

# Solární komín – řešení pro nefungující systémy přirozeného větrání

Radim Galko  
VŠTE v Českých Budějovicích,  
Katedra stavebnictví

## Abstrakt

Článek podává informace o systému přirozeného větrání, jehož účinnost je zvyšována aplikací solárního komína. V článku jsou zmíněny předpoklady pro správný návrh solárních komínů, které byly získány z vlastního experimentálního měření solárního komína s více dutinami a jeho počítačové simulace. V závěru článku je zmíněna aplikace solárního komína realizovaného v Dánsku. Špatný návrh způsobil velmi nízkou, téměř nulovou efektivitu tohoto systému.

**Klíčová slova:** přirozené větrání, solární komín s více dutinami, počítačová simulace, CFD model, optimální množství dutin, optimální hloubka dutiny

## Úvod

Přirozené větrání pracuje na velmi dobře známém principu rozdílné hustoty mezi venkovním a vnitřním vzduchem. Tuto podmínku lze velmi dobře splnit v zimním období, kdy lze vytvořit dostatečný vztlak. V letních měsících může být splnění uvedené podmínky velmi problematické, neboť teplota vnitřního vzduchu nemusí být vyšší než teplota vzduchu venkovního. Nefungující systém přirozeného větrání není schopen zajistit tepelnou pohodu a kvalitu vzduchu. Řešením je aplikace podpůrného systému – solárního komína, který zajistí vytvoření dostatečného vztlaku pro funkci přirozeného větrání.

Solární komín je možno definovat jako větrací šachtu či jednoduchý vzduchový kolektor orientovaný na osluněnou fasádu (Halldórsson, Byrjalsen 2001), který je tvořen vzduchovou dutinou, zasklením a obvykle akumulací plochou, která je tvořena materiály dobře absorbujícími sluneční záření, kdy část pohlcené energie se mění na konvekční teplo (Halldórsson, Byrjalsen 2003). Prostupující sluneční energie zahřívá stěny komína, od kterých se konvekcí ohřívá vzduch. Zvýšení teploty vzduchu má za následek snížení jeho hustoty a tím vytvoření komínového tahu, který umožňuje proudění vzduchu budovou a zajišťuje tak větrání objektu i při nižší teplotě vzduchu v místnosti vůči teplotě venkovní. Doposud nebyla vytvořena přesná metodika pro návrh solárních komínů, to je někdy důvodem špatného návrhu solárních komínů, u kterých je mizivá účinnost. Měření a simulace uvedené v článku zajistí pomůže lépe pochopit chování solárních komínů s více dutinami.

## Metodika, výsledky

### 1. Experimentální výzkum solárního komína s více dutinami

Úkolem vlastního měření solárního komína s více dutinami (multisolární komín – dále MK) bylo zjištění chování těchto zařízení při měnících se klimatických podmínkách. Testovaný MK se stal

zároveň modelem pro počítačové simulace, které podávají cenné informace pro jeho správný návrh (Galko, Papež 2009).

Testovaný MK lehké konstrukce (obr. 1) byl tvořen třemi dutinami hloubky cca 200 mm oddělenými dvěma čirými skly tl. 5 mm (obr. 2).

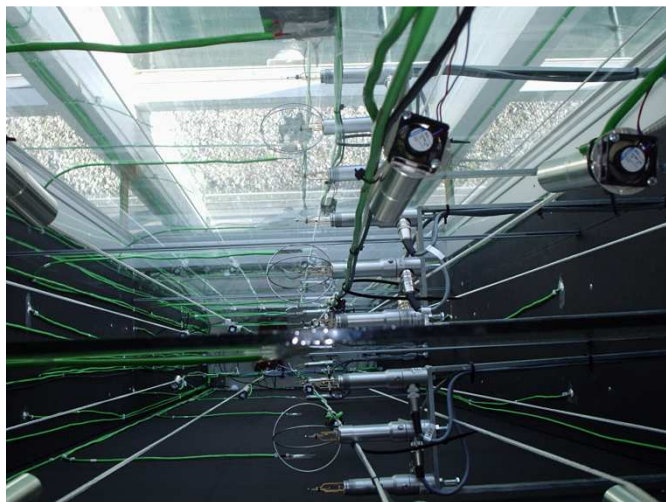
Konstrukce byla vytvořena z ocelových profilů, dvou čirých skleněných tabulí, expandovaného polystyrenu a dřevotřískových desek opatřených černým nátěrem, který zvýšil pohltivost slunečního záření. Konstrukce MK se nacházela v testovací místnosti za dvojitou fasádou (dále DF).

Obr. 1: Lehká konstrukce MK



*Zdroj: vlastní*

Obr. 2: Horní pohled do dutin MK



*Zdroj: vlastní*

Pro vyhodnocení chování vzduchu v dutinách komína a stanovení jeho výkonu, bylo nezbytné změřit rychlost proudění vzduchu na vstupu do komína.

U vstupu do dutin komína bylo v každé ze tří dutin instalováno vertikálně 5 anemometrů (obr. 3). Na základě profilu rychlostí byly vypočítány objemové průtoky vzduchu dutinami.

Obr. 3: 15 anemometrů u vstupu do dutin MK

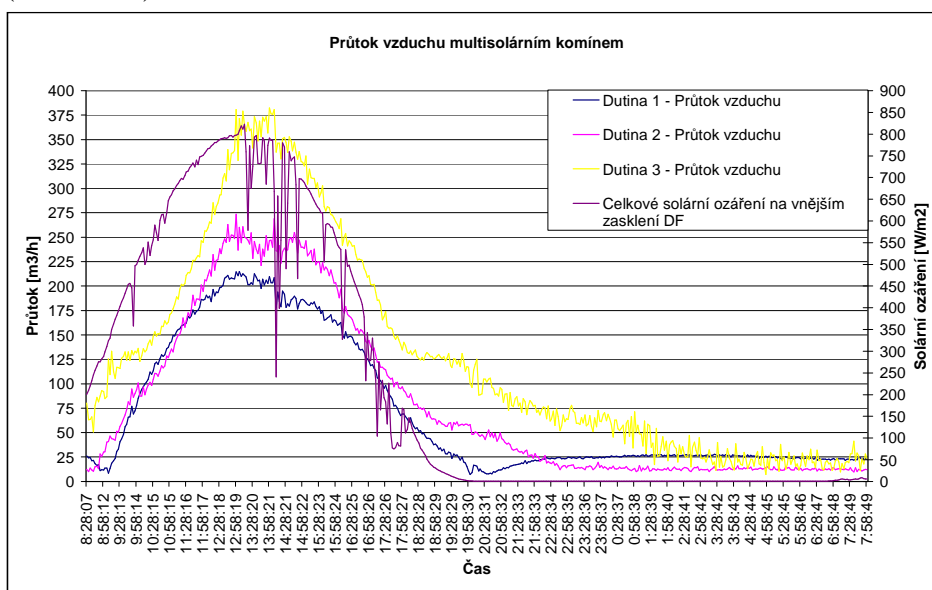


*Zdroj: vlastní*

Velký podíl na hodnotách měřené rychlosti proudění vzduchu ve třech dutinách MK činí tepelná akumulace jeho stěn. Z naměřených hodnot rychlostí je patrná závislost polohy anemometru vzhledem k zadní stěně a k bočním stěnám MK.

Z naměřených rychlostí z 15 anemometrů u vstupu do komína byly stanoveny objemové průtoky vzduchu jeho třemi dutinami a také celkový průtok vzduchu pro 13.9.2007 (graf 1). Maximální průtok vzduchu komínem (869 m<sup>3</sup>/h) byl dosažen v čase 12:58 při celkovém slunečním ozáření 617 W/m<sup>2</sup> změřeném na vnějším zasklení MK.

Graf 1: Nejvyšší dosažený průtok vzduchu během testování modelu MK (13.9.2007)



Zdroj: vlastní

## 2. Počítačová simulace solárního komína s více dutinami

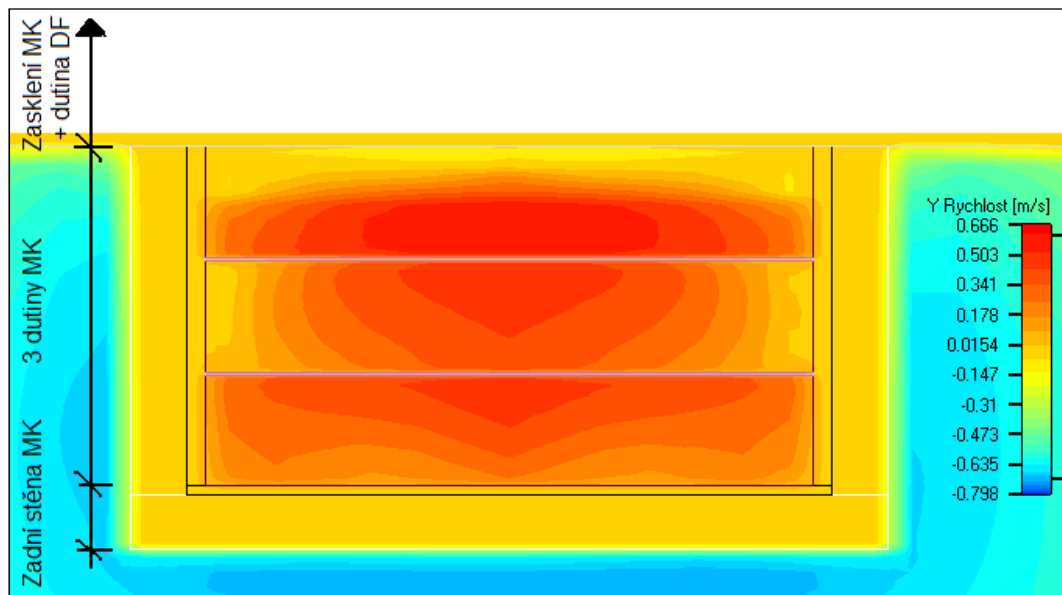
### 2.1 Vytvoření počítačového modelu

Testovaný MK se stal základem pro vytvoření počítačového modelu v CFD programu Flovent 7.1 (Galko 2011a, 2011b). Metoda CFD (computational fluid dynamic) se používá pro výpočet obrazu proudění tekutin. Získaná data ze simulací byla porovnána s hodnotami zaznamenanými při chodu experimentálního modelu komína. Porovnávány byly rychlosti proudění vzduchu, povrchové teploty a teploty vzduchu v dutinách komína. Geometrie CFD modelu a použité materiály plně odpovídaly testovanému modelu třídutinového MK.

Ke stanovení rychlostního profilu ve výšce 100 mm nad vstupem do CFD modelu bylo zvoleno 100 monitorovacích bodů. Body byly pravidelně rozmístěny v celém průřezu dutin komína. Na základě zjištěného rychlostního profilu (obr. 5) a plochy jednotlivých dutin komína byl stanoven objemový průtok, který odpovídal podmínkám, při kterých byl dosažen nejvyšší průtok při experimentálním měření (13.9.2007, 12:58:19). U CFD modelu bylo dosaženo celkového objemového průtoku 782 m<sup>3</sup>/h, při experimentálním měření byla zaznamenána hodnota 869 m<sup>3</sup>/h.

Průtok vzduchu první dutinou experimentálního MK byl ovlivněn zasahujícím rámem dvojitě fasády. Ve druhé a třetí dutině se v blízkosti stěn komína vyskytla oblast nízkých rychlostí včetně zpětného proudění.

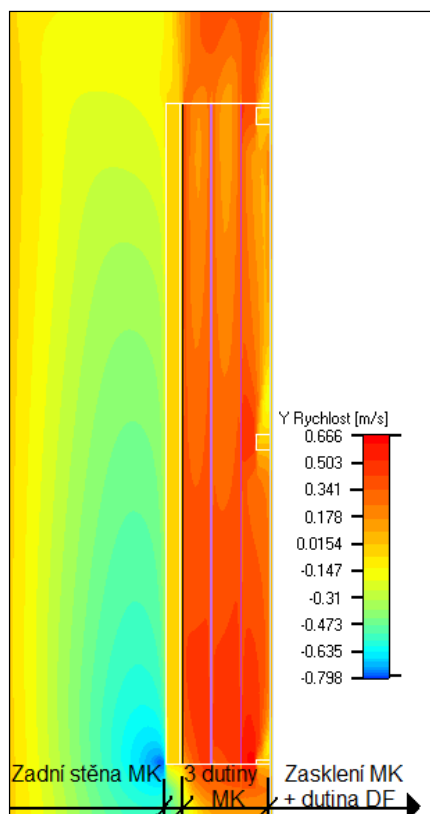
Obr. 4: Simulace horizontálního rychlostního profilu 100 mm nad vstupem do CFD modelu MK (13.9.2007, 12:58:19)



Zdroj: vlastní

Z vertikálního rychlostního profilu (obr. 5) je patrné snižování rychlosti proudění vzduchu uprostřed dutin. U této simulace je patrné i chování dutiny, která obsahuje překážku pro proudící vzduch. Touto překážkou byl rám dvojitě fasády, který zasahoval do první dutiny MK v jeho spodní, střední a horní části. Překážky způsobují vyšší turbulenci a lokální zvýšení kinetické energie proudícího vzduchu. Nad těmito překážkami pak dominuje výrazné zpětné proudění.

Obr. 5: Simulace vertikálního rychlostního profilu ve středu šířky CFD modelu MK (13.9.2007, 12:58)



Zdroj: vlastní

## 2.2 Návrh počtu a hloubky dutin CFD modelu MK

Pro zjištění optimální hloubky dutin MK bylo použito 5 CFD modelů. Všechny modely vycházely z konstrukce měřeného experimentálního komína (Galko 2011a, 2011b). Měnilo se pouze množství skleněných přepážek určujících počet dutin a změnil se simulovaný čas na 12 hodin (symetrické rozdělení teploty a rychlostí).

Ve výšce 100 mm nad vstupem do MK byla vypočtena rychlost ve všech buňkách tvořících dutiny MK a na základě této rychlosti a odpovídajících ploch buněk byl stanoven objemový průtok dutinami (tab. 1). Velké množství buněk zajišťovalo vysokou míru přesnosti výpočtu objemového průtoku. U vícedutinového solárního komína byl potvrzen předpoklad vyšších průtoků v první a poslední dutině, které jsou způsobeny vyšší povrchovou teplotou v dutinách.

Tab. 1: Průtok vzduchu modelem MK (tvořen 1 až 5 dutinami)

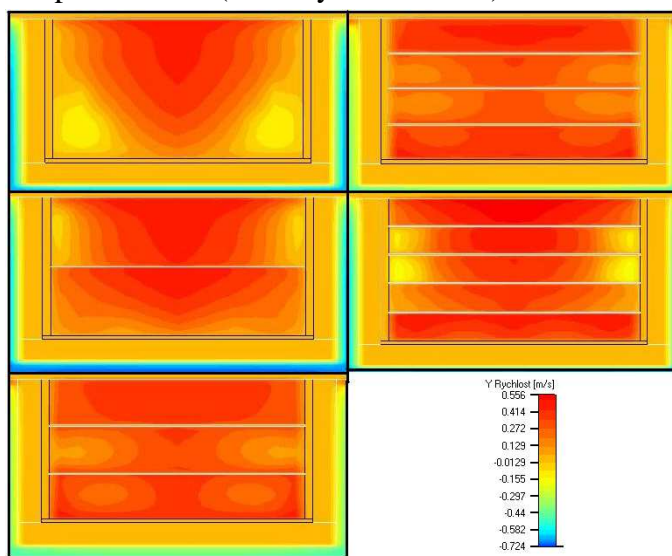
Počet dutin	Hloubka jedné dutiny [mm]	Počet výpočtových buněk [-]	Průtok 1. dutinou [m <sup>3</sup> /h]	Průtok 2. dutinou [m <sup>3</sup> /h]	Průtok 3. dutinou [m <sup>3</sup> /h]	Průtok 4. dutinou [m <sup>3</sup> /h]	Průtok 5. dutinou [m <sup>3</sup> /h]	Celkový průtok [m <sup>3</sup> /h]
1	613	299	471	-	-	-	-	471
2	300	325	354	343	-	-	-	697
3	200	364	279	197	271	-	-	747
4	150	390	230	146	143	228	-	747
5	120	429	196	126	91	116	193	722

Zdroj: vlastní

U varianty odpovídající testovanému experimentálnímu komínu (3 dutiny, hloubka každé dutiny 200 mm) byl dosažen objemový průtok 747,2 m<sup>3</sup>/h. Při zvýšení počtu dutin na čtyři (hloubka každé dutiny 150 mm) nedochází k výraznému poklesu objemového průtoku komínem.

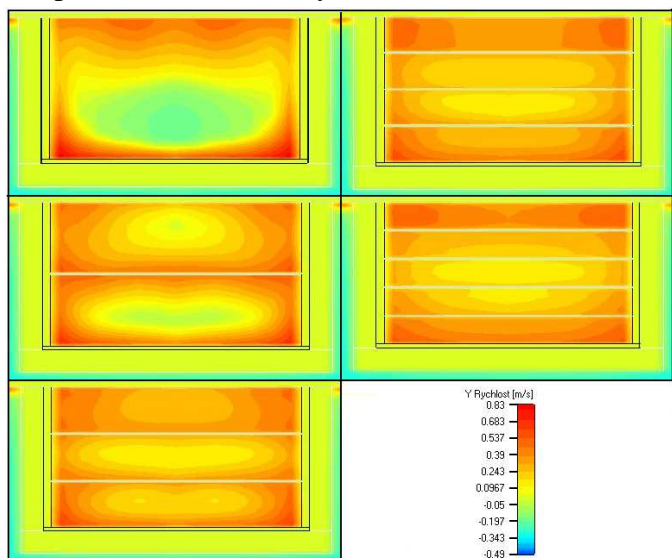
Počítačové simulace pomohly odhadnout rozsah nebezpečných oblastí s výskytem zpětného proudění vzduchu v dutinách. Nejvýrazněji se zpětné proudění projevuje u jednodutinového solárního komína. Větší počet dutin zajišťuje rovnoměrnější rychlostní profily, zmenšuje rozsah zpětného proudění a snižuje nejvyšší dosaženou rychlost proudícího vzduchu (obr. 6, obr. 7, obr. 8).

Obr. 6: Horizontální rychlostní profil 100 mm nad vstupem do MK (varianty 1 až 5 dutin)



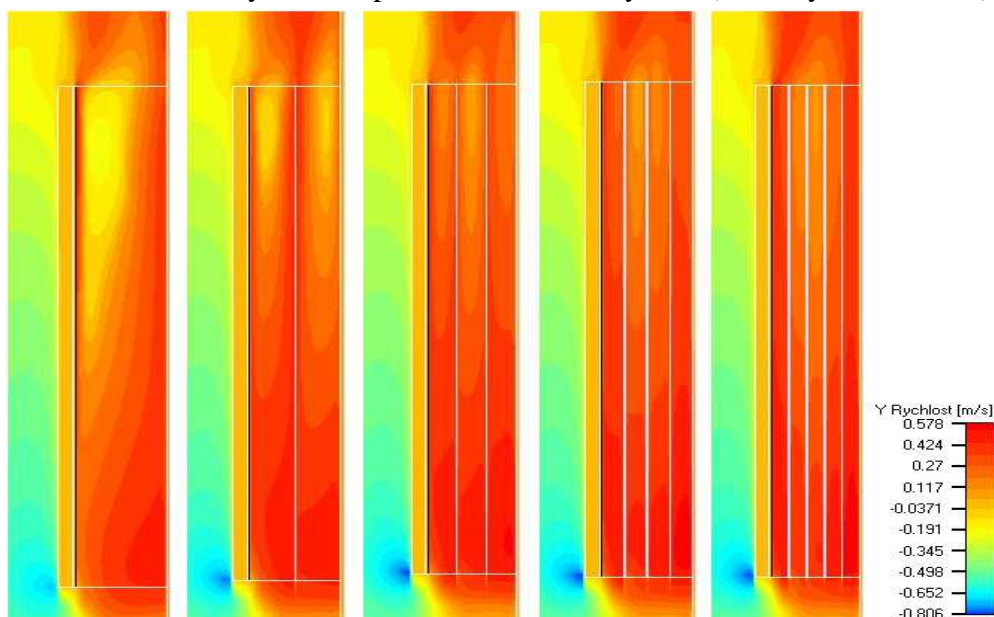
Zdroj: vlastní

Obr. 7: Horizontální rychlostní profil 3775 mm nad vstupem do MK (varianty 1 až 5 dutin)



Zdroj: vlastní

Obr. 8: Vertikální rychlostní profil ve středu šířky MK (varianty 1 až 5 dutin)



Zdroj: vlastní

### 2.3 Vliv solárního ozáření na průtok vzduchu a na teploty uvnitř MK

Pro zjištění vlivu solárního ozáření na průtok a na teploty uvnitř MK byl použit CFD model třídutinového experimentálního MK.

Ve výšce 100 mm nad vstupem do MK byla vypočtena rychlost ve všech buňkách tvořících tři dutiny MK a na základě této rychlosti a odpovídajících ploch buněk byl stanoven objemový průtok dutinami při solárním ozáření  $200 \text{ W/m}^2$  až  $1000 \text{ W/m}^2$  (tab. 2). Výpočet poukázal na velmi vysoký vliv solárního ozáření na průtok komínem.

Tab. 2: Závislost průtoku na solárním ozáření u třídutinového MK

Solární ozáření	Průtok 1. dutinou [m <sup>3</sup> /h]	Průtok 2. dutinou [m <sup>3</sup> /h]	Průtok 3. dutinou [m <sup>3</sup> /h]	Celkový průtok [m <sup>3</sup> /h]
200	84	91	131	306
300	157	122	172	451
400	208	143	205	556
500	244	167	238	649
600	274	192	267	733
700	300	219	293	812
800	324	243	316	883
900	345	263	339	947
1000	364	284	360	1008

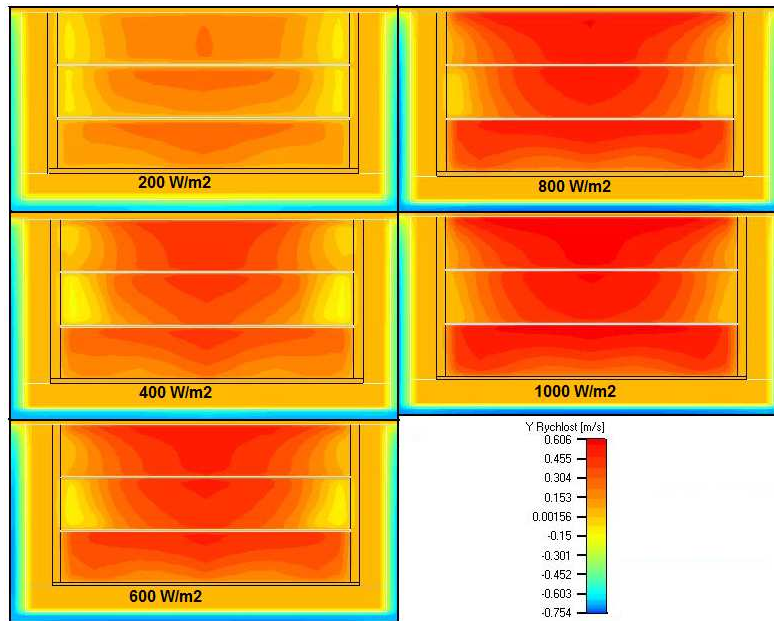
Zdroj: vlastní

#### 2.3.1 Rychlost proudění vzduchu v CFD modelu MK při různém solárním ozáření

Při rostoucím solárním ozáření byla rychlost proudění vzduchu v první a třetí dutině vždy větší než tomu bylo u dutiny prostřední (viz tab. 2). Příčinou byla vyšší povrchová teplota zasklení a zadní stěny MK ve srovnání s povrchovou teplotou skleněných tabulí mezi jednotlivými dutinami. Při zvyšování solárního ozáření komína stále platí, že nejvyšších rychlostí je dosaženo v těsné blízkosti

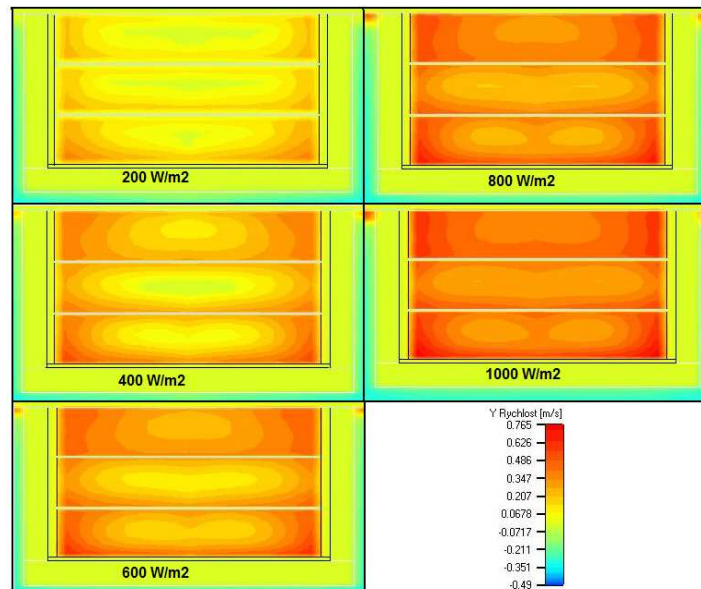
teplosměnných ploch (Halldórsson, Byrjalsen 2001) a směrem do středů dutin rychlost proudění vzduchu klesá obr. 9, 10, 11.

Obr. 9: Horizontální rychlostní profil 100 mm nad vstupem do MK (solární ozáření 200, 400, 600, 800, 1000 W/m<sup>2</sup>)



Zdroj: vlastní

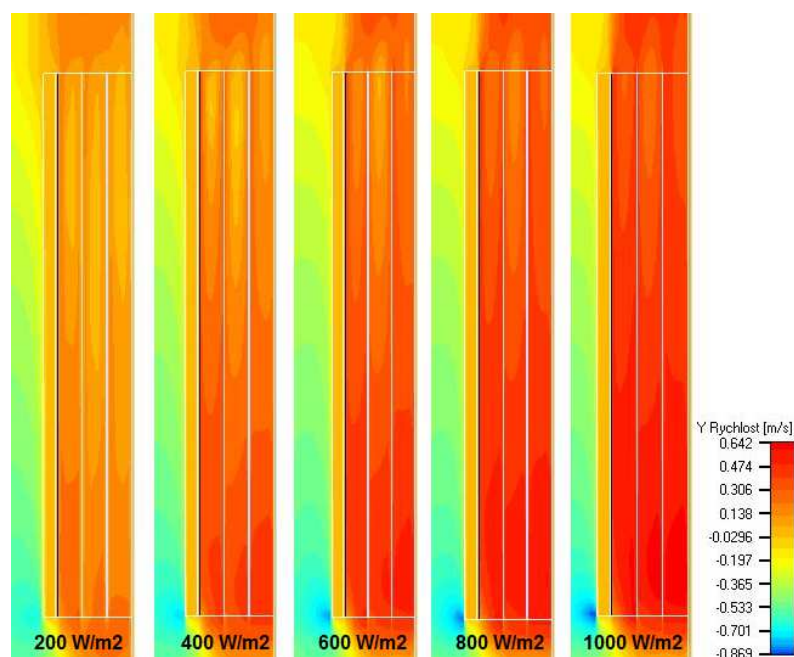
Obr. 10: Horizontální rychlostní profil 3775 mm nad vstupem do MK (solární ozáření 200, 400, 600, 800, 1000 W/m<sup>2</sup>)



Zdroj: vlastní



Obr. 11: Vertikální rychlostní profil ve středu šířky MK (solární ozáření 200, 400, 600, 800, 1000 W/m<sup>2</sup>)

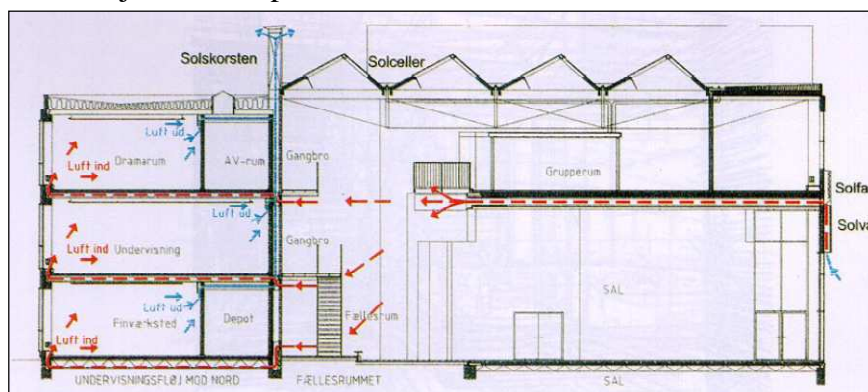


Zdroj: vlastní

### 3. Špatný návrh solárního komína

V roce 2000 byla postavena budova v Ikast (Dánsko), u které bylo přirozené větrání podporováno solárním komínem (délka 20 m, výška 3 m, hloubka 0, 48 m) (Halldórsson, Byrjalsen 2001). Systém větrání je zobrazen na obr. 12. Po provedených měřeních bylo zjištěno, že zabudovaný komín vůbec nepracuje. Objevily se okamžitě otázky týkající se správné geometrie, orientace, úhlu sklonu a vhodnosti využití solárních komínů v dánských podmínkách.

Obr. 12: Větrací systém v Ikast Seminarium Dánsko, směr proudění vzduchu je značen šipkami



Zdroj: Halldórsson, Byrjalsen (2001)

Při experimentálním testování bylo zjištěno, že je teplota uvnitř solárního komína obvykle nižší než teplota vzduchu proudící ven z objektu. Výsledky z měření byly velmi špatné, to ale neznamená, že by solární komíny nemohly pracovat v dánských podmínkách.

Prvním problémem byla příliš hluboká dutina solárního komína. Dalším kritickým problémem bylo jednoduché zasklení. To je pro chladné klima Dánska zcela nevhodné a bylo by třeba ho nahradit dvojitým nebo ještě lépe trojitým zasklením. To by redukovalo tepelnou ztrátu a omezilo zpětné proudění v blízkosti skleněných ploch.

Další nedostatky byly shledány u zaizolování solárního komína a jeho sklonu. Pro Dánské podmínky byl zjištěn ideální sklon 45°, zatímco instalovaný solární komín byl svislý.

## **Diskuse a závěr**

Vytvořené modely a počítačové programy umožňují stanovení objemových průtoků u systémů přirozeného větrání podporovaných solární energií a také stanovení optimálního množství dutin a jejich hloubky. Výstupy ze simulačních programů (teplotní a rychlostní profily) nám mohou podat obraz o pravděpodobném chování navrženého solárního komína. Bez jejich pomoci se můžeme dopustit fatálních chyb, které výrazně ovlivní průtok vzduchu solárním komínem. Ten pak není schopný zajistit dostatečný výkon přirozeného větrání, tak jako se to stalo v případě Ikast Seminarium v Dánsku.

## **Použité zdroje**

GALKO, R., 2011a. Solární komíny pro podporu přirozeného větrání – 1. část. *Český instalatér*. **21**(3), 8–14. ISSN 1210-695X.

GALKO, R., 2011b. Solární komíny pro podporu přirozeného větrání – 2. část. *Český instalatér*. **21**(4), 38–43. ISSN 1210-695X.

GALKO, R. a K. PAPEŽ, 2009. Multisolární komín. *Vytápění, větrání, instalace*. **18**(1), 10–13. ISSN 1210-1389.

HALLDÓRSSON, J. a CH. BYRJALSEN, 2001. *Experimental and numerical studies of a solar chimney with uniform heat flux*. Aalborg: Aalborg University.

HALLDÓRSSON, J., CH. BYRJALSEN a P. HEISELBERG, 2003. An experimental investigation of a solar chimney model with uniform wall heat flux. *Building and Environment*. **38**(7), 893–906. ISSN 0007-3628

## **Solar chimney – solution for not fully functional natural ventilation systems**

The aim of this article is to give information about natural ventilation system whose effectiveness is increased by solar chimney application. In the article are mentioned groundwork for correct solar chimney suggestion that were obtained from personal experimental measurement of multiple channel solar chimney and its computer simulation. At the end of the article is also mentioned the

application of solar chimney realized in Denmark. Bad construction caused very low, nearly zero, effectiveness of this system.

**Keywords:** natural ventilation, multiple channel solar chimney, computer simulation, CFD model, optimum amount of the cavities, optimum depth of the cavity

**Kontaktní adresa:**

Ing. Radim Galko, Ph.D., Katedra stavebnictví, VŠTE v Českých Budějovicích, Okružní 517/10, 370 01 České Budějovice, e-mail: [galko@mail.vstecb.cz](mailto:galko@mail.vstecb.cz)