

Ing. Jakub KOLAŘÍK^{1,3},
Ing. Ján BABIAK^{2,3}

Použití tepelně aktivních prvků stavební konstrukce k vytápění a chlazení kancelářských budov – díl II

Utilization of the Thermo Active Building Systems for heating and conditioning of the Office Buildings., – Part II

Recenzent
prof. Ing. Karel Hemzal, CSc.

Tepelně aktivní prvky stavební konstrukce jsou v současnosti často využívaným řešením pro vytápění a chlazení administrativních objektů. Aktivní využití tepelně akumulační kapacity stavební konstrukce umožňuje nejen snížit provozní náklady na úpravu vnitřního prostředí v budově, ale také lepší využití obnovitelných zdrojů energie. Článek přináší podrobnější pohled na provozní vlastnosti tepelně aktivních konstrukcí, ukazuje příklad jejich úspěšné instalace a věnuje se také bariérám, které mohou nastat při jejich začleňování do celkové koncepce budovy.

Klíčová slova: tepelná kapacita, akumulace, beton, sálavé chlazení, vytápění, spotřeba energie

Thermo Active Building Systems (TABS) are widely used for heating and cooling of office buildings today. Their ability to actively utilize thermal mass of the building construction provides substantial energy savings. Moreover, the fact that TABS work with small temperature difference between heat carrier and conditioned space increases possibility to effectively use so called renewable energy sources. The article addresses operation characteristics of the TABS, shows an example of their installation and pays attention also to barriers that can occur during integration of these systems in building design.

Keywords: thermal mass, concrete, radiant cooling, heating, energy efficient building

Tepelně aktivní prvky představují velmi účinný způsob jak využít tepelnou kapacitu konstrukce budovy pro akumulaci energie při úpravě parametrů vnitřního mikroklimatu. První díl článku věnovaného tomuto „staro-novému“ způsobu velkoplošného vytápění a chlazení byl zaměřen na seznámení s jeho historií a principem fungování. V pokračování článku bychom chtěli čtenářům podat bližší pohled na provozní vlastnosti tepelně aktivních konstrukcí, ukázat příklad jejich instalace, ale také nastínit možné problémy a překážky v jejich použití. V závěru se také krátce zmíníme o perspektivách jejich budoucího vývoje.

PROVOZNÍ VLASTNOSTI – ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKY

Jak už bylo řečeno v prvním díle článku [1], aktivace stavební konstrukce ovlivňuje chování budovy vzhledem k vnitřním tepelným podmínkám dvěma způsoby. První z nich je přímý chladicí/vytápěcí efekt – aktivovaná konstrukce (ve většině případů strop, ale také stěna apod.) odvádí tepelné zisky nebo hradí tepelné ztráty prostoru jako kterýkoliv jiný sálavý systém. Druhá hlavní vlastnost je snížení špičkové denní tepelné zátěže díky její akumulaci. Akumulované tepelné zisky mohou být odvedeny z budovy mimo pracovní dobu, což umožňuje využití výhodnějších tarifů pro odběr elektrické energie, ale hlavně snižuje potřebný instalovaný výkon chladicího zařízení.

Ať už systém pracuje v režimu chlazení či vytápění, teplota teplotnosné kapaliny (nejčastěji vody) je stále velmi blízko teplotě místnosti. To nabízí využití nízkopotenciálních zdrojů energie jako jsou tepelná čerpadla,

zemní výměníky tepla apod. Malý teplotní rozdíl mezi systémem a místností se projevuje také v takzvané samoregulační schopnosti systému. Jakákoliv změna teploty v místnosti výrazně ovlivňuje přenos tepla mezi povrchem a místností a tím i přenos tepla mezi aktivní konstrukcí a prostředím.

PŘENOS TEPLA V MÍSTNOSTI S TEPELNĚ AKTIVNÍM STAVEBNÍM PRVKEM

Při použití tepelně aktivního stavebního prvku, je přibližně 55 % tepla mezi aktivním povrchem a místností sdíleno sáláním. Poměr mezi množstvím tepla sdíleného sáláním a konvekcí je patrný z porovnání součinitelů přestupu tepla. Hodnotu součinitele přestupu tepla sáláním můžeme pro rozpětí teplot povrchu aktivní plochy 15 až 30 °C považovat za přibližně konstantní, 5,5 W/(m²K). Součinitel přestupu tepla konvekcí závisí na tom, zda je aktivní plochou strop, stěna či podlaha, dále na teplotním rozdílu mezi povrchem a místností (přirozená konvekce) a na rychlosti proudění vzduchu v místnosti (nucená konvekce). Hodnoty součinitele přestupu tepla konvekcí se obvykle pohybují v rozpětí 3 až 5,5 W/(m²K). Vliv mechanismů přenosu na celkové sdílení tepla v místnosti je možno vyjádřit kombinovaným součinitelem přestupu; jeho pozdějším využitím při návrhových výpočtech se zabývá nově připravovaná evropská norma prEN 15377. Tab. 1 uvádí hodnoty kombinovaného součinitele přenosu tepla (sálání + konvekce) pro různé druhy sálavého vytápění a chlazení podle Olesena a kol. [2]. Dále tabulka obsahuje také přípustné povrchové teploty a maximální výkony pro různé druhy sálavých systémů.

Hodnoty uváděné v tabulce lze vztáhnout jak na klasické podlahové vytápění tak na aktivní stavební konstrukci. Je však třeba připomenout, že udávané maximální výkony jsou při teplotách aktivní plochy, pohybujících se na hranici hygienicky přípustných hodnot (vycházejících z normy [3]). Z tohoto důvodu lze tyto výkony považovat spíše za teoretické. Zvláště v případě tepelně aktivní stavební konstrukce, která pracuje s teplotou vody bližší teplotě v místnosti než ostatní systémy, bude výkon znatelně

¹⁾ Dept. of Heating, Ventilation and Dust Removal Technology, Silesian University of Technology, Gliwice, Poland

²⁾ Dept. of Building Services, Faculty of Civil Engineering, Slovak University of Technology, Bratislava, Slovakia

³⁾ International Centre for Indoor Environment and Energy, Department of Mechanical Engineering, Technical University of Denmark, Lyngby, Denmark

Tab. 1 Celkový součinitel přestupu tepla, přípustné povrchové teploty a topné/chladicí výkon (pro teplotu v místnosti 20 °C – vytápění a 26 °C – chlazení) podle [2]

Otopná plocha		Celkový součinitel přestupu tepla [W/(m ² K)]		Max./min. přípustná povrchová teplota [°C]		Maximální výkon [W/m ²]	
		Vytápění	Chlazení	Vytápění	Chlazení ^(*)	Vytápění	Chlazení
Podlaha	Okrajová zóna	11	7	35	20	165	42
	Zóna pobytu osob	11	7	29	20	99	42
Stěna		8	8	~40 ^(**)	17	160	72
Strop		6	11	~27 ^(***)	17 ^(***)	42	99

^(*) Povrchová teplota musí být dostatečně vyšší než teplota rosného bodu v místnosti, aby bylo zamezeno kondenzaci vzdušné vlhkosti.

^(**) Teplota prahu bolesti (popálení) je 42 až 45 °C.

^(***) Radiační asymetrie by měla být menší než 5 K.

nižší. Snížení měrného výkonu je však do určité míry kompenzováno velikostí teplosměnné plochy.

Pokud se týká rozdělení topného/chladicího výkonu, jsou zhruba 2/3 celkového výkonu sdíleny stropem a 1/3 podlahou do místnosti nad tepelně aktivní konstrukcí [4]. Přesný poměr rozdělení je samozřejmě závislý na parametrech konstrukce podlahy.

VLIV TEPELNÉ KAPACITY STAVEBNÍ KONSTRUKCE NA CHOVÁNÍ SYSTÉMU

Tepelná kapacita aktivované stavební konstrukce významně ovlivňuje termodynamické vlastnosti otopné/chladicí soustavy a musí být zohledněna při návrhu regulace. Vliv skokové změny teploty vody na přívodu na povrchovou teplotu aktivní plochy vyjadřuje časová konstanta aktivované konstrukce. Pojem časová konstanta je sice všeobecně znám, ale pro jistotu připomeňme, že se jedná o dobu, za kterou, po skokové změně teploty na přívodu, teplota povrchu aktivní konstrukce dosáhne 64 % své nové hodnoty v ustáleném stavu.^{*)}

Znalost časové konstanty umožňuje stanovit křivky náběhu a vychládání stavební konstrukce [5, 6]. Chceme-li změnit povrchovou teplotu aktivní plochy, časová konstanta reprezentuje zpoždění vyplývající z vysoké tepelné kapacity systému. Simulace provozu tepelně aktivní konstrukce využitá pro vytápění v nočním provozu [7] ukázaly, že při zvýšení teploty betonového jádra stropní desky o 1,7 K se projeví na povrchu se zpožděním s časovou konstantou 4,5 h.

NÁVRH SYSTÉMU A HODNOCENÍ JEHO PARAMETRŮ

Vzhledem k dynamickým vlastnostem systému, popsaných v předchozím odstavci, je návrhový výpočet otopného/chladicího výkonu pro ustálené tepelné podmínky (návrhová teplota venkovního vzduchu pro syntetický letní či zimní den) naprosto nepostačující. Důležité je zohlednit dynamiku chování systému v závislosti na změnách venkovních klimatických parametrů. Stejně důležité je také mapovat vývoj parametrů

^{*)} Poznámka recenzenta

Časový průběh teplot v konstrukcích neprobíhá podle exponenciální závislosti $t = f(\tau) = e^{-\tau/T}$ s časovou konstantou, danou 63,2 % konečné teploty. Prvky stavební konstrukce se nechovají jako prvky popsateľné mechanicky diferenciálními rovnicemi prvního řádu. Proto v článku používaná „časová konstanta“ je definovanou veličinou pro účel vyjádření rychlosti ustalování teplot.

určujících podmínky tepelného mikroklimatu (operativní teplota, ukazatelé PMV/PPD).

Toho lze prakticky dosáhnout pouze s využitím počítačové simulace. Schmidt a kol. [8] a Fort [9] se zabývali vytvořením integračních modelů pro podlahové vytápění a tepelnou aktivaci stavebních konstrukcí použitelných pro program TRNSYS. Simulační prostředí IDA Indoor Climate and Energy 3.0 [10] nabízí také možnost simulace vytápění a chlazení trubkovým registrem situovaným v libovolné hloubce pod podlahou místnosti. Software nabízí modul, který je standardně vybaven také regulátorem průtoku a teploty vody na přívodu.

Vedle tohoto existuje též modul vyvinutý Hausrem [11]. Brunello a kol. [12] představil ve své práci matematický model využívající tzv. přenosovou funkci k popisu přenosu tepla mezi teplo-

nosnou látkou uvnitř trubek a okolím. Model zohledňuje proměnlivé tepelné podmínky a umožňuje analýzu vlivu parametrů jako je rozteč trubek a tvar trubkového registru, druh teplosměnné látky, teplota na přívodu a podobně pro různé klimatické podmínky.

VLIV PROVOZNÍCH VLASTNOSTÍ AKTIVNÍCH PRVKŮ NA TEPELNÉ MIKROKLIMA

Protože tepelně aktivní prvky pracují na principu akumulace, jejich aplikace nedovoluje udržovat stálé mikroklimatické parametry v místnosti. Provoz těchto systémů je charakterizován pozvolným růstem operativní teploty v průběhu pracovního dne. Hauser a kol. [13] simuloval několika-poschodovou budovu s tepelně aktivním stropem a ukázal výrazné zlepšení ukazatelů tepelné pohody díky snížení maximálních operativních teplot o 10 K (z 39 na 29 °C) v porovnání s letním provozem bez chlazení. K podobným výsledkům dospěl také Meierhans [14], když ve své práci porovnával výsledky simulace s měřeními vykonanými v kancelářské budově Horgen ve Švýcarsku. Brunello a kol. [12] simulacemi zkoumal příklad typické kancelářské místnosti a výsledky ukázaly, že aplikace systému s akumulací (výrazná redukce špičkové potřeby energie, zejména v režimu chlazení) vede ke teplotám (vzduchu, střední radiační, operativní), které se mírně zvyšují v průběhu dne (přibližně 0,3 K/h), ale stále nevybočují z normou stanovené oblasti tepelné pohody. Olesen a Dossi [15] simulovali v programu TRNSYS multi-dimenzionální přenos tepla v aktivní desce vybavené systémem plastových trubek instalovaných ve středu stropní konstrukce. Simulace zahrnovala dvě evropské lokality – Würzburg (Německo) a Benátky (Itálie). Zkoumány byly různé strategie větrání budovy, regulační algoritmus pro teplotu vody na přívodu a různé provozní doby oběhových čerpadel. V průběhu pracovní doby (obr. 1) se operativní teplota pohybovala většinou mezi 22 až 25 °C, rozptýl operativní teploty splňoval požadavky dané normou [3]. Analýza vlivu provozní doby oběhových čerpadel na teplotní podmínky v budově ukázala, že změna nepřetržitě provozní doby na noční provoz nebo zapínání a vypínání čerpadel v poměru 15/45 minut v průběhu jedné hodiny nemá vliv na průběh teplot v místnosti, ale snižuje spotřebu elektrické energie pro čerpadla až o 70 % [16].

De Carli and Olesen [17] měřili parametry tepelného mikroklimatu ve čtyřech budovách, jedna z těchto budov byla vybavena tepelně aktivní konstrukcí. Tab. 2 shrnuje nejčastější rozsah naměřených operativních teplot a jejich denních fluktuací.

Tab. 2 ukazuje, že operativní teplota se v průběhu pracovní doby v létě pohybovala nejvíce mezi 22 až 24 °C a v zimě mezi 21 až 23 °C. Denní

Tab. 2 Výsledky měření De Carliho a Olesena [17]; budova s tepelně aktivní konstrukcí

Roční období	Operativní teplota [t_o]		Fluktuace operativní teploty	
	Nejčastěji naměřený rozsah t_o [°C]	Trvání nejčastěji naměřeného rozsahu t_o [% prac. doby]	Nejčastěji naměřená rychlost teplotního stoupání [K/h]	Trvání nejčastěji naměřené rychlosti tep. stoupání [% prac. doby]
Zima	20 až 21	17	< 0,1	13
	21 až 23	61	0,1 až 0,2	52
	23 až 24	18	0,2–0,4	34
Léto	21 až 22	13	< 0,1	10
	22 až 24	53	0,1 až 0,2	52
	24 až 26	28	0,2 až 0,4	37

fluktuace operativní teploty dosáhly maximálně 0,4 K/h. Ačkoliv všechny výše uvedené studie ukázaly, že mikroklimatické podmínky byly v mezích stanovených normami, je třeba si uvědomit, že dnes používané normy vycházejí z experimentů prováděných za ustáleného stavu. Neustálené mikroklimatické podmínky mohou ovlivnit tepelné pocity osob, výskyt tzv. Syndromu nemocné budovy, ale také pracovní výkonnost [18]. Proto je jejich působení na člověka stále předmětem intenzivního výzkumu [19].

PŘÍKLAD INSTALACE – CENTRUM PRO UDRŽITELNOU VÝSTAVBU (ZUB), KASSEL, NĚMECKO

Administrativní budova Centra pro udržitelnou výstavbu (ZUB) v německém městě Kassel stojí v areálu místní univerzity. Budova je situována tak, že vhodně vyplňuje prostor mezi staršími budovami v areálu. Hlavní vchod ústí v prosvětlené atrium, které z jedné strany těsně navazuje na cihlovou stěnu vedlejší budovy. V atriu jsou instalována schodiště vedoucí do vyšších poschodí moderní budovy. Budova je rozdělena do tří základních částí, první je prostorný sál v přízemí, vhodný pro pořádání přednášek, výstav, menších konferencí a jiných společenských akcí. Další část budovy slouží jako laboratorní prostory. První a druhé nadzemní podlaží je využito jako kanceláře.

Betonová konstrukce budovy je doplněna středovou zdí z jílových cihel, která svou velkou tepelnou kapacitou a schopností snižovat fluktuace vzdušné vlhkosti pomáhá udržovat příznivé vnitřní klima. Vzhledem k tomu, že podlažní konstrukce budovy jsou tepelně aktivovány, slouží stěna také k instalaci větracího potrubí a inženýrských sítí. Jižní strana budovy je osazena velkými okny ($U = 0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, trojitě zasklení).

Tepelně aktivní stavební konstrukce budovy jsou schematicky zobrazeny na obr. 3. V kancelářích a přednáškovém sále je instalováno také podlahové vytápění/chlazení. Důvodem pro toto řešení je fakt, že budova slouží zároveň jako demonstračně-experimentální zařízení, na kterém se měří a zkoumá vhodnost různých strategií vytápění a větrání. Otopný/chladič okruh v každé z kanceláří je vybaven kvantitativní regulací přívodu teplosné kapaliny (vody).

V zimním období (režim vytápění) je požadovaná vnitřní teplota vzduchu v kancelářích nastavena v rozmezí 19 až 21 °C (19 °C mimo pracovní dobu). Teplota vody na přívodu je regulována v závislosti na venkovní teplotě. Zdrojem tepla je rozvod CZT, ke kterému je budova připojena přes tepelný výměník zajišťující nižší teplotní hladinu. Maximální naměřený výkon potřebný pro vytápění byl 80 W/m².

V letním období (režim chlazení) je požadovaná teplota vzduchu v kancelářích 26 °C. Jako zdroje chladu je užito pouze zemního výměníku,

takže teplota přívodní vody je, při konstantním hmotnostním průtoku okruhem 600 kg/h, dána teplotou podloží. Chladič výkon zemního výměníku výrazně závisí na teplotě a průtoku podzemní vody. Pokud je v místě instalace velmi suchá zemina, může být využitelný chladič potenciál vyčerpán v průběhu několika týdnů. V případě budovy ZUB však instalovaný zemní výměník plně postačuje potřebám chlazení po celé letní období. Počítačové simulace užité při návrhu budovy ukázaly, že pro chlazení budovy by měl postačovat stálý chladič výkon 8 W/m². Maximální naměřený chladič výkon aktivní konstrukce pro budovu jako celek byl 40 W/m².

Z měření teploty vzduchu v kancelářích v průběhu velmi teplého léta v roce 2003 vyplynulo, že pouze ve 4 % pracovní doby došlo ke jejímu zvýšení nad 26 °C.

Obr. 4 ukazuje tři možné alternativy větrání kanceláří objektu. První schéma (obr. 4a) reprezentuje alternativu, kdy je čerstvý venkovní vzduch přiváděn výstupy do kanceláří a odvod vzduchu je řešen přes atrium. Prostřední schéma (obr. 4b) ukazuje možnost obrácení proudění vzduchu, tedy přívod přes atrium a odtaž výstupy ve středové stěně. Tato alternativa je čistě experimentální možnost a její vhodnost je předmětem výzkumu. Přiváděný vzduch je předehříván rekuperačním výměníkem tepla instalovaným ve VZT jednotce. K částečnému předehřevu přiváděného vzduchu dochází také v přiváděcím vzduchovodu instalovaném pod terémem na dvoře objektu. Třetí alternativou (obr. 4c) je přívod vzduchu přirozeným větráním okny kanceláří. Vzduch provětrávající kanceláře proudí mřížkami ve dveřích do atria a dále přirozeným vztlakem ven otvory ve střeše.

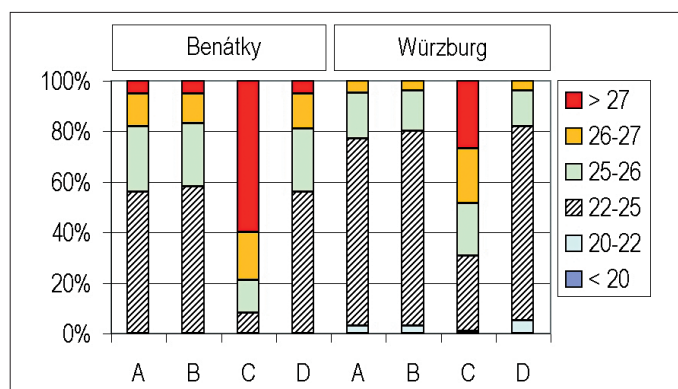
Větrání objektu je řízeno podle aktuální potřeby vzhledem ke kvalitě vnitřního vzduchu. V kancelářích jsou instalována čidla pro měření koncentrace těkavých organických látek (VOC) ve vzduchu. Růst měřené koncentrace vede ke zvyšování otáček motorů ventilátorů VZT jednotky a tím ke zvýšení průtoku přiváděného vzduchu. Regulace zohledňuje vždy prostor s nejvyšší koncentrací škodlivin. V přednáškovém sále je instalováno čidlo koncentrace CO₂. V případě, že koncentrace měřená tímto čidlem překročí hodnotu 600 ppm je přednáškový sál větrán paralelně s kancelářemi. Pokud koncentrace nadále vzrůstá a přesáhne hodnotu 1000 ppm je celá kapacita větracího systému použita k větrání přednáškového sálu a v kancelářích je větrání zajišťováno pouze okny. Větrací systém umožňuje také funkci nočního provětrávání.

Naměřená roční spotřeba energie pro budovu ZUB je zobrazena na obr. 5.

Podle Hausera [21] zavedení regulace větracího systému na základě aktuální potřeby čerstvého venkovního vzduchu pomohlo snížit spotřebu elektrické energie na provoz mechanického větrání zhruba o 50 %.

BARIÉRY PŘI ZAČLEŇOVÁNÍ TEPELNĚ AKTIVNÍCH STAVEBNÍCH PRVKŮ DO KONSTRUKCE BUDOVY

Chceme-li hovořit o problémech, se kterými se můžeme setkat při začleňování tepelně aktivních prvků do konstrukce budovy, musíme se nutně zmínit o tom, že v současnosti se při návrhu budov stále více dostává do popředí filosofie tzv. integrovaného návrhu (většina literatury užívá anglický termín „integrated building design“). Budova a její technická zařízení nejsou chápána odděleně, ale jako jeden celek. Integrovaný návrh tedy obsahuje zejména metodiku jak mají architekt a projektanti technických zařízení budov spolupracovat.



Obr. 1 Distribuce operativní teploty (v % pracovní doby) pro různé strategie provozu tepelně aktivní stavební konstrukce (graf byl vytvořen na základě simulace Olesena a Dossioho [15])

A – teplota na přívodu funkcí venkovní teploty, B – průměrná teplota v trubkovém registru funkcí venkovní teploty, C – průměrná teplota v trubkovém registru 22 °C, D – jako B, ale jiný tvar ekvitermní křivky



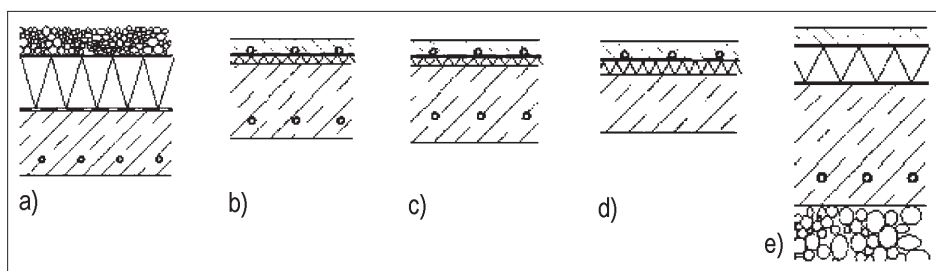
Obr. 2 Centrum pro udržitelnou výstavbu – Kassel, Německo [20]

Tento přístup s sebou nese, kromě zefektivnění a zprůhlednění celého procesu návrhu a realizace, ještě jeden aspekt. Tím je důraz na využití možného spojení funkce stavební konstrukce a technického zařízení budovy. Tepelně aktivní prvky jsou vhodným příkladem uplatnění takového přístupu. Uvažujeme-li o použití tepelně aktivní stavební konstrukce, je třeba si uvědomit, zda je její použití vhodné vzhledem k celkové koncepci budovy (tab. 3).

S celkovou koncepcí budovy souvisí také to, že chceme-li efektivně využívat tepelně aktivní konstrukci, je třeba, aby budova měla malé tepelné ztráty ale i zisky. Důležitý je také pravidelný charakter denního cyklu vnitřních tepelných zátěží (dobře dosažitelné zvláště v kancelářských budovách). To usnadňuje optimalizaci hydraulického zapojení celé soustavy. Budova by měla být vybavena dobře tepelně izolovaným obvodovým pláštěm a účinným stínícím systémem, zejména na jižní straně.

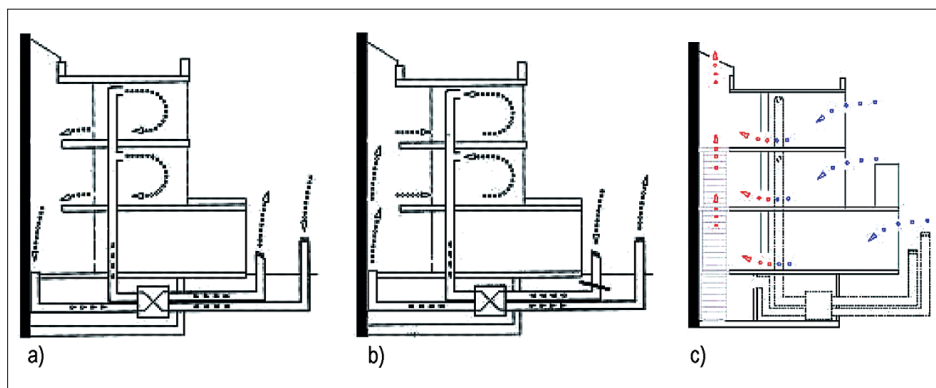
Při návrhu okenního zasklení je vhodné používat skla s hodnotou součinitele prostupu tepla menší než 1,2 W/(m² K), předchází se tím možnosti vzniku proudů chladného vzduchu padajícího podél okna v zimním období, který může být zdrojem lokální nepohody pro obyvatele. Praktické zkušenosti ukazují, že pokud chceme pro vytápění/chlazení použít pouze tepelně aktivní konstrukci, neměla by tepelná zátěž překročit 30 W/m². V budovách splňujících výše uvedené podmínky pracují tepelně aktivní konstrukce po celý rok se stejnou teplotou vody na přívodu. Pokud je teplota v místnosti vyšší než tato teplota, funguje tepelně aktivní prvek v režimu chlazení a naopak. V případě, že se předpokládaná tepelná zátěž pohybuje v rozmezí 40 až 60 W/m², je nutno při návrhu ověřit chování systému dynamickou simulací, která ukáže, zda je výkon systému dostatečný. V budovách, kde tepelná zátěž převyšuje 60 W/m² je většinou nutné instalovat doplňkový systém (např. fan-coil jednotky).

Dalším problémem při instalaci systému může být fakt, že v budově nelze instalovat stropní podhledy, protože celá plocha stropu je využita k přeno-



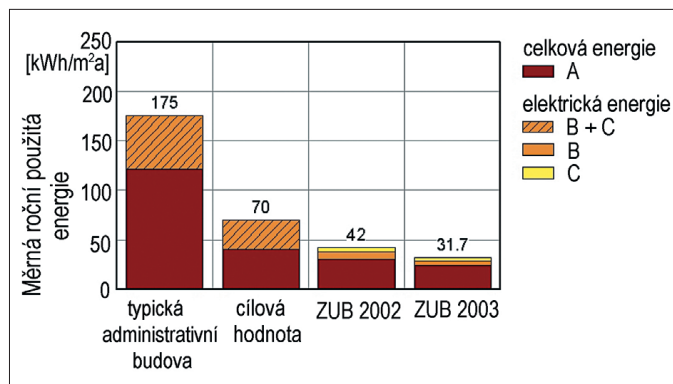
Obr. 3 Pozice trubkového registru v budově ZUB [20]

a) střešní konstrukce, b) konstrukce druhého podlaží (trubky 50 mm pod povrchem stropu), c) konstrukce prvního podlaží (trubky 80 mm pod povrchem stropu), d) konstrukce podlahy přízemí, e) zemní výměník tepla v suterénu budovy



Obr. 4 Různé alternativy větrání objektu ZUB [20]

a) mechanické větrání – přívod do kanceláří, odtah přes atrium, b) mechanické větrání – přívod přes atrium, odtah z kanceláří c) přirozené větrání



Obr. 5 Měrná roční spotřeba energie na vytápění (A), provoz technických zařízení (B) a osvětlení (C) [21]

su tepla sáláním. Výkon systému je už tak limitován plochou stropní konstrukce a není tedy vhodné jej snižovat instalací podhledů, VZT potrubí apod. Potřebné potrubní rozvody lze instalovat do stěn a vedení inženýrských sítí lze velmi vhodně řešit použitím dvojité podlahy. Toto řešení je v některých případech dokonce vyžadováno, například v místnostech, kde jsou instalovány počítačové servery, v „call centrech“ atd. Pečlivý návrh vyžaduje osvětlení, kde je vhodné co nejvíce využít přirozeného denního světla. Pozornost by měla být věnována také akustickému řešení interiéru. Fakt, že nejsou použity stropní podhledy také umožňuje podstatně snížit celkovou konstrukční výšku budovy, což má jednoznačný vliv na investiční náklady.

PERSPEKTIVY VÝVOJE V BUDOUCNOSTI

Technologie tepelně aktivních stavebních konstrukcí je v současnosti plně rozvinutá a technická řešení jsou široce komerčně dostupná zejména v západní Evropě. V blízké budoucnosti můžeme očekávat, že se výrobci tepelně aktivních systémů soustředí zejména na zjednodušení instalace na stavbě a usnadnění koordinace montáže s jinými profesemi. Prefabrikace, která je v současnosti na úrovni jednotlivých modulů trubkového registru, bude pokračovat směrem k přípravě celých stropních bloků s již instalovanými registry, rozdělovači apod.

V oblasti rekonstrukcí a budov s lehkou konstrukcí najde uplatnění systém využívající schopnost materiálů akumulovat teplo skupenskými přeměnami při teplotě okolí 25 až 32 °C. V angličtině je pro tyto materiály užíván název Phase Change Material (zkratka PCM). Nejpopulárnějšími zástupci PCM jsou parafinové vosky. Dlouhodobý test dokázal, že jejich životnost v praxi je přibližně 27 let. PCM mohou být začleněny do stavební konstrukce (strop, stěna) ve formě mikro-kapslí o velikosti 5 až 10 mm. Jen pro ilustraci, přídavná sádrová vrstva tloušťky 50 mm obsahující mikro-kapsle PCM má stejnou tepelnou kapacitu jako betonová deska o tloušťce 300 mm [4]. Sádrový panel s PCM se vkládá do bednicí konstrukce vyztužené ocelovými žebry, která zároveň zvyšují protipožární odolnost a zlepšují přenos tepla z jádra konstrukce na její povrch.

Použití tepelné aktivace není v České republice zatím příliš rozšířeno. Většina kancelářských budov je stále navrhována „klasicky“, mluvíme-li o vytápění nebo klimatizaci. V budovách s prosklenými fasádami jsou navrhovány rozsáhlé klimatizační systémy, jejichž provoz je nejen náročný na elektrickou energii, ale také na údržbu. Tyto systémy jsou navrženy a regulovány tak, aby byly schopny udržovat vnitřní podmínky ve velmi úzkém rozpětí tzv. komfortní zóny. I přes všechnu snahu inženýrů a architektů se stále velmi často setkáváme s nespokojeností uživatelů budovy. Velmi časté jsou stížnosti na obtěžování průvanem, příliš nízké teploty v klimatizovaném prostoru v létě či příznaky tzv. syndromu nemocné budovy. Příklad budovy německého Centra pro udržitelnou výstavbu ukazuje, že systémy využívající samotnou budovu pro úpravu parametrů tepelného mikroklimatu mohou být vhodnou alternativou ke dnes běžně projektovaným řešením. I přes to, že tyto systémy nejsou schopny pracovat tak „přesně“, ve smyslu udržování úzkého rozmezí mikroklimatických podmínek v budově, je jejich provoz obyvateli vnímán příznivě. Přičteme-li k tomu jejich schopnost pracovat s mnohem nižšími energetickými náklady, bylo by možné vhodně se zamyslet nad jejich využitím i v naší republice.

Poděkování:

Autoři by rádi poděkovali profesorovi Bjarnemu Olesenovi a dr. Dietrichu Schmidtovi za poskytnuté materiály a cenné rady.

Tab. 3 Vhodnost použití tepelně aktivní stavební konstrukce vzhledem k celkové koncepci budovy

Koncepční řešení	Vhodnost	Popis
Použití pokročilých fasádových systémů (např. dvoupáskové větrané fasády apod.)	Ano, velmi vhodné	Dvoupáskové fasády zajišťují nezbytné stínění proti solárním tepelným ziskům a zároveň slouží jako účinná tepelná izolace v zimním období. To pomáhá udržovat nízké nároky budovy na chlazení a vytápění a tepelně aktivní stavební konstrukce tak může být využita s velkou účinností.
Aplikace přirozeného větrání	Ano	Přirozené větrání je energeticky nenáročné (odpadá zařízení pro mechanickou dopravu vzduchu) a dává osobám pobývajícím v budově možnost regulovat tepelné mikroklima. Samoregulační schopnost tepelně aktivní stavební konstrukce je v této kombinaci plně využívána.
Kombinované (hybridní) větrání	Ano, s omezeními	Určitým omezením je skutečnost, že celá plocha stropu je využita pro chlazení/vytápění. VZT potrubí musí být vedena skrze stěny, podlahy apod.
Zemní výměníky tepla	Ano, velmi vhodné	Při pečlivém návrhu budovy a vhodném složení podlaží lze eliminovat použití mechanického chlazení.
Vnější stínicí prvky	Ano	Jejich použití je v podstatě nutností. Umožňují redukovat vnější tepelné zisky a tím zefektivnit provoz tepelně aktivních prvků.
Aktivní akustické interierové systémy	Ano, s omezeními	Akusticky pohltivé povrchy instalované na vertikálních plochách nábytku apod. Nesmí však omezit šíření sálavého tepelného toku směrem ke stropu.

Kontakt na autory:

Jakub Kolařík: jak@mek.dtu.dk; Ján Babiak: jan.babiak@gmail.com

Použité zdroje:

- [1] Kolarík, J., Babiak, J. Použití tepelně aktivních prvků stavební konstrukce k vytápění a chlazení kancelářských budov – díl I. Vytápění Vetrání Instalace (1/2006) str. 45–48, ISSN 1210-1389
- [2] EN ISO 7730 International standard: Ergonomics of the Thermal Environment - Analytical Determination of Thermal Comfort by using calculations of the PMV and PPD Indices and local thermal comfort criteria. (2005) International Standard Organization for Standardization, Geneva, Switzerland
- [3] Olesen, B.W. Cooling and heating of buildings by activating the thermal mass with embedded hydronic pipe systems. (2000) ASHRAE-CIBSE, Dublin, Ireland
- [4] Koschenz, M., Lehmann, B. Thermoaktive Bauteilsysteme TABS. (2000) EMPA Duebendorf, Schweiz, ISBN 3-905594-19-6
- [5] Chapman, K. S., Wang, W. Develop Simplified Methodology to Incorporate Thermal Comfort Factors of Temperature Setback/Setup into Inspace Heating and Cooling design Calculations. (2004) Final Project Report, Research project 1114, ASHRAE, Atlanta, USA
- [6] Rekstad, J., Meir, M., Kristoffersen, A. R. Control and Metering in LTH systems. (2003) In: E&B 22
- [7] Babiak, J., Minárov, M., Petráš, D. Principles and calculations of temperature distribution in an active slab depending up various operation modes of TABS using FEM software, In proc: 8th REHVA World congress, Clima 2005, Lausanne, Switzerland
- [8] Schmidt, D., Weber, T., Jóhannesson G. Concrete core cooling and heating – a case study. (2000) Proceedings of Healthy Buildings 2000, Helsinki, Vol. 2
- [9] Fort, K. Type 160: Floor Heating and Hypocaust. (1999) Transsolar Energietechnik GmbH, Stuttgart, Germany
- [10] IDA Indoor Climate and Energy 3.0 (2005) EQUA Simulation Technology Group, Sweden (www.equa.se)
- [11] Hauser, G., Kaiser, J., Rösler, M., Schmidt, D. Energetische Optimierung, Vermessung und Dokumentation für das Demonstrationsgebäude des Zentrum für Umweltbewusstes Bauen. (2004) Abschlußbericht des BMWA Forschungsvorhaben, Universität Kassel, Deutschland
- [12] Brunello, P., De Carli, M., Di Gennaro, G., Zecchin, R. Mathematical modelling of radiant heating and cooling with massive thermal slab. (2001) In proceeding of Clima 2000 conference, Naples, Italy

- [13] Hauser, G., Kempkes, Ch., Olesen, B.W. Computer simulation of the performance of a hydronic heating and cooling system with pipes embedded into the concrete slab between each floor. (2000) ASHRAE Transactions, Vol. 106, ASHRAE Atlanta, USA
- [14] Meierhans, R. A. Slab cooling and earth coupling. 1993 ASHRAE Transactions, Vol. 99, ASHRAE Atlanta, USA
- [15] Olesen, B.W., Dossi, F.C. Operation and Control of Activated Slab Heating and Cooling Systems (2004) CIB World Building Congress
- [16] Deecke, H., Guenther, M., Olesen, B. W. Betonkernaktivierung. (2003) Velta Nordstedt, Germany
- [17] De Carli, M., Olesen, B.W. Field measurements of thermal comfort conditions in buildings with radiant surface cooling systems. (2001) In proceeding of Climate 2000 conference, Naples, Italy
- [18] Kolarik, J., Olesen, B.W., Toftum, J. Human thermal comfort in environments with moderately drifting operative temperatures – state of the art and current research. (2005) In proceedings of Ener-Indoor conference, Gliwice, Poland
- [19] Kolarik, J., Olesen, B.W., Toftum, J. Human thermal comfort and office work performance in environments with moderately increasing operative temperatures. (2006) In proceedings of Healthy Buildings 2006 conference, 207-abstract, Lisbon, Portugal
- [20] De Carli, M., Hauser, G., Schmidt, D., Zecchin, P., Zecchin, R. An Innovative Building Based On Active Thermal Slab Systems. (2003) 58th ATI National Conference, San Martino di Castrozza, Italy
- [21] Hauser, G. Kaiser, J., Schmidt, D. Energy Optimised in Theory and Practice – The Centre for Sustainable Building. (2005) In proceedings to the Sustainable Building Conference, Tokyo, Japan ■

* Produktivita nade vše

Prohlášení, že projekt není dílo a za realizaci odpovídá dodavatel není vždy úspěšné. Určitě je mnoho zkušených montérů, kteří citem dokáží odhalit chyby a nebo se dostanou na samou hranici použitelnosti, ale nic se nemá přehánět. To, že každá realizace, zejména při rekonstrukcích, má své odchylky od projektové dokumentace je běžná věc. Ke každé změně určitě není potřebné volat autorský dozor. Problém nastane, když jsou pominuty zásadní dohody.

Většina starých realizací je silně předimenzována a tak je na rozhodnutí investora a projektanta, jak se k problému postaví. Zda se bude investovat do větší otopné plochy, přejdou na kondenzační provoz, nebo se zvolí řešení se standardními výpočtovými podmínkami. Záleží to na tom, zda se bude postupně rekonstruovat celá soustava, nebo převážná část zůstane zachována. Při rozhodnutí přejít na standardní podmínky to ovšem znamená, že je nutno rozdělit soustavu na samostatné větve s různými vstupními teplotami. Čáru přes rozpočet dobrým úmyslem pak udělá montážní organizace, která buď neví o původní dohodě, nebo ji prostě ignoruje. Nevím jak si jinak vysvětlit počínání, kdy místo samostatného rozvodu z kotelny se samostatnou regulací je rekonstruovaná část napojena na stávající rozvod, který nemá dostatečný průtok, dostatečnou teplotu ani dispoziční tlak. Určitě se tím docílí značných úspor jak finančních, tak lze snáze splnit požadovaný termín.

Výsledkem je ovšem zima v nově rekonstruovaných prostorách. Jediné co pak může projektanta zachránit před popravou je, když investor umí číst projektovou dokumentaci a ne že vydá verdikt podle zjištění, že vytápění je nedostatečné.

P. F.

* Finsko-české aerosolové symposium

se koná spolu s 10. finskou národní aerosolovou konferencí ve dnech 9. až 10. listopadu 2006 v Helsinkách. Místem konání symposia je kampus Kumpula – objekty Dynamicum a Physicum. Hlavním tématem konference je tvorba aerosolu.

Zájemce najde informace o akci a tiskové materiály na adrese www.atm.helsinki.fi nebo v sekretariátu symposia na adrese hilkka.timonen@fmi.fi. (Laj)

* Pollutec 2006

Světová výstava a veletrh o zacházení s odpady se koná letos v Lyonu ve dnech 28. listopadu až 1. prosince. Je přihlášeno 2 400 vystavovatelů z 32 zemí. Do tradiční soutěže je přihlášeno 250 inovací. Největší rozsah veletrhu je věnován problematice vody a pevných komunálních odpadů, menší část se týká znečištění (a čištění) ovzduší. Na veletrhu Pollutec, který se koná každé dva roky a v pořadatelsví se střídá Paříž s Lyonem, je vždy národní den vybrané země. Na letošním veletrhu je jednou ze zemí, které dostanou příležitost se prezentovat, i Česká republika (dále Brazílie, Mexiko a Polsko).

Vstupenku zdarma lze získat na adrese www.pollutec.com. (Laj)

* Ford a biopalivo

Začátkem června proběhla velká reklamní kampaň firmy Ford pod heslem „Biopalivo není budoucnost, pro firmu Ford je to už současnost“. Byl představen nový automobil Ford Focus BioFlex. Tento vůz jezdí na palivo E85, což je směs 85 % bioethanolu a 15 % benzínu. Výrobci připomínají, že firma Ford je pionýrem v používání biopaliv: první automobil, vyrobený před více než sto lety Henry Fordem, jezdil totiž na tzv. „farmářský alkohol“.

www.environment-online.com

(Laj)