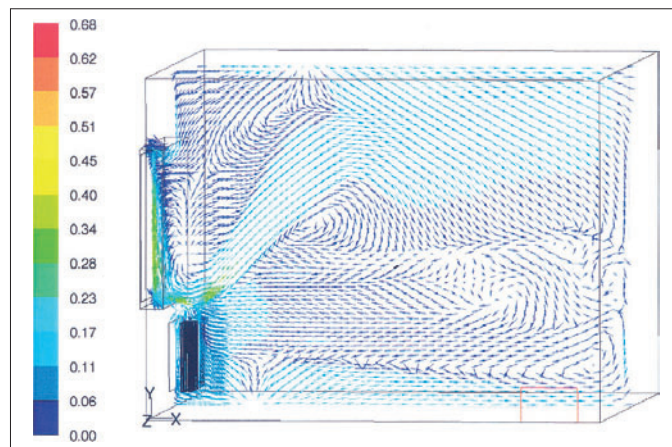
Tab. 1 Parametry zasíťování modelu [1]

Model	Počet buněk
Kratší OT pod oknem	775 096
Kratší OT u boční stěny	1 030 151
Kratší OT u protější stěny okna	983 504
Delší OT pod oknem	1 061 827

Barevná škála obrázků odpovídá zobrazené stupnici, přičemž všechny hodnoty, které přesahují horní a dolní mezní hodnotu mají barvu shodnou s touto hodnotou. Je tak žádoucí mít na paměti, že pokud byla zvolena stupnice od 16 do 24 °C bude mít vzduch o teplotě 16 °C stejnou barvu jako vzduch vnikající infiltrací o teplotě -12 °C. K způsobu zobrazování vektorů rychlostí je potřebné ještě poznamenat, že směr šipek vektorů může být zavádějící. Výsledky hodnot rychlostí jsou získány pro trojrozměrný model a do dvojrozměrného grafického výstupu se vektory pouze promítají ve směru zvoleného pohledu.

OTOPNÉ TĚLESO POD OKNEM – KLASICKÝ NÁVRH

U klasického návrhu otopného tělesa vycházíme z velikosti otopného tělesa 600 x 900 mm (kratší než okno) s teplotním spádem 75/65 °C. Povrchová teplota modelovaného okna se v našem případě pohybuje okolo 7 °C (okno je z venkovní strany obtékáno vzduchem o teplotě -12 °C). Povrchová teplota okna je tak o 13 K nižší, než je vnitřní teplota vzduchu. Na ploše okna 1,4 x 1,6 m vznikají chladné dolů padající proudy. Na obr. 3 můžeme pozorovat, jak jsou tyto chladné konvekční proudy, mohutně pod-

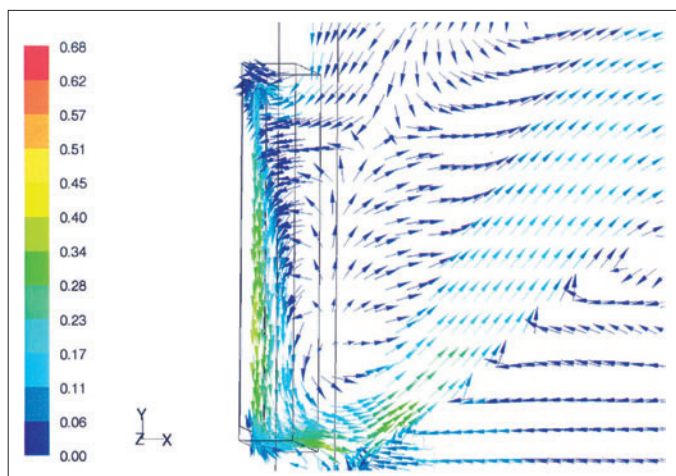


Obr. 3 Rychlostní pole ve vertikálním řezu středem místnosti [1]

porované infiltrací, odkláněny a poté směřovány s teplými stoupajícími proudy od plochy otopného tělesa. Střední teplota teplosměnné plochy otopného tělesa je 70 °C. Rozdíl střední povrchové teploty tělesa a teploty vzduchu je tak 50 K. Objemový průtok teplých konvekčních proudů, vznikajících u zahřívání plochy s rychlostí proudění cca 0,2 m/s, dokáže padající proudy obrátit a poté se s nimi smísit a zvýšit jejich teplotu.

Objemový průtok padajících chladných konvekčních proudů vzduchu u okenní plochy o výšce okna H_{OK} a rozdílu povrchové teploty okna a teploty vzduchu Δt_{OK} lze určit pro jednotkovou délku okna $b = 1 \text{ m}$ ze vztahu [2]:

$$\frac{V}{b} \approx 10,4 \cdot \left(\frac{\Delta t_{OK}}{b} \right)^{0,4} \cdot \left(\frac{H_{OK}}{b} \right)^{1,2}$$



Obr. 4 Detail rychlostního pole ve vertikálním řezu středem místnosti [1]

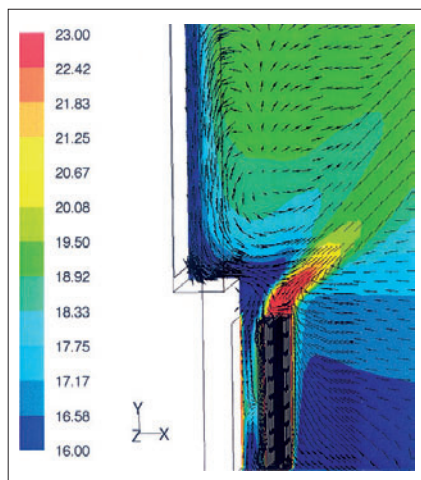
V našem případě se objemový průtok chladných padajících proudů vzduchu pohybuje okolo hodnoty 70 m³/h. Vztah pro výpočet maximální rychlosti proudění padajících chladných proudů u okenní plochy je [2]:

$$w_{\max} \approx 0,098 \cdot \left(\frac{\Delta t_{\text{OK}} \cdot H_{\text{OK}}}{b} \right)^{0,5}$$

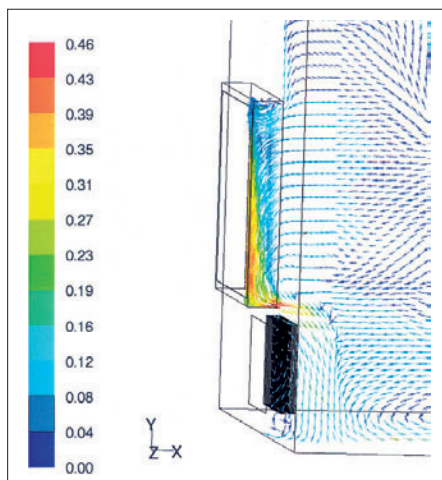
Z detailu na obr. 4 vidíme, že v místech, kde je proud nejrychlejší, se rychlost pohybuje v rozmezí od 0,34 do 0,4 m/s. Výsledky simulace jsou tedy s výše uvedeným vztahem ($w = 0,41$ m/s) v dobré korelaci.

Na obr. 5 můžeme pozorovat, jak se chladné padající konvekční proudy, podpořené infiltrací, vyhnou teplým konvekčním stoupajícím proudům od otopného tělesa. Na teplotním poli obou proudů lze názorně pozorovat jejich postupné smíšení. Výsledný stoupající teplý proud se následně začne ochlazovat a klesat (obr. 3). Tento proud strhává okolní molekuly, a sekundárně tak uvádí do pohybu okolní vzduch, např. pod stropem. Můžeme vidět, jak je část chladného proudu strhávána teplým konvekčním proudem, proudícím ke stěně naproti tělesu, a druhá část je ovlivněna pouze proudem chladných padajících proudů v blízkosti okna. Promísený proud, proudící místností, následně padá podél protější vnitřní stěny, obrací se a je opět „přisáván“ do oblasti otopného tělesa.

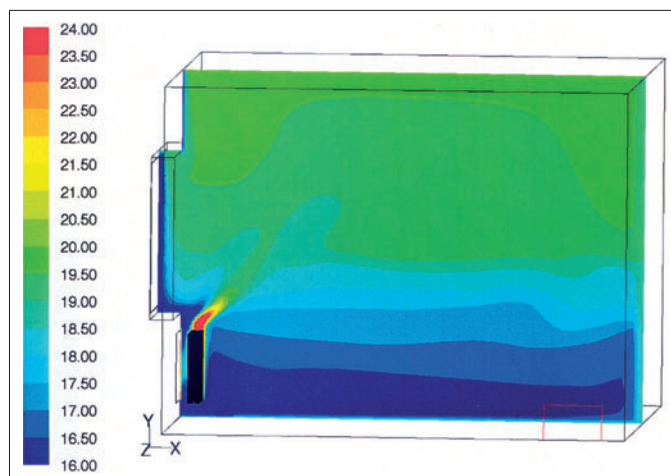
V oblasti nad podlahou, od určité vzdálenosti od tělesa, pozorujeme rychlejší pohyb vzduchu směrem k protější stěně (obr. 3). Toto proudění negativně ovlivňuje tepelný komfort v místnosti. Jedná se o chladné proudy,



Obr. 5 Proudové pole (fixní délka vektorů rychlosti) zobrazené na poli teplotním ve vertikálním řezu středem místnosti [1]



Obr. 6 Proudové pole ve vertikálním řezu 250 mm před otopným tělesem (700 mm od středu místnosti) [1]



Obr. 7 Teplotní pole ve vertikálním řezu středem místnosti [1]

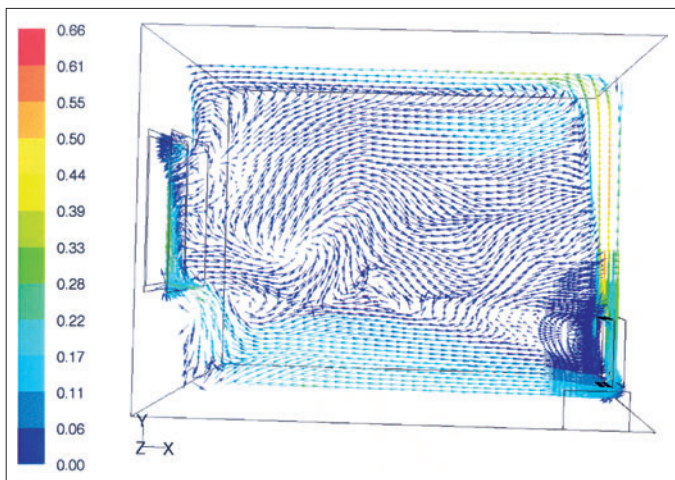
kteří padají po krajích okna a vlivem krátkého otopného tělesa se dostanou až k podlaze (obr. 6). Padající chladný proud s největší rychlostí na spodním okraji okna je částečně obrácen zpět a částečně vychýlen do stran, z kterých padá k podlaze. Z obr. 6 vidíme, že rychlost padajících chladných proudů dosahuje v oblasti podlahy hodnot mezi 0,19 až 0,23 m/s, přičemž rychlost 0,25 m/s je považována za limitní hodnotu v pásmu trvalého pobytu sedících osob.

Rozložení teplot vzduchu v místnosti koresponduje s výše popsaným rychlostním polem. Na obr. 7 je patrné, že se vlivem chladných padajících konvekčních proudů, vydatně podpořených infiltrací, vytvoří nad podlahou vrstva vzduchu, jejíž teplota přesáhne 17 °C až ve výšce zhruba 0,8 m. Posoudíme-li vodorovný řez ve výšce 0,1 m (oblast kotníků) zjistíme, že ve většině řezu převažuje teplota blízká 16 °C.

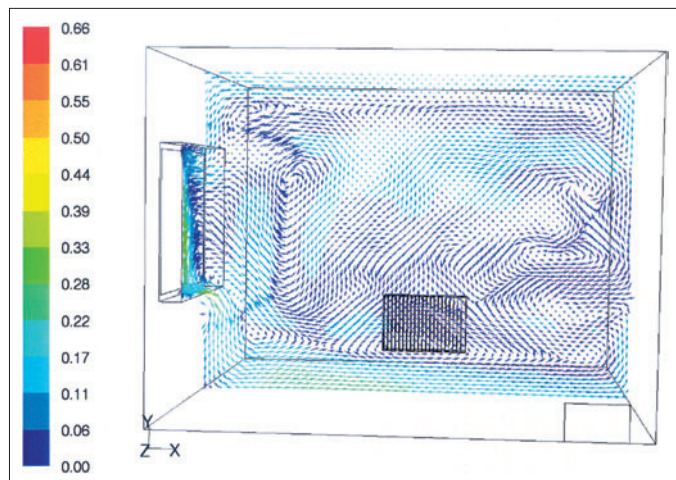
OTOPNÉ TĚLESO U PROTĚJŠÍ STĚNY OKNA – KLASICKÝ NÁVRH

Na obr. 8, kde jsou vyobrazeny vektory rychlosti ve svislém řezu středem okna vidíme, jak chladné konvekční proudy vydatně podpořené infiltrací padají bez jakékoli překážky k podlaze a odtud se dále šíří k protější stěně s instalovaným otopným tělesem. Pohyb proudu chladného vzduchu je ještě umocněn efektem „přisávání“ chladnějšího vzduchu u podlahy otopným tělesem. Proudění v oblasti podlahy směrem k otopnému tělesu má největší rychlost ve středu místnosti. Rychlost proudění se místy blíží k hraniční hodnotě 0,25 m/s [2]. Vzduch dále proudí okolo teplosměnné plochy otopného tělesa, kde se ohřívá a stoupá rychlostí až 0,55 m/s ke stropu. Povrchová teplota stropu je nižší, a tak se proud ochlazuje, ztrácí na rychlosti a padá po části stěny obvodové konstrukce k oknu. Dále lze pozorovat, jak mohutný konvekční proud nad tělesem (obr. 9) k sobě strhává vzduch z téměř celé místnosti.

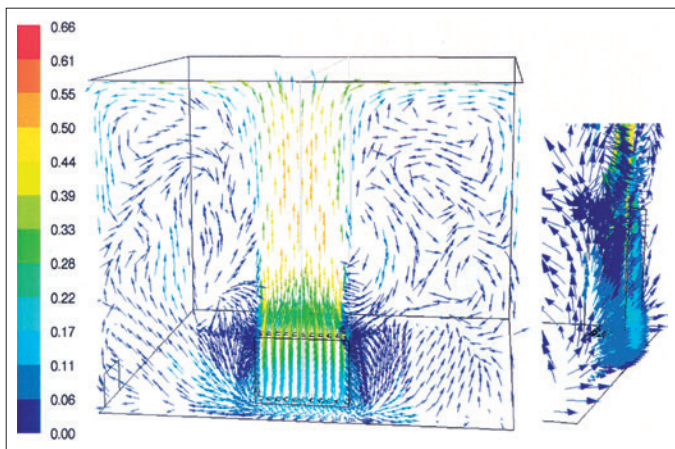
Teplotní pole zobrazené opět ve svislém řezu středem místnosti (obr. 10) doplňuje představu o tepelném stavu v místnosti. Na obrázku můžeme pozorovat, že se v oblasti podlahy vytvořila vrstva, jejíž teplota se v blízkosti okna pohybuje kolem 16 °C. Dále od okna se proud velmi nepatrně ohřívá od podlahy a mísí se se vzduchem ve vyšších vrstvách. Teplota proudu vzduchu blíže k tělesu se pohybuje kolem 17,5 °C. Chladný, rychle proudící vzduch vytváří lokální tepelnou nepohodu v poměrně velké oblasti nad podlahou.



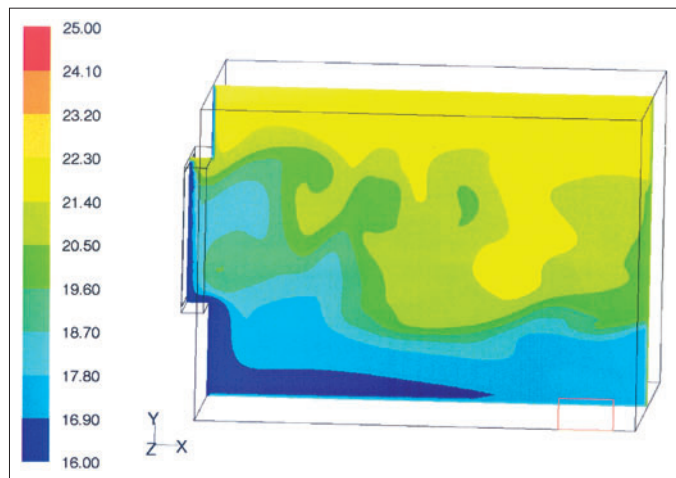
Obr. 8 Rychlostní pole ve vertikálním řezu středem místnosti [1]



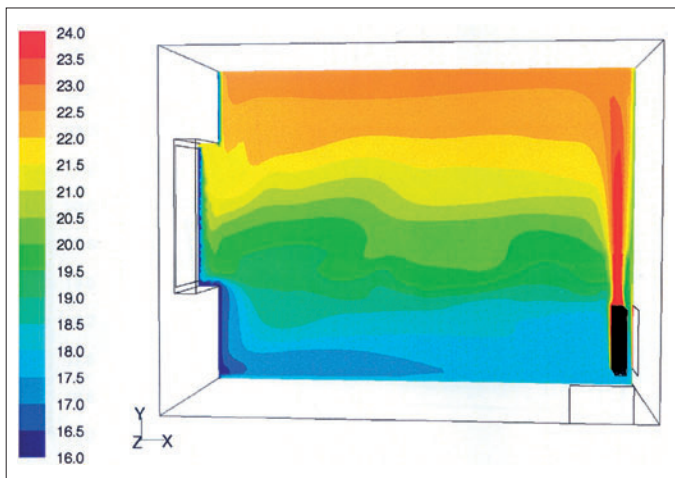
Obr. 11 Rychlostní pole ve vertikálním řezu středem místnosti [1]



Obr. 9 Rychlostní pole ve vertikálním řezu rovnoběžném s rovinou otopného tělesa 150 mm od stěny a stejný řez v pootočeném pohledu [1]



Obr. 12 Teplotní pole ve vertikálním řezu středem místnosti [1]



Obr. 10 Teplotní pole ve vertikálním řezu středem místnosti [1]

Opačná situace je v oblasti pod stropem. Stoupající konvekční proud má pod stropem místnosti teplotu přibližně 24 °C. I poté, co se postupně ochladí vlivem chladnějšího stropu, zůstává pod stropem přibližně 0,6 m vysoká vrstva vzduchu o teplotě vyšší než 22 °C.

OTOPNÉ TĚLESO U BOČNÍ STĚNY – KLASICKÝ NÁVRH

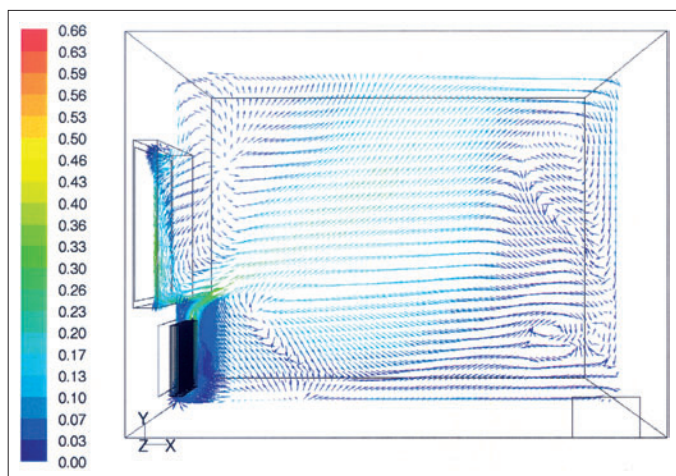
Pokud otopné těleso neumístíme pod okno v jeho plné délce, opět nezabráníme chladným padajícím proudům, které vznikly na ochlazované plo-

še okna a byly podpořeny infiltrací, aby volně proudily až k podlaze. Rychlost proudění u podlahy se jako v minulém případě pohybuje okolo 0,2 m/s (obr. 11). Pohyb chladných proudů nad podlahou není podpořen tělesem na protější straně, a tak rychlost chladného proudění nad podlahou směrem k protější stěně zvolna klesá. Před protější stěnou okna, proud od podlahy zvolna stoupá, což by odpovídalo ohřívání chladného vzduchu od teplejší podlahy. V oblasti pod stropem je nad otopným tělesem patrný, ze středu rychle postupující, proud teplého vzduchu ve směru osy z, který se pod stropem symetricky rozděluje na dvě části. Jedna jeho část je strhávána proudem, padajícím podél chladného okna, druhá postupuje s klesající rychlostí k protější stěně otopného tělesa.

Z rozložení teplot v řezech na obr. 12 je patrné, že výrazná hnací vztaková síla proudění v příčném i podélném směru způsobí daleko méně uspořádaný teplotní profil. V blízkosti otopného tělesa se vytvořila značně teplejší oblast, která však směr proudění chladných proudů ovlivnila minimálně a nezajistila tepelnou pohodu v celém vytápěném prostoru.

OTOPNÉ TĚLESO POD OKNEM – NOVÝ, RESP. BILANČNÍ NÁVRH

V případě tělesa, které má stejnou délku jako okno (1,6 m) a jeho střední teplota a velikost teplosměnné plochy je navržena bilanční metodou [2], můžeme rychlostní a teplotní pole sledovat na obr. 13 a 14. Chladné padající konvekční proudy i s proudem infiltračního vzduchu jsou obráceny po celé délce okna. V oblasti nad podlahou, tedy v citlivé oblasti kotníků, nedosahuje teplota vzduchu tak nízkých hodnot. Než přistoupíme k popisu



Obr. 13 Rychlostní pole ve vertikálním řezu středem místnosti [1]

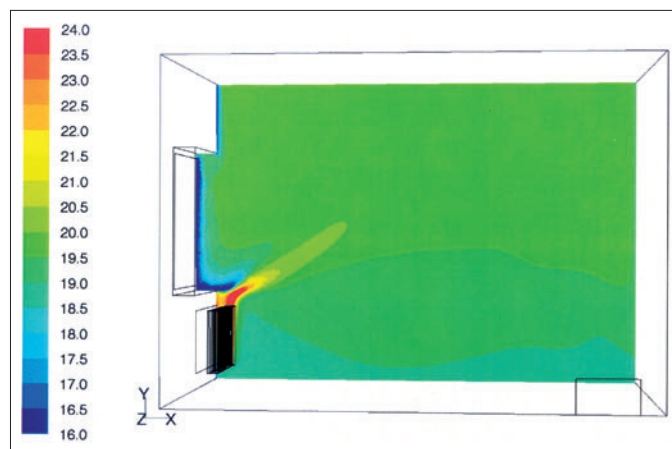
teplotního pole, podívejme se nejdříve na zobrazení vektorů rychlostí ve vertikálním řezu, vedeném středem otopného tělesa na obr. 13. Střední povrchová teplota tělesa, která je nyní o 30 K nižší než ve třech předcházejících případech, podmiňuje nižší rychlost teplých konvekčních proudů stoupajících okolo otopného tělesa. Chladné padající proudy více ovlivní směr výsledného proudu vzduchu, resp. více odkloní stoupající teplé konvekční proudy. Hlavní charakter proudění vykazuje směr od tělesa k protější vnitřní stěně. V oblasti blízké otopnému tělesu se z hlavního proudu vzduchu odtrhávají jeho části, které jsou strhávány zpět k otopnému tělesu. Pod stropem je zase část proudu strhávána chladnými padajícími proudy k oknu. Hlavní proud vzduchu v primárním směru pohybu stoupá ke stropu, zvolna zpomaluje, proplachuje celý vytápěný prostor a vrací se zpět k otopnému tělesu [3].

Podstatně příznivější rozložení teplot, které vidíme na obr. 14, je důsledkem vhodného vzájemného umístění ochlazované a ohřivané plochy a respektování vzájemných tepelných bilancí obou ploch. Teplota vzduchu nad podlahou neklesne pod požadovanou mez [3] a teplotní profil po výšce místnosti je poměrně vyrovnaný. Ve výšce 0,1 m nad podlahou se teplota vzduchu pohybuje v rozmezí od 18,8 do 19,1 °C. Stejně malý rozptyl vykazuje i oblast ve výšce 1,5 m, kde se teploty pohybují od 19 do 19,8 °C.

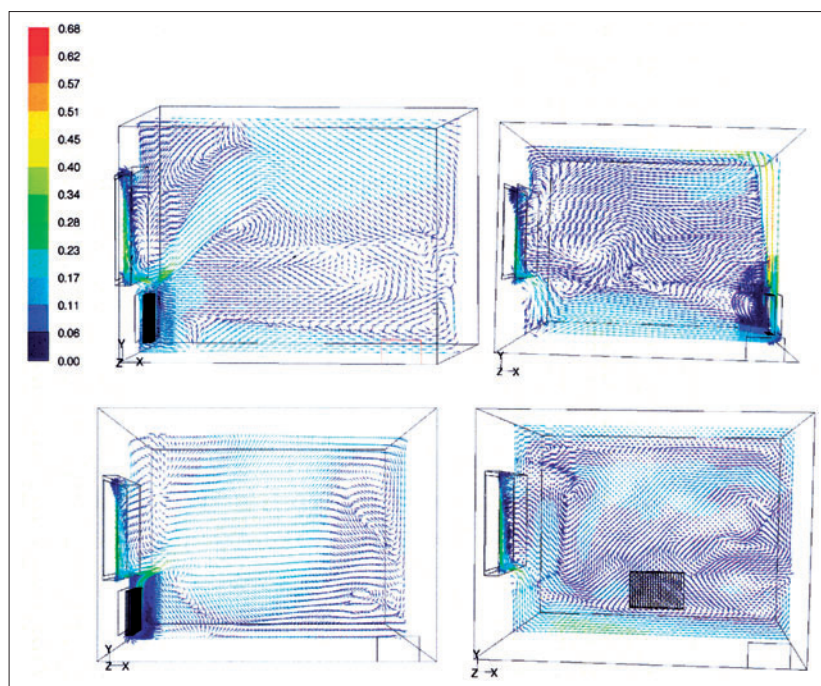
VYHODNOCENÍ

Na základě porovnání jednotlivých variant umístění a návrhu otopných těles se ukazuje, že z hlediska zamezení nepříznivého působení chladných padajících konvekčních proudů, podpořených infiltrací v oblasti nad podlahou, vyhovuje pouze těleso, jež je umístěno pod oknem a má stejnou délku jako okno, tj. je navrženo bilanční metodou [2] a [3]. Takto umístěné těleso má i při své poměrně nízké povrchové teplotě (40 °C) schopnost obrátit proud chladného vzduchu o objemovém průtoku 70 m³/h, jež dosahuje rychlosti až 0,4 m/s.

Porovnáme-li oblasti vektorů rychlostí jednotlivých variant (obr. 15), dospějeme k závěru, že pro oblast nad podlahou je ze třech zbývajících modelů nejméně příznivé umístění tělesa u vnitřní stěny naproti oknu. Rychlosti proudění chladného vzduchu se pohybují u hraniční hodnoty 0,25 m/s. Z hlediska rychlostí proudění vzduchu jsou pak zbývajících dvě varianty (klasický návrh pod okno – krátké otopné těleso a těleso u boční stěny) srovnatelné.



Obr. 14 Teplotní pole ve vertikálním řezu středem místnosti [1]

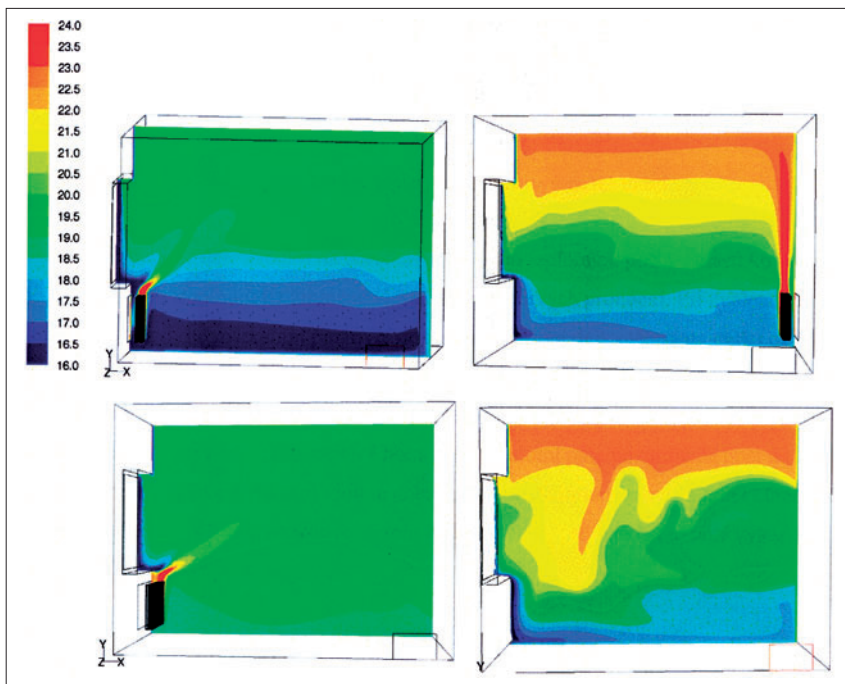


Obr. 15 Přehledové srovnání rychlostních polí jednotlivých variant ve vertikálním řezu středem místnosti [1]

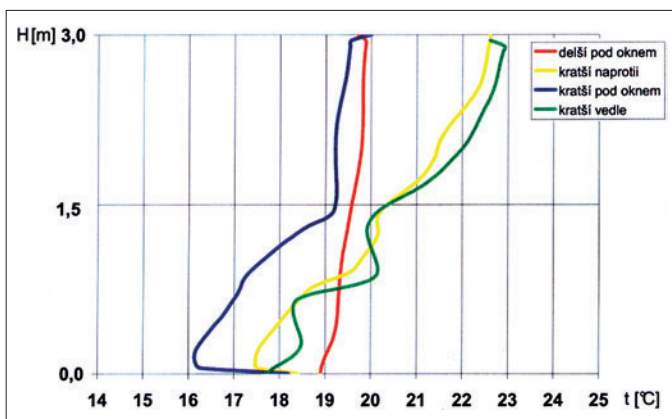
Když uvážíme, že riziko průvanu závisí na rychlosti proudění, můžeme výsledky rychlostních polí porovnat s výsledky studie Seiferta a Richtera [4] a [5]. Lze konstatovat, že v hlavních rysech proudění si výsledky odpovídají.

Značně nevyrovnané teplotní pole v případě otopného tělesa umístěného u boční stěny je dáno tím, že dva nejsilnější proudy působí každý ve směru jiné osy. Společná interakce proudů tak nedá vzniknout vyrovnanějšímu teplotnímu profilu (obr. 16). Patrné je strhávání teplého proudu chladným padajícím proudem vzduchu, který vzniká u okna. Jak těleso umístěné u protější stěny okna, tak u boční stěny, mají podobný teplotní průběh po výšce místnosti (obr. 17).

Nejlépe vyhovující variantou, a to jak z pohledu teplotního pole v oblasti podlahy, tak z pohledu teplotního gradientu po výšce místnosti, se jednoznačně jeví delší těleso pod oknem, navržené bilanční metodou. U tohoto optimálního návrhu můžeme vysledovat větší vyklonění teplého konvekčního proudu směrem do místnosti, což je dáno nižší povrchovou teplotou otopného tělesa, tj. menší vztlakovou silou teplých konvekčních proudů. Nižší teplota konvekčního teplého stoupajícího proudu má však příznivější vliv na teplotní gradient po výšce místnosti, za podmínky, že stále dochází



Obr. 16 Přehledové srovnání teplotních polí jednotlivých variant ve vertikálním řezu středem místnosti [1]



Obr. 17 Vertikální teplotní profil vedený po výšce místnosti jejím středem [1]

k obrácení všech chladných padajících proudů a zároveň nedochází ke vzniku výrazné oblasti lokální tepelné nepohody v oblasti nad podlahou.

Závislost teploty vzduchu na výšce místnosti v jejím středu byla vynesena do grafu znázorněného na obr. 17. Z průběhů na obrázku je rovněž patrné, že případ tělesa umístěného u boční stěny a u vnitřní stěny naproti oknu jsou instalace s nejhorším dopadem na gradient teploty. V těchto případech dosahuje teplotní gradient až 5 K na 3 m výšky. Gradient teploty ve spodních částech místnosti jde až k hraničnímu 3 K/m. Nejlepší výsledky vykazuje otopné těleso, navržené bilanční metodou pod okno, kde se gradient teploty pohybuje okolo 1 K na celou výšku místnosti.

ZÁVĚR

Jako nejvhodnější byla vyhodnocena varianta tělesa, které má stejnou délku jako je délka okna, je instalováno pod oknem a jeho střední povrchová teplota je stanovena bilanční metodou. Umístění pod oknem má význam především z hlediska obrácení chladných padajících proudů. I při poměrně nízké povrchové teplotě tělesa 40 °C a naopak poměrně vysoké intenzitě větrání spárami okna 0,5 1/h (21 m³/h; 0,247 m/s) bylo dosaženo obrácení chladných proudů. Nižší teplota stoupajícího teplého konvekčního proudu podmiňuje vznik daleko příznivějšího teplotního gradientu.

U varianty otopného tělesa, navrženého klasickou metodou se střední teplotou 70 °C, umístěného pod oknem, způsobila jeho kratší délka vznik oblasti přechodného pobytu nad podlahou. Tato oblast vykazuje nižší teplotu, než je tomu při umístění téhož otopného tělesa k boční či protější stěně. Při uvážení dalšího jevu, kterým je chladné sálání okna (nadměrný sálavý tepelný tok vydávaný osobami v zóně pobytu vůči oknu), zůstává umístění otopného tělesa pod oknem tou nejvhodnější variantou.

Jako nejméně příznivá se jeví varianta umístění tělesa u boční vnitřní stěny. Nejenže toto umístění nezabrání chladným padajícím proudům dostat se k podlaze (stejně jako je tomu v případě umístění tělesa u protější stěny) a způsobí lokální tepelnou nepohodu v oblasti kotníků, ale působí i nadměrně neuspořádané proudění ve vytápěném prostoru a jemu odpovídající teplotní profil.

Naše závěry podporují i výsledky a zjištění Seiferta a Richtera. Jejich studie rovněž uvádí variantu umístění otopného tělesa u boční stěny jako variantu s největší potřebou tepla a variantu umístění otopného tělesa pod oknem, jako variantu s nejmenší potřebou tepla.

Tento příspěvek vznikl s podporou výzkumného záměru MSM 6840770011 Technika životního prostředí.

Kontakt na autory: Pospíšilova.vendula@seznam.cz, Jiri.Basta@fs.cvut.cz

Použité zdroje:

- [1] Pospíšilová, V.: Vliv umístění otopných těles ve vytápěném prostoru na teplotní a proudové pole. Praha, ČVUT v Praze, 2008. DP – 64 s.
- [2] Bašta, J.: Otopné plochy. 1. vydání. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2001. 328 s. ISBN 80-01-02365-6.
- [3] Bašta, J.: Umisťování otopných těles ve vytápěném prostoru. In: *Vytápění, větrání, instalace*, 2006, roč. 15, č. 5, s. 237-241. ISSN 1210-1389.
- [4] Seifert, J., Richter, W.: Ist die Anordnung von freien Heizflächen im Fensterbereich noch zeitgemäß? –Energetische Betrachtung. HLH. 2005, Bd. 56, Nr. 12., s. 29-33.
- [5] Seifert, J., Richter, W.: Ist die Anordnung von freien Heizflächen im Fensterbereich noch zeitgemäß? –Energetische Betrachtung. HLH. 2006, Bd. 57, Nr. 1., s. 25-29.
- [6] Bašta, J., Šimek, J., Vavříčka, R.: Dynamické chování deskových otopných těles. In: *Vytápění, větrání, instalace*, 2008, roč. 17, č. 3, s. 129–134. ISSN 1210–1389. ■

* 133 MW klimatizace v Kataru

Do roku 2010 vzniká v blízkosti města Doha v emirátu Katar nové město o půdorysu 2,7 mil. m². Má zde vyrůst 128 menších i větších obytných domů, 1000 minibyťů a 6000 větších bytů, celkem pro 20 000 rodin.

Kromě toho budou ve městě mešity, živnostenské podniky, školy, jedna nemocnice, nákupní centra a parkoviště.

Chladicí centrála bude město zásobovat chladícím výkonem cca 133 MW. To představuje 120 klimatizačních centrál, z nichž každá obsahuje 16 speciálně vyvinutých dvoustupňových vodních turbokompresorových blokových jednotek s chladivem R 134a. Dále bude nasazeno asi 23 000 fan-coilů.