

Ing. Pavel KOPECKÝ, Ph.D.,  
 ČVUT v Praze, Fakulta stavební,  
 Katedra konstrukcí pozemních  
 staveb

# Využití prostředí MATLAB/SIMULINK k integrované simulaci budovy s řízenou akumulací tepla

Using MATLAB/SIMULINK to simulate a building with controlled thermal mass

Recenzent  
 prof. Ing. František Drkal, CSc.

Přestože na světě existuje řada softwarových balíčků pro simulaci budov, jejich vzájemné propojení není často zvládnutelné s přiměřeným úsilím. Efektivita sdílení informací mezi existujícími modely je jednou z klíčových oblastí dalšího vývoje. Článek prezentuje vývoj vlastního modelu tepelného chování „technického zařízení budov“ – cirkulace vzduchu přes výměník vzduch/hmota. Krok za krokem je představeno teoretické pozadí inspirované popisem v [8], implementace modelu v prostředí Matlab/Simulink a analytická validace. Následně je tento model včetně jednoduché regulace integrován do existujícího modelu pro simulaci budovy [3]. Článek demonstruje, že Simulink je silný nástroj pro simulaci systémů, které lze popsat soustavou obyčejných diferenciálních rovnic. Zásadou grafického rozhraní je práce v něm velmi přirozená.

**Klíčová slova:** Integrovaná simulace, Matlab a Simulink, alternativní chlazení, řízená akumulace tepla

**Abstract:** Despite many calculation tools related to building simulation, the interconnection amongst them is not often feasible with reasonable effort. The effectiveness of information sharing amongst already existing models is one of the key fields of further development. The paper presents the development of a model for simulation of air circulation through air-to-mass exchanger. The model is developed within Simulink environment and is validated with analytical solution. Subsequently, the model including a simple control system is integrated into existing model for building simulation. The paper demonstrates that Simulink is a powerful tool for simulation of systems based on ordinary differential equations. Because of the graphical environment, the model development is very intuitive.

**Keywords:** integrated simulation, Matlab and Simulink, alternative cooling, controlled thermal mass

## ÚVOD

Není pochyb o tom, že počítačové simulace v současnosti znamenají efektivní možnost, jak předpovědět chování budov nebo jejich prvků pro jejich hodnocení a optimalizaci. Na světě již existuje celá řada softwarových balíčků [1], které se zaměřují na budovy nebo jejich části. Modely nových komponent (např. prvky technických zařízení budov a regulace) však často není jednoduché, nebo ba přímo možné, integrovat do simulace. Jednoduše proto, že tyto komponenty nejsou definovány ve struktuře programu anebo by vzájemné propojení nebylo zvládnutelné s přiměřeným úsilím a znalostmi běžného uživatele.

Matlab a Simulink [2] je prostředí, které se postupně stalo velmi využívané pro řešení obecných inženýrských a vědeckých problémů. Matlab je matcově orientovaný programovací jazyk. Simulink je nadstavbou Matlabu. Jde o grafické prostředí pro simulaci obecných systémů. Systémy jsou v Simulinku vytvářeny z bloků, které reprezentují různé matematické operace. Matlab i Simulink disponují dalšími využitelnými nadstavbami (např. Optimization toolbox, Neural network toolbox, Control system toolbox). Výhodou je možnost řešení velmi obecných a multidisciplinárních problémů v jednom prostředí. Značné ulehčení při tvorbě modelů představují vestavěné řešitele soustav obyčejných diferenciálních rovnic. Tvůrce modelu se tak může mnohem více soustředit na vlastní popis fyzikální reality, bez „ztráty času“ přemýšlením o diskretizaci diferenciálních rovnic a vývojem postupu řešení. Zejména Simulink nabízí přehledné a velmi intuitivní prostředí i pro uživatele s minimální znalostí programování. Pouze základní znalost Matlabu je nutná pro práci v Simulinku.

V prostředí Matlab/Simulink existují modely z oblasti simulace budov, které byly dány k veřejnému použití:

- Model [3], dále v textu HAMBbase, je tepelně-vlhkostní vícezónový model budovy vyvinutý v prostředí Matlabu. První verze modelu byla publikována v 1987 pod názvem ELAN. Model v současnosti disponuje

možností exportu do Simulinku. Tato vlastnost značně rozšiřuje možnosti modelu, např. o možnost propojení modelu zóny s modely technických zařízení budov. HAMBbase prošel testováním metodikou Bestest [4]. Využití HAMBbase je možné pouze pro účely vědy a výzkumu.

- International Building Physics Toolbox [5], dále v textu IBPT, je vyvíjená knihovna bloků v Simulinku, která je zaměřena na modelování tepelně-vlhkostních dějů ve stavebních konstrukcích a budovách. Základní myšlenkou IBPT je definice společných komunikačních signálů („data arrays“). Dodržením této konvence je umožněno fungování složitějších systémů sestavených ze subsystémů, které tak mohou být vyvíjeny různými lidmi. V současnosti IBPT zejména obsahuje modely 1D přenosu tepla a vlhkosti ve stavebních prvcích, různé modely oken a tepelně vlhkostní modely zón. Z technických zařízení budov zatím existuje model popisující podlahové vytápění [6].

## 1. ŘÍZENÁ AKUMULACE TEPLA PRO CHLAZENÍ BUDOV

### 1.1 Úvod

Budoucí systémy vytápění a chlazení budov se budou muset stále více orientovat na přírodní zdroje energie, jako například venkovní vzduch nebo zeminu. Pro klimatické podmínky ČR je venkovní vzduch v letním období dostatečně chladný pouze v nočních hodinách. Pro využití nočního vzduchu ke chlazení budov během dne je proto potřebná krátkodobá akumulace chladu. Obvyklým způsobem takové akumulace je noční předchlazení stavebních konstrukcí uvnitř budovy. Podstatnou nevýhodou je obtížná říditelnost a pomalost tohoto procesu, poněvadž přestup tepla se spoléhá na přirozenou konvekci.

Možnou eliminací této nevýhody by mohlo být využití řízené akumulace tepla ve výměníku vzduch/hmota (obr. 1). Jeho princip je založen na stří-

dání nuceného ohřívání hmoty výměníku (odvedení denních tepelných zisků) a ochlazování hmoty (vyrovnání energetické bilance výměníku s využitím chladnějšího nočního vzduchu). Jelikož průtok vzduchu přes výměník je vyvoláván nuceně, nabízí se možnost dokonalejšího řízení procesu nabíjení a vybíjení. Výměník může navíc být vhodně integrován do stavebních prvků (např. stěna, stropní panel [7], podlaha) a nemusí tedy nutně znamenat navýšení nákladů stavby.

Nevýhodou je, že výkon chlazení je závislý na teplotě venkovního vzduchu během předešlé noci. Prožitá zkušenost posledních let (např. období veder v roce 2003 a 2006) ukazuje, že noční teploty v těchto obdobích nemusejí klesat pod 20 °C, zejména v městské zástavbě. Alternativní techniky chlazení založené na využití nočních teplot proto v těchto extrémních obdobích nelze přeceňovat. Na provoz zařízení je navíc potřeba drahá elektrická energie, která je v současnosti přeměňována zejména z neobnovitelných zdrojů energie s negativními důsledky pro životní prostředí. Proto bude velmi důležitá optimalizace vztahu „výkon vs. spotřeba“. Vlastní technický návrh zařízení je multikriteriální a netriviální úloha.

### 1.2 Model výměníku vzduch/hmoty

V literatuře lze nalézt řadu modelů pro šterkové zásobníky tepla, tzv. „packed beds“. Cílem je představit postup, jak je v Simulinku možné implementovat jednoduchý model popsany systémem obyčejných diferenciálních rovnic.

#### Základní popis

Modelovaný systém je výměník tepla vzduch/hmoty celkové délky  $L$  s vnější adiabatickou hranicí (obr. 2). Část základního kvádrů s průřezovou plochou  $A$  o objemu  $Adx$  je vyplněna akumulací hmotou o objemu  $V_s$  a teplosměnnou plochou  $A_s$ .

#### Předpoklady

- Hmoty v segmentu je nahrazena pouze jedním teplotním uzlem  $T_s$  s tepelnou kapacitou  $C_s$ . Toto zjednodušení je možné za předpokladu, že teplotní gradient mezi povrchem hmoty a vnitřkem hmoty je zanedbatelný.
- Vedení tepla ve směru podélné osy je zanedbatelné.
- Hmotnostní průtok vzduchu přes výměník  $m_a$  [kg/s] je rovnoměrně rozložený v celé průřezové ploše a vede k rychlosti proudění  $v_a$  [m/s] ve výměníku a rychlosti  $v_{a0}$  v kanále o průřezové ploše  $A$ :

$$v_a = \frac{m_a}{\eta A \rho_a}$$

$$v_{a0} = \frac{m_a}{A \rho_a}$$

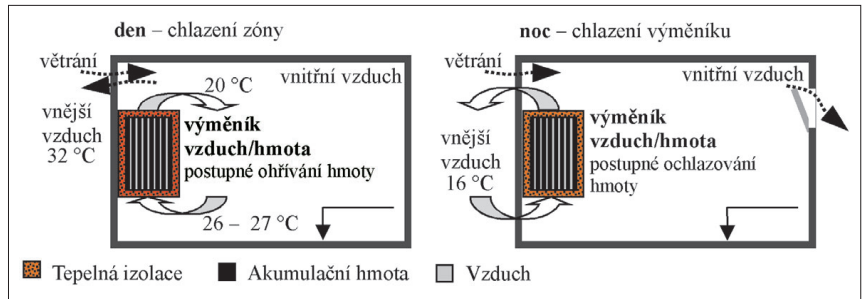
kde

- $\eta$  je poměr plochy volného průřezu k celkové průřezové ploše [-]
- $A$  celková průřezová plocha [m<sup>2</sup>]
- $\rho_a$  objemová hmotnost vzduchu [kg/m<sup>3</sup>]

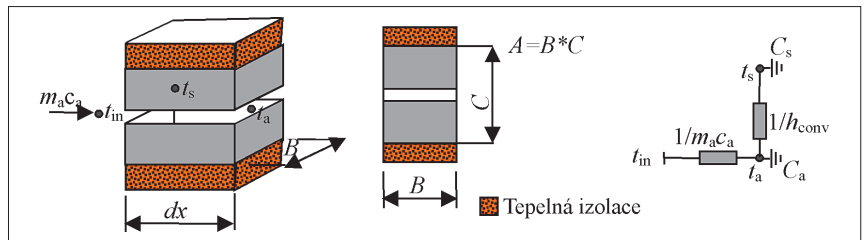
#### Řídicí rovnice

- tepelná bilance v uzlu  $t_a$

$$C_a \frac{dt_a}{d\tau} = m_a c_a (t_{in} - t_a) - A_s h_{conv} (t_a - t_s) \quad [W] \quad (3)$$



Obr. 1 Cirkulační režim výměníku vzduch/hmoty – schematický náčrt



Obr. 2 Schéma výměníku vzduch hmoty a elektrická analogie reprezentující jeho zjednodušený model. Při uspořádání výměníku dle obrázku je teplosměnná plocha  $A_s$  rovna  $2Bdx$ .

- tepelná bilance v uzlu  $t_s$

$$C_s \frac{dt_s}{d\tau} = A_s h_{conv} (t_a - t_s) \quad [W] \quad (4)$$

kde

- $t_a$  je teplota vzduchu [°C]
- $C_a$  tepelná kapacita vzduchu v uzlu [J/K]
- $t_s$  teplota hmoty [°C]
- $C_s$  tepelná kapacita hmoty v uzlu [J/K]
- $t_{in}$  teplota vzduchu na vstupu [°C]
- $h_{conv}$  součinitel přestupu tepla mezi vzduchem a hmotou [W/(m<sup>2</sup>.K)]
- $\tau$  čas [s]

Kapacity  $C_a$  a  $C_s$  jsou definovány jako:

$$C_a = \rho_a c_a \eta A dx \quad [J/K] \quad (5)$$

$$C_s = \rho_s c_s (1 - \eta) A dx \quad [J/K] \quad (6)$$

kde

- $c_a$  je měrná tepelná kapacita vzduchu [J/(kg.K)]
- $\rho_s$  objemová hmotnost akumulacího materiálu [kg/m<sup>3</sup>]
- $c_s$  měrná tepelná kapacita akumulacího materiálu [J/(kg.K)]

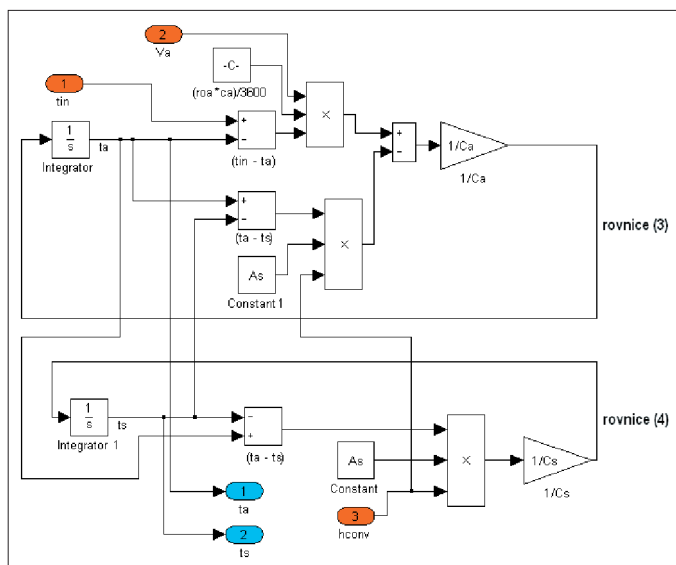
Povšimněme si ještě následujících skutečností:

- Model umožňuje zabývat se obecným uspořádáním akumulacího hmoty výměníku.
- Dílčí problémy, jako výpočet součinitele přestupu tepla konvekcí  $h_{conv}$ , výpočet teplosměnné plochy  $A_s$ , např. u boxů vyplněných šterkem nebo kulovými částicemi, zde nejsou popisovány.
- Součinitel tepelné vodivosti akumulacího materiálu  $\lambda_s$  není vstupním parametrem do modelu, což je důsledkem modelového předpokladu nulového teplotního gradientu mezi povrchem a vnitřkem hmoty. Platnost tohoto předpokladu lze ověřit splněním podmínky, viz [9]:

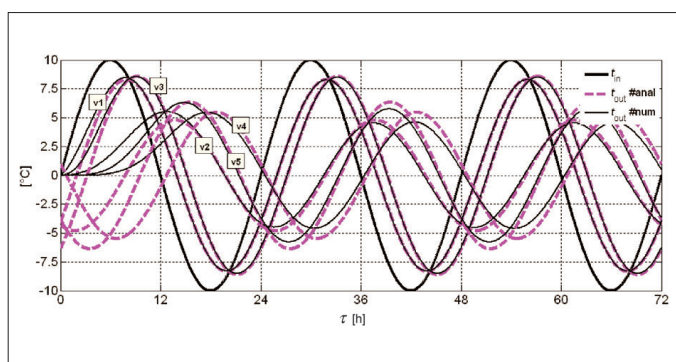
$$Bi = \frac{L_c}{d} \leq 0,2 \quad [-] \quad (7)$$

kde

- $Bi$  je Biotovo číslo [-]
- $L_c$  charakteristická délka [m], která je pro modelovaný případ aproximována jako:



Obr. 3 Reprezentace řídicích rovnic v Simulinku, subsystém popisující jeden segment výměníku dle obr. 2



Obr. 4 Porovnání numerického řešení s výsledky z analytického modelu (#anal – výsledky z analytického řešení, #num – výsledky numerického modelu)

$$L_c = 2 \frac{V_s}{A_s} \quad [m] \quad (8)$$

d je poměr:

$$d = \frac{\lambda_s}{h_{conv}} \quad [m] \quad (9)$$

Podmínka (7) patrně nebude vždy dokonale splněna, s důsledky pro přesnost modelu. U uspořádání z plochých desek to například přibližně znamená, že tloušťka desky by měla být nižší než jedna pětina denní hloubky tepelné penetrace.

Zobrazení modelu v Simulinku

Grafické zobrazení řídicích rovnic v Simulinku je na obr. 3.

**Analytická validace**

Validace je důležitou součástí tvorby jakéhokoliv modelu, protože umožní odstranit základní chyby a otestovat vyvinutý výpočetní nástroj. K validaci vytvořeného zjednodušeného modelu bylo využito analytické řešení publikované v [10]. Modelovány byly následující případy, tab. 1.

Shoda výsledků numerického výpočtu s výsledky analytického modelu je poměrně dobrá, i když zdaleka ne perfektní (obr. 4). Chování skutečných výměníků bude navíc zatíženo vlivy, které nebyly ve formulaci numerického ale ani analytického modelu zohledněny (např. vedení tepla v podélném směru, nedokonalost adiabatické hranice a zejména nerovnoměrnost průtoku v průřezu).

Tab. 1 Konfigurace výměníků použité pro validaci modelu

Označení	L [m]	B [m]	C [m]	η [-]	A <sub>s</sub> [m <sup>2</sup> ]	V <sub>a</sub> [m <sup>3</sup> /h]	v <sub>a0</sub> [m/s]	v <sub>a</sub> [m/s]	h <sub>conv</sub> [W/m <sup>2</sup> .K]
v1	3	0,25	0,25	0,44	5,25	100	0,44	1,00	10
v2	12	0,25	0,25	0,44	21,0	100	0,44	1,00	10
v3	3	0,25	0,25	0,16	15,75	100	0,44	2,78	10
v4	12	0,25	0,25	0,16	63,0	100	0,44	2,78	10
v5	3	0,25	0,25	0,16	15,75	33,3	0,15	0,93	10

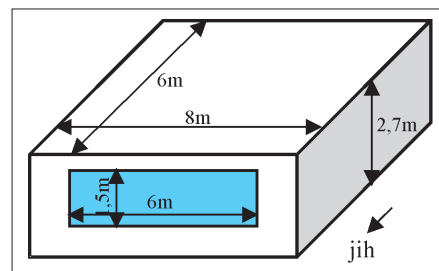
vlastnosti materiálu: λ<sub>s</sub> = 1,5 W/(m.K), ρ<sub>s</sub> = 2500 kg/m<sup>3</sup>, c<sub>s</sub> = 1000 J/(kg.K)  
výměníku délky L byl rozdělen na 30 podélných segmentů

**1.3 Případová studie – využití řízené akumulace tepla pro chlazení budov**

Cílem případové studie je implementovat termický model proudění vzduchu přes výměník vzduch-hmota do modelu budovy vytvořeném v HAM-base. Originální model HAMbase upravili jeho autoři do podoby tzv. S-funkce [11], s kterou dokáže Simulink pracovat.

**Popis budovy**

Geometrie simulované budovy (obr. 5) je převzata z [4], uvažován však je odlišný podíl prosklení, více odpovídající běžným hodnotám (přibližně 40 %). Obvodové stěny a střechu tvoří 2 cm sádkkartonu, 25 cm tepelná izolace z minerálních vláken. Podlaha je tvořena 2,5 cm nášlapné vrstvy z dřevěných fošen, 25 cm tepelné izolace z minerálních vláken, 20 cm betonové desky a 100 cm vrstvy zeminy, na jejíž spodní straně je umístěna izotermická okrajová podmínka 10 °C. Uvnitř zóny nejsou žádné další konstrukce. Okno má součinitel prostupu tepla 1,0 W/(m<sup>2</sup>.K) a celkový číselný součinitel prostupu sluneční energie 0,5 v nezastíněném stavu a 0,05 v zastíněném stavu.



Obr. 5 Simulovaná budova

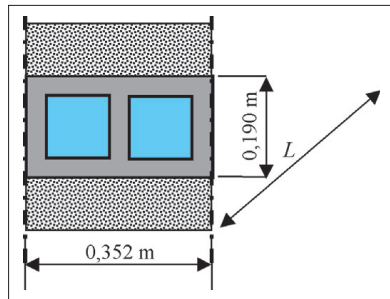
**Popis modelu**

Obvodové konstrukce jsou nahrazeny plochami. Objem vzduchu je vypočten z vnějších rozměrů, aniž by bylo uvažováno s tloušťkami konstrukcí (8 x 6 x 2,7 m). V modelu je předpokládáno 150 W citelných vnitřních zisků sdílených ze 60 % radiací, ze 40 % konvekcí. U varianty s řízenou akumulací tepla je sdílení tepla z tohoto systému uvažováno ze 100 % konvekcí. Pohltivost vnějších povrchů je uvažována 0,6, emisivita pro dlouhovlnnou radiaci je uvažována 0,9. U vnitřních povrchů je uvažováno s průměrnými součiniteli přestupu 5 W/(m<sup>2</sup>.K) pro radiaci a 2,7 W/(m<sup>2</sup>.K) pro konvekci. Klimatická data byla využita z roku 2006, měřená na stanici Praha Karlov. Simulováno bylo období 22 dnů; začátek simulovaného období byl 1. 7. 2006.

**Výpočtové scénáře**

- „var0“ – základní varianta, bez stínění oken, intenzita větrání 0,3 h<sup>-1</sup> konstantní během celého dne;
- „var1“ – jako var0 s uvažováním stínění oken, které se aktivuje při intenzitě solárního záření 100 W/m<sup>2</sup> dopadajícího na povrch okna a zároveň při teplotě vnitřního vzduchu vyšší než 20 °C;
- „var2“ – jako var1 s uvažováním nočního větrání (2,5 h<sup>-1</sup>), které může nastat mezi 22:00 a 7:00, toto větrání nenastane, pokud je teplota vnitřního vzduchu nižší než 20 °C (v tomto případě zůstává 0,3 h<sup>-1</sup>);

- „var3“ – jako var2, sádkarton obvodových konstrukcí a střechy budovy je nahrazen 15 cm monolitického betonu.
- „varPB„ – jako var2, s cirkulačním chlazením, výměník vzduch / hmota je vytvořen z běžné betonové tvárnice (obr. 6). Je předpokládáno paralelní zapojení čtyř těchto částí, což představuje dvojnásobnou výměnu vzduchu v simulované zóně (4 x 65 m<sup>3</sup>/h). Vlastnosti výměníku viz tab. 2 a 3. Rozměry obvodových konstrukcí budovy nebyly nijak upravovány oproti předchozím variantám, výměník je uvažován jako dodatečný prvek, aniž by nahradil část obvodových konstrukcí. Regulace aktivuje cirkulaci vzduchu do zóny mezi 07:00–22:00 h. Noční vybíjení výměníku nastává tedy pouze po dobu 8 hodin, zato s dvojnásobným průtokem (4 x 130 m<sup>3</sup>/h).



Obr. 6 Segment výměníku vzduch/hmota vytvořeného z betonové tvárnice

Tab. 2 Základní informace o segmentu výměníku vzduch/hmota

L [m]	B [m]	C [m]	$\eta$ [-]	$A_s$ [m <sup>2</sup> ]	hmotnost [kg]
5,7	0,35	0,19	0,54	6,12	395

vlastnosti materiálu:  $\lambda_s = 1,33 \text{ W/(m.K)}$ ,  
 $\rho_s = 2250 \text{ kg/m}^3$ ,  $c_s = 1020 \text{ J/(kg.K)}$

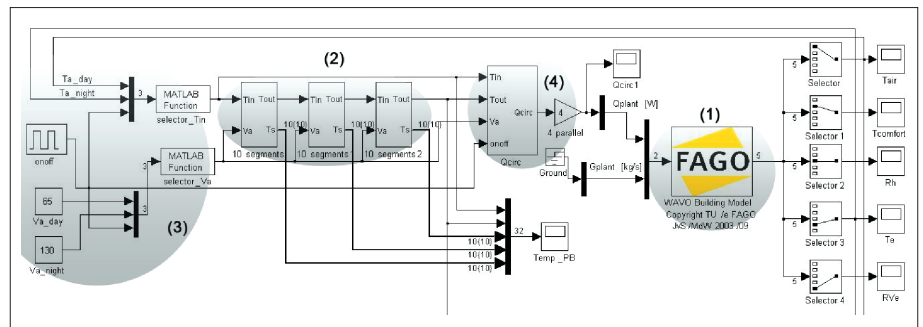
Tab. 3 Průtok vzduchu přes segment výměník vzduch/hmota

$V_a$ [m <sup>3</sup> /h]	$v_{a0}$ [m/s]	$v_a$ [m/s]	$V_a/A$ [m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> ]	$V_a/(\eta A)$ [m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> ]	$V_a/A_s$ [m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> ]	$h_{conv}^*$ [W/m <sup>2</sup> .K]
65	0,27	0,50	977	1805	319	~3
130	0,54	1,00	1955	3610	637	~6

\*spočteno z obvyklého vztahu  $Nu = 0.023 \cdot Re^{0.8} \cdot Pr^{0.3}$  [13]

### Zobrazení modelu v Simulinku

Vysvětlení oblastí na obrázku 7: oblast 1 je simulace zóny (HAMbase), oblast 2 představuje simulaci výměníku vzduch/hmota (vytvořený model), oblast 3 představuje jednoduchou regulaci výměníku vzduch/hmota (viz popis varPB), oblast 4 je výpočet výkonu chlazení.



Obr. 7 Schéma simulovaného systému v Simulinku

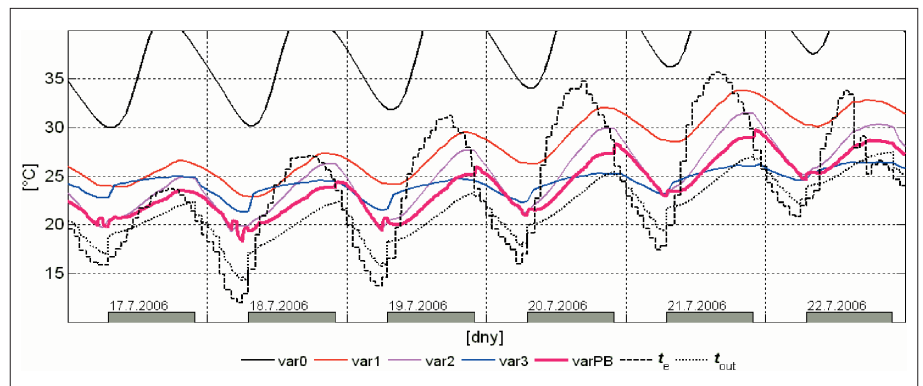
### Výsledky simulací

Obr. 9 je uveden zejména z důvodu zdůraznění role stínění oken pro tepelnou stabilitu simulované budovy.

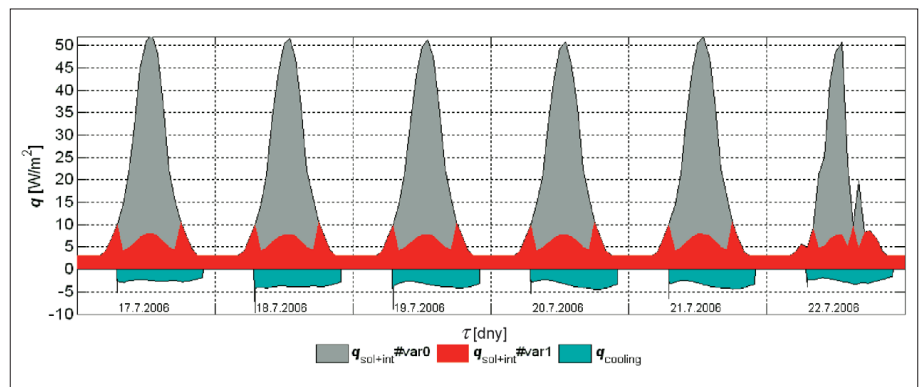
## ZÁVĚR

Přínos využití řízené akumulace tepla by mohl být ve snižování hodnoty špičkové tepelné zátěže budov a tím zmenšování velikosti klimatizace, zejména u lehkých staveb s vyššími vnitřními zisky. Nadbytečná tepelná zátěž by samozřejmě měla být nejprve důsledně redukována stavebním řešením a také omezením vnitřních zdrojů tepla. Logickým navazujícím krokem by měla být parametrická studie tepelného chování výměníků vzduch/hmota (maximalizace energetické efektivity). Existuje řada možností jak zvětšovat přestupovou plochu a součinitel přestupu tepla, ale jako u každého výměníku to s sebou nese vyšší tlakové ztráty. Kde leží optimum? Teoretické studium by mohlo vést k návrhu prototypů a jejich laboratornímu ověření.

Využití materiálu se skupenskou změnou by mohlo znamenat podstatné snížení potřebného množství akumulční hmoty. Model výměníku vzduch/hmota proto bude v budoucnu rozšířen i o případ, kdy je akumulční hmota nahrazena materiálem se skupenskou změnou.



Obr. 8 Vypočtené teploty vzduchu v budově pro jednotlivé scénáře (var0 – varPB),  $t_e$  je teplota vnějšího vzduchu,  $t_{out}$  je teplota vzduchu na výstupu z výměníku vzduch/hmota



Obr. 9 Vypočtené hodnoty tepelné zátěže od solárního záření a vnitřních zisků  $q_{sol+int}$ , výkon chlazení výměníku vzduch/hmota  $q_{cooling}$ .

Hodnoty jsou vztaženy na 1 m<sup>2</sup> podlahové plochy budovy (8 m x 6 m = 48 m<sup>2</sup>).

V [12] byl například zkoumán výměník vytvořený z malých kapslí vyplněných materiálem s fázovou změnou nasypávaných do válcového zá-



sobníku, přes který byl nasáván vzduch. Vyvinutý numerický model byl úspěšně experimentálně validován. Navazující případová studie nízkenergetického domu chlazeného výměníkem vzduch/materiál se skupenskou změnou prokázala možnost použití této techniky. Potřebné množství materiálu bylo 6 kg/m<sup>2</sup> podlahové plochy (přibližně šestina hmoty použité v případě studii budovy dle obr. 5), pro dům s 200 m<sup>2</sup> se tedy jedná o přibližně 1200 kg materiálu.

Struktura modelu HAMbase není zcela otevřená, a proto integrace speciálních komponent do HAMbase má svoje omezení. Pro změnu těchto omezení by byl potřebný zásah do S-funkce, což už klade na uživatele vysoké nároky. Příkladem problémového prvku pro integraci do simulace by například mohl být totožný výměník vzduch/hmota, který by ale byl tepelně izolován pouze z jedné strany a ze strany do místnosti by zůstal neizolovaný. Sdílení tepla do zóny není tedy pouze konvektivní, ale i sáláním z plochy výměníku. HAMbase představuje cestu někde mezi klasickým programováním v Matlabu a příjemnějším uživatelským prostředím Simulinku. Úplně otevřený modulární systém nabízí IBPT [5]. Svým zaměřením jde o ideální vývojové prostředí pro univerzitní „poloexperimentální“ modely. Možnosti jsou zatím omezené vytvořeními komponentami toolboxu.

Doufáme, že se v budoucnu alespoň na univerzitní půdě prosadí jedno obecné „state of the art“ prostředí pro technické výpočty. Došlo by tím ke značnému zefektivnění sdílení modelů mezi uživateli a implementací nových modelů do stávajících struktur. Ukazuje se, že prostředí Matlab/Simulink by mohla být efektivní cesta.

#### Poděkování:

Tento výsledek byl získán za finančního přispění MŠMT ČR, projekt 1M05791, v rámci činnosti výzkumného centra CIDEAS

Kontakt na autora: pavel.kopecky@fsv.cvut.cz

#### Použité zdroje:

- [1] Seznam dosažitelný na adrese [http://eere.energy.gov/buildings/tools\\_directory/](http://eere.energy.gov/buildings/tools_directory/)
- [2] MathWorks, Matlab and Simulink, <http://www.mathworks.com>
- [3] de Wit, M., Hambase Heat Air and Moisture model for Building and Systems Evaluation, department of Architecture, Building and Planning of the Eindhoven University of Technology, 2006.
- [4] ASHRAE, Standard method of test for the evaluation of building energy analysis computer programs, standard 140-2001, 2001.
- [5] Kalagasidis, A., S., Weitzmann, P., Nielsen, T., R., Peuhkurí, R., Hagentoft, C., E., Rode, C., The International building Physics Toolbox in Simulink, Energy and Buildings 39, 2007.
- [6] Weitzmann, P., A floor heating module using an S-function approach for the International Building Physics Toolbox, BYG.DTU, 2003.
- [7] Barton, P., Beggs, C., B., Sleight, P., A., A theoretical study of thermal performance of the TermoDeck hollow core slab system, Applied Thermal Engineering 22, 2002.
- [8] Duffie J., A., Beckmann, W., A., Solar engineering of thermal processes, Wiley, 2006.
- [9] Hagentoft, C., E., Introduction to Building Physics, Studentlitteratur, 2001.
- [10] Hollmuller, P., Lachal, B., Zraggen, J. M., A new heat exchange and storage technique for ventilation: controlled thermal phase-shifting, HeatSET 2007, Chambery, France, 2007.
- [11] Writing S-functions, The MathWorks, Inc.
- [12] Arkar, C., Medved, S., Free cooling of a building using PCM heat storage integrated into the ventilation system, Solar Energy 81, 2007.
- [13] ASHRAE, Handbook of Fundamentals, 2001. ■

## \* Zkušební s omezováním kouření tabáku ve světě

V řadě zemí došlo v posledních letech ke zpřísnění podmínek pro kouření s cílem chránit zdraví nekuřáků. Nedávno se objevilo větší množství odborných prací, které vyhodnocují výsledky takové legislativy.

Toto téma je pro nás zvláště důležité a hodně se o něm diskutuje v politických kruzích i v médiích.

### Skotské zkušenosti

Pell a spol. (2008) nabízejí data, podle nichž vedlo zpřísnění předpisů týkajících se kouření k nižšímu počtu přijetí do nemocnice pro akutní koronární syndrom, kam patří i akutní infarkt myokardu. Pokles nastal o 14 % u kuřáků, o 19 % u bývalých kuřáků a o celých 21 % u nekuřáků.

### Italské zkušenosti

Franchini a spol. (2008) dokládají, že zákazy týkající se kouření jsou účinnou strategií, jak chránit před tabákovým kouřem těhotné ženy a novorozence.

### Novozélandské zkušenosti

Edwards a spol. (2008) uvádějí, že po zavedení zpřísnující legislativy se podstatně zlepšila kvalita vzduchu v pracovních prostředích i v restauračních zařízeních. Ekonomický efekt těchto opatření na cestovní ruch a pohostinství byl přibližně nulový. Wilson a spol. (2007) zjistili, že zákazy týkající se kouření vedly k většímu počtu telefonátů na linku telefonické pomoci pro kuřáky.

### Zkušební z USA

Rayens a spol. dokládají, že zákazy kouření vedly k nižšímu výskytu astmatických záchvatů u dětí i u dospělých. Podle Hahna a spol. (2008) souvisejí omezení týkající se kouření s poklesem počtu dospělých kuřáků v příslušné oblasti. Albert a spol. (2007) uvádějí, že zákaz kouření vedl ke zlepšení ovzduší v pohostinských zařízeních, aniž by zhoršil jejich ekonomické výsledky. Menzies a spol. (2006) zjistili, že zákaz kouření vedl u pracovníků v barech ke zlepšení plicních funkcí a snížení závažných ukazatelů.

### Kanadské zkušenosti

Shields (2007) zjistili, že kuřáci, kteří se ocitli v nekuřáckém bytě nebo na nekuřáckém pracovišti, přestanou v průběhu příštích dvou let kouřit s větší pravděpodobností, nežli ti, kdo se s podobnými omezeními nesesetkali.

### Švédské zkušenosti

Zákaz kouření na pracovištích vedl podle Larssona a spol. (2008) k tomu, že na polovinu poklesly obtíže týkající se dýchacího systému u pracovníků pohostinství a kasin.

Prim. MUDr. Karel Nešpor, CSc.  
Literatura u autora

## \* Zákaz chladiva R 22 se blíží

Od roku 2010 se při servisu a údržbě chladicích zařízení již nesmí používat chladivo R 22 a tedy jeho výroba musí skončit do konce roku 2009. Pak se smí používat jen recyklované R 22 anebo se výrobci musí přeorientovat na jiné chladivo.

Podle studie jednoho z nejvýznamnějších výrobců chladiv DuPont bylo ještě v polovině roku 2008 v Evropě v provozu přes 7 milionů klimatizačních a chladicích zařízení s chladivem HCFC – většinou s R 22.

Podle této studie nebudou stačit kapacity skladů, aby pokryly očekávanou potřebu náhrady a proto doporučuje začít s úpravou zařízení již nyní. Jinak hrozí nebezpečí zastavení výroby vázané na chladicí zařízení.

CCI 11/2008

(Ku)