

Ing. Pavel KOPECKÝ, Ph.D.
Ing. Kateřina SOJKOVÁ, Ph.D.
ČVUT v Praze, Fakulta stavební,
Univerzitní centrum energeticky
efektivních budov

Agregované tepelné charakteristiky budov

Část 1: Motivace a odvození hlavních charakteristik

Aggregated Thermal Characteristics of Buildings Part 1: Motivation and Derivation of the Main Characteristics

Recenzent
Ing. Marek Ženka, Ph.D.

Tento článek je úvodním ze série článků, jejichž společným jmenovatelem je snaha vyjádřit kvalitu budovy jako celku vhodnými agregovanými tepelnými charakteristikami. Jedná se o charakteristiky, které významně ovlivňují celkovou tepelnou bilanci budovy a budou tedy dobrými prediktory potřeby tepla na vytápění, případně na chlazení celých budov. Agregované tepelné charakteristiky budov mají být spočítatelné ze základních informací o budově, které jsou běžně dostupné nebo odhadnutelné. V tomto úvodním příspěvku se odvozuje, které agregované charakteristiky budovy budou v dalších článcích podrobeny teoretickému rozboru. K teoretickému odvození se používá tepelná bilance budovy v ustáleném a neustáleném stavu. Navazující články budou obsahovat matematickou analýzu vybraných agregovaných veličin, rozbor závislostí a příklady použití.

Klíčová slova: tepelná bilance budovy, agregované tepelné charakteristiky budov

The article is the introduction to a series of articles whose common denominator is to express the quality of a building as a whole by appropriate aggregated thermal characteristics. These are the characteristics that significantly affect the overall energy balance of a building and will therefore be good predictors of heating or eventually cooling demand of the whole building. Aggregated thermal characteristics of the building are to be numerable on the basis of the information about the building which is commonly known or estimable. In this initial contribution it is deduced which aggregated characteristics of buildings will be subjected to the theoretical analysis in the following papers. The heat balance of the building in the steady and unsteady states will be used for the theoretical derivation. The following papers will include a mathematical analysis of the selected aggregated variables, analysis of the dependencies and examples of use.

Keywords: heat balance of the building, aggregated thermal characteristics of buildings

ÚVOD

Současný stav

Spotřeba energie na vytápění a chlazení je jedním z kritérií pro hodnocení budov. Výsledná reálná spotřeba energie je ale často vzdálena teoreticky vypočtené hodnotě. Důvodem pro nesoulad může být odlišnost reálných klimatických podmínek od použitých klimatických údajů ve výpočtu potřeby tepla, reálná kvalita provedení obvodového pláště, reálná kvalita technických systémů budov, nikoliv optimální provozování technických systémů budov, odlišnost provozu od předpokladu v době návrhu a v neposlední řadě vliv uživatelů budov (jejich přítomnost a chování, tj. otevírání oken, používání žaluzií, používání spotřebičů, nastavení teploty apod.). Vypočtená spotřeba energie je proto zatížena nějakou – patrně značnou – nejistotou, která se však zřídka vyčísluje při návrhu budovy. Jsou popsány případy, kdy reálná spotřeba byla až 2,5krát vyšší než vypočtená hodnota [1].

Požadavky na tepelněizolační kvalitu obálky budov dosud rostou. Zvyšování tepelněizolační kvality budov na jednu stranu přináší snižování teoretické potřeby tepla na vytápění. Zvýšení tepelněizolační kvality obálky budovy však také může znamenat snížení její průvzdušnosti, zejména dochází-li k výměně oken [2]. Snížení množství čerstvého vzduchu může vést k příliš vysoké vlhkosti v interiéru [3], příliš vysoké koncentraci CO₂ [4] a dalších škodlivin, a tím ke snížení kvality vnitřního prostředí v budovách. Chybné použití materiálů a stavebních prvků, případně chybné provozování budov, může také vyústit v nekvalitní vnitřní prostředí budov, zbytečnou spotřebu energie při jejich provozování, ba dokonce za určitých okolností v poškození obálky budovy.

Budovy jsou dnes napojeny na distribuční sítě – rozvody elektřiny a některé z nich také na rozvody tepla. Tvoří tak propojený systém se svým okolím. Větší podíl obnovitelných zdrojů bude v budoucnosti přičinou kolísání dostupnosti energie v sítích. Bude snahou co nejvíce vyrovnat propady a nadprodukci řízením energetických zdrojů v síti, ale i řízením poptávky po energii. Budovy mohou na straně poptávky hrát nezanedbatelnou roli. Mohou například nabídnout možnost nabíjení akumulací hmoty v případě energetických přebytků a vybíjení v případě energetického nedostatku [15].

Z výše uvedeného je zřejmé, že složitost budov narostla. Může se stát, že architekt začne být znechucen z přemíry údajů o budově, častých změn normových požadavků, počtu konzultantů, a důležité souvislosti tak budou unikat jeho pozornosti.

Motivace

V minulosti se budovy navrhovaly především na základě předchozí, většinou dlouhodobé zkušenosti. V dnešní době je vývoj nových materiálů, stavebních prvků a technických zařízení budov příliš rychlý na to, aby se taková zkušenost stačila vybudovat. Očekávané tepelně-vlhkostní chování budovy však musí být známo ještě předtím, než padnou rozhodnutí, která lze později v průběhu návrhu jen těžko měnit. Výpočetní hodnocení je jedinou cestou, jak porovnat návrhové varianty.

Dnes jsou dostupné pokročilé modely pro simulaci tepelně-vlhkostního chování budov a stavebních prvků, například [5], [6]. Jejich využití ve fázi návrhu je však málo pružné, náročné na zkušenosti uživatele modelu, čas i finance, a uplatňuje se tedy jen u velkých projektů. Proto se rozvíjejí i zjednodušené simulační metody [7], které nabízejí vyváženější poměr mezi přesností a časovou náročností výpočtu.

Výsledky výpočtů posléze slouží jako podklad pro rozhodnutí, která z variant se bude považovat za optimální. Jednotlivé varianty lze seřadit podle potřeby tepla na vytápění nebo na chlazení, anebo podle jiných kritérií, například celkové energetické náročnosti vyjádřené v primární energii [8]. Pouhé seřazení ale nemožní zdůvodnění, proč je potřeba tepla jedné budovy vyšší než u budovy druhé, proč je vnitřní prostředí u jedné budovy méně kvalitní než u druhé, a podobně.

Každá budova je individuální, ale při pohledu „shora“ jsou si budovy topologicky velmi podobné. Budovy mají obvodový plášť, okna, tvar většiny budov bývá hranatý, střecha je plochá nebo šikmá, uvnitř jsou stropy, podlahy a příčky apod. Předpokládá se proto, že lze odvodit agregované tepelné charakteristiky, které budou dostatečně univerzální a použitelné pro většinu budov.

Během počáteční fáze návrhu budovy mohou být agregované tepelné charakteristiky užitečné pro předběžný výběr návrhových variant z velké množiny existujících řešení (tj. aniž by došlo k výpočtu potřeby tepla). Následně je možné provést výpočty potřeb tepla pouze u takto předem vybraných variant. Výsledné potřeby tepla lze posléze rozřadit podle hodnot agregovaných tepelných charakteristik budovy. Agregované tepelné charakteristiky tak mohou přispět ke zlepšení orientace architekta o dopadech jeho rozhodnutí na tepelné chování budov.

Jednou z dalších možností využití agregovaných tepelných charakteristik budov může být jejich zapojení do rozhodování o přidělení dotace na provedení energeticky úsporných opatření. Výpočet tepelných charakteristik je většinou natolik srozumitelný a jednoduchý, a obvykle nezávislý na klimatických údajích, že dává málo prostoru pro manipulaci.

Agregované charakteristiky mohou také vystupovat jako regresní koeficienty v regresní analýze měřených hodnot spotřeby tepla na vytápění [16]. V tomto případě je vhodné, aby se předem odhadlo pravděpodobné fyzikální rozmezí regresních koeficientů a omezila se tím oblast možných řešení.

Tepelná kvalita obvodového pláště a množství akumulární hmoty ovlivňují schopnost budov ukládat energetické přebytky v konstrukci budovy. V zemích, které již využívají velký podíl obnovitelných zdrojů, se proto rozvíjejí modely pro zjednodušený popis dynamického chování budov, a to i jako popis charakterizující větší sídlištní celky [9]. Dynamické tepelné charakteristiky budov mohou například pomoci odpovědět, jak dlouhé může být přerušení dodávky energie (např. v období, kdy je drahá energie), než vnitřní teplota v budově klesne pod definovanou mez.

Cílem tohoto příspěvku je odvodit, jaké agregované tepelné charakteristiky budov významně ovlivňují jejich tepelnou bilanci.

TEPELNÁ BILANCE BUDOVY

Tepelná bilance budovy zahrnuje následující tepelné toky (viz obr. 1):

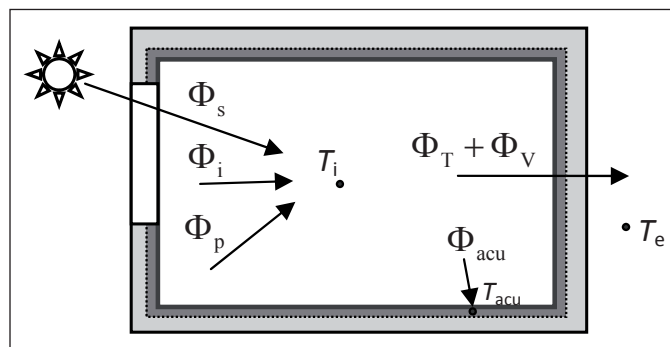
- tepelné zisky od oslunění Φ_s , od vnitřních zdrojů tepla Φ_i (teplota od osob a elektrického vybavení), od soustavy vytápění a chlazení Φ_p (teoretický výkon zdroje tepla);
- akumulaci tepla Φ_{acu} ;
- tepelné ztráty – tepelný tok prostupem tepla přes obvodové konstrukce Φ_T a tepelný tok větráním Φ_V .

Tepelná bilance budovy může být zapsána jako:

$$\Phi_s + \Phi_i + \Phi_p - (\Phi_T + \Phi_V) - \Phi_{acu} = 0 \quad [W] \quad (1)$$

Celkové tepelné ztráty můžeme vyjádřit jako:

$$\Phi_T + \Phi_V = (H_T + H_V)(T_i - T_e) = H(T_i - T_e) \quad [W] \quad (2)$$



Obr. 1 Tepelná bilance budovy

Fig. 1 Heat balance of a building

kde je:

- T_e venkovní teplota,
- T_i vnitřní teplota,
- H celkový měrný tepelný tok budovy (prostup tepla přes obálku + větrání) [W/K].

Solární tepelné zisky do budovy lze vyjádřit jako:

$$\Phi_s = A_s G_{gh} \quad [W] \quad (3)$$

kde je:

- G_{gh} globální ozáření na vodorovnou rovinu [W/m^2],
- A_s charakteristika, která je nazývána jako plocha solární apertury celé budovy [m^2]. Základní rozbor plochy solární apertury celé budovy je uvedený v [10].

Akumulace tepla probíhá v každém stavebním prvku, ale ne každá vrstva je stejně důležitá z hlediska vlivu na tepelné chování budovy. Velmi důležité jsou vrstvy, které se podílí na ukládání tepelných zisků působících přímo v interiéru (solární a vnitřní zisky). Protože solární, ale často i vnitřní zisky působí s periodou jednoho dne, na tlumení denního kmitu vnitřní teploty se podílí vrstvy do hloubky pouze několika centimetrů od interiéru. Během dne se díky působení solárních a tepelných zisků akumulární hmota ohřívá, zatímco v noci se akumulované teplo uvolňuje zpět do interiéru. Tepelný tok do akumulární hmoty lze zjednodušeně vyjádřit jako:

$$\Phi_{acu} = C \frac{dT_{acu}}{dt} \quad [W] \quad (4)$$

kde je:

- C účinná tepelná kapacita akumulární hmoty budovy [J/K],
- T_{acu} průměrná teplota akumulární hmoty ve styku s vnitřním prostředím.

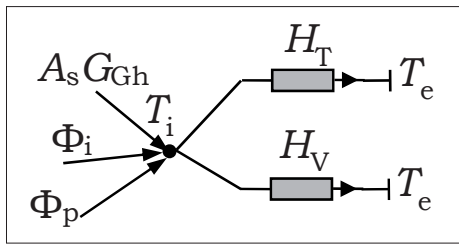
Odvození agregovaných tepelných charakteristik budovy z předpokladu ustáleného stavu

Pokud zvolíme časový krok výpočtu dostatečně dlouhý, střední hodnota tepelného toku do akumulární hmoty Φ_{acu} se blíží nule, rovnici (1) lze proto zapsat jako:

$$\Phi_s + \Phi_i + \Phi_p - (\Phi_T + \Phi_V) = 0 \quad [W] \quad (5)$$

Všechny tepelné toky v rovnici (5) jsou uvažovány jako průměrné hodnoty za dostatečně dlouhé časové období. V technické praxi se obvykle používá časový krok jednoho měsíce. Rovnice (5) vlastně předpokládá ustálený teplotní stav během časového kroku.

Po dosazení rovnic (2) a (3) do rovnice (5) a algebraické úpravě vzhledem k T_i dostaneme:



Obr. 2 Elektrická analogie tepelné bilance budovy (ustálený stav)

Fig. 2 Electrical analogy of the building heat balance (steady state)

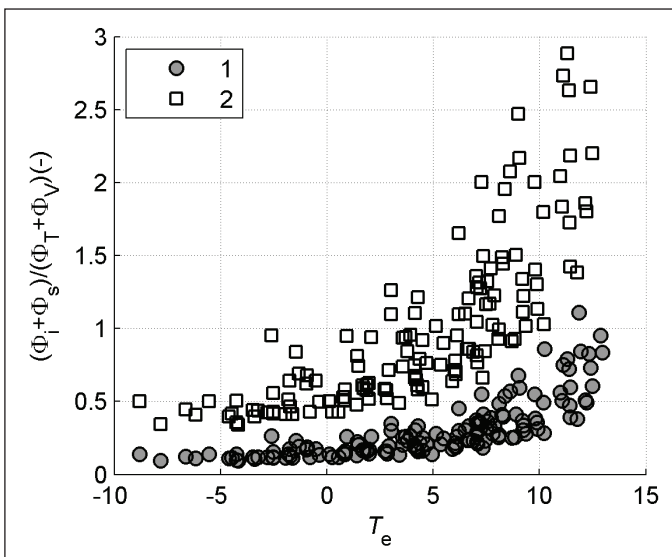
$$T_i = T_e + \frac{A_s G_{Gh}}{H} + \frac{\Phi_i + \Phi_p}{H} \quad [^\circ\text{C}] \quad (6)$$

Průměrná teplota uvnitř budovy během časového kroku výpočtu je tedy ovlivněna dvěma parametry, které závisí na stavebním řešení budovy: celkovým měrným tepelným tokem H a poměrem plochy solární apertury a měrného tepelného toku A_s/H .

Při návrhu se budovy hodnotí nejen podle vnitřní teploty, ale častěji podle měrné potřeby tepla na vytápění. Pro porovnání s jinými budovami se potřeba tepla vztahuje ke vhodné geometrické charakteristice budovy. Tradičně to bývá podlahová plocha. Podlahových ploch však může být definováno více, existuje problém se započítatelností schodišť a místností se sníženou výškou a definice tak není jednoznačná. Jednoznačnou a snadno stanovitelnou referencí je vytápěný objem budovy stanovený z celkových vnitřních rozměrů [11]. Pokud se rovnice (6) podělí vytápěným objemem budovy a vyřeší vzhledem k Φ_p , dostaneme:

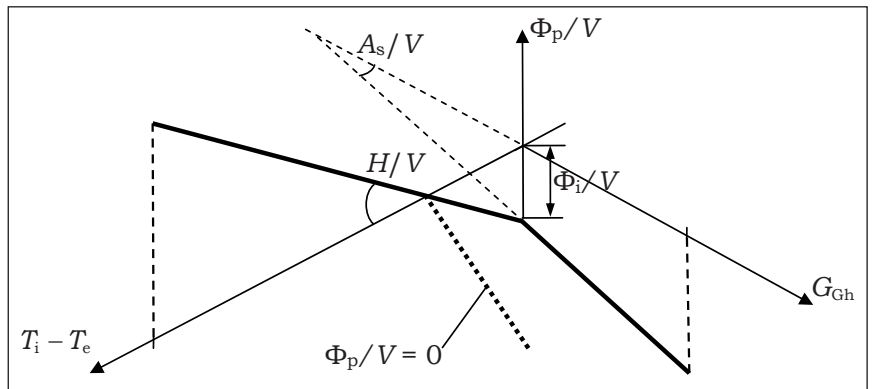
$$\frac{\Phi_p}{V} = \frac{H}{V}(T_i - T_e) - \frac{A_s}{V}G_{Gh} - \frac{\Phi_i}{V} \quad [\text{W/m}^3] \quad (7)$$

Podíl H/V vyjadřuje tepelnou ztrátu budovy při teplotním rozdílu 1 K vztahenou na 1m^3 vytápěného objemu (rozměr $\text{W}/(\text{m}^3\text{K})$). Veličina byla v minulosti již používána a nazývána jako celková tepelná charakteristika budovy [12]. Podíl A_s/V vyjadřuje podíl plochy solární apertury budovy



Obr. 4 Podíl tepelných zisků a tepelných ztrát pro modelový panelový dům rozříděný podle venkovní teploty (1 – původní stav, 2 – doporučené hodnoty součinitelů prostupu tepla pro pasivní domy dle [13])

Fig. 4 The ratio of heat gains to heat losses for the panel-house model, categorized according to the outside temperature (1 – original state, 2 – recommended values of overall heat transfer coefficients for passive houses according to [13])



Obr. 3 Průměrný měrný výkon vytápění

Fig. 3 Average specific heat output of the heating system

a objemu budovy (rozměr m^2/m^3). U většiny budov (obecně u obytných, kancelářských a školských) lze předpokládat, že velikost vnitřních zisků souvisí s počtem osob uvnitř budovy. Třetím ovlivňujícím parametrem tedy v případě těchto budov může být počet osob vztahený na metr krychlový obestavěného prostoru (rozměr osoby/ m^3). Pokud by poměry H/V a A_s/V byly konstantami, rovnice (7) vyjadřuje rovinu, viz obr. 3. Sklon roviny je vůči ose x definován poměrem H/V , vůči ose y poměrem A_s/V a rovina je celá posunutá o měrný výkon vnitřních zisků směrem dolů.

Některé situace, které mohou v rovnici (7) teoreticky nastat, je vhodné zdůraznit:

- Tepelná ztráta může být dominantním členem v bilanční rovnici. Tepelné zisky, jak vnitřní, tak solární, jsou tedy v porovnání se ztrátou zanedbatelné. Průměrný výkon vytápění je v tomto případě úměrný celkovému měrnému tepelnému toku. Toto může být přiměřený předpoklad pro budovy v chladném klimatu, zejména staré ještě nezateplené budovy (viz obr. 4, body označené jako „1“).
- Velikost tepelných ztrát a tepelných zisků si jsou podobné, a tedy tepelné zisky nemohou být zanedbány. Všechny nové budovy splňující nynější tepelně-technické požadavky (a to i v chladném podnebí) patří do této skupiny (viz obr. 4, body označené jako „2“). Se vzrůstající tepelněizolační kvalitou budov vzrůstá potřeba pečlivého stanovování solárních zisků.

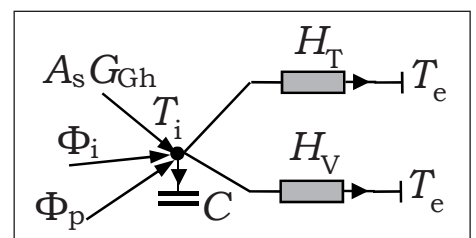
Odvození agregovaných tepelných charakteristik budovy z předpokladu neustáleného stavu

Dynamické tepelné charakteristiky lze odvodit z tepelné bilance budovy v neustáleném stavu. Po dosažení rovnic (2), (3) a (4) do rovnice (1) dostaneme:

$$C \frac{dT_i}{dt} = \Phi_s + \Phi_i + \Phi_p - H(T_i - T_e) \quad [\text{W}] \quad (8)$$

kde C je účinná tepelná kapacita budovy $[\text{J/K}]$.

Výraz na levé straně rovnice (8) je modelem akumulace tepla v budově. Zjednodušeně se předpokládá, že akumulací hmoty uvnitř budovy je okamžitě dostupná k akumulaci tepla (tj. že platí $T_{acu} = T_i$). Účinná tepelná kapacita není



Obr. 5 Elektrická analogie tepelné bilance budovy (neustálený stav)

Fig. 5 Electrical analogy of the building heat balance (transient state)

celkovou tepelnou kapacitou všech stavebních prvků, ale je odvozena z předpokladu, že na tlumení denního kolísání vnitřní teploty se nejvíce podílí relativně tenká vrstva u vnitřního povrchu stavebních prvků. Velikost účinné tepelné kapacity souvisí zejména s materiály použitými na vnitřní povrchy v budově.

Po dosažení rovnice (3) do rovnice (8) a algebraické úpravě vzhledem k T_i dostaneme:

$$T_i(t) = T_e + \frac{A_s}{H} G_{\text{gh}} - \frac{C}{H} \frac{dT_i}{dt} + \frac{\Phi_i + \Phi_p}{H} \quad [^\circ\text{C}] \quad (9)$$

kde poměr C/H [s] se nazývá časová konstanta budovy [14].

Dalšími parametry, které ovlivňují průběh vnitřní teploty, jsou poměr A_s/H a samotný měrný tepelný tok budovy H .

Pokud se rovnice (9) vydělí vytápěním objemem budovy a vyřeší vzhledem k Φ_p , dostaneme:

$$\frac{\Phi_p(t)}{V} = \frac{H}{V}(T_i - T_e) - \frac{A_s}{V} G_{\text{gh}} - \frac{\Phi_i}{V} + \frac{C}{V} \frac{dT_i}{dt} \quad [\text{W/m}^3] \quad (10)$$

Mimo charakteristiky, které jsou již známé z předchozího rozboru (H/V , A_s/V), se v rovnici (10) objevila charakteristika nová. Jedná se o poměr účinné tepelné kapacity budovy a vytápěného objemu C/V (rozměr $\text{J}/(\text{m}^3\text{K})$).

SHRNUTÍ

Odvozené agregované charakteristiky celé budovy jsou shrnuty v tab. 1.

Tab. 1 Agregované tepelné charakteristiky budov

Tab. 1 Aggregated thermal characteristics of buildings

Ovlivňující měrný výkon vytápění Φ_p/V [W/m ³]			Ovlivňující vnitřní teplotu T_i [°C]		
Název	označení	fyzikální rozměr	Název	označení	fyzikální rozměr
celková tepelná charakteristika budovy	H/V	W/(m ³ K)	celkový měrný tepelný tok budovy	H	W/K
měrná plocha solární apertury budovy	A_s/V	m ² /m ³	podíl plochy solární apertury a měrného tepelného toku	A_s/H	m ² K/W
objemová tepelná kapacita budovy	C/V	J/(m ³ K)	časová konstanta budovy	C/H	s

H [W/K]...celkový měrný tepelný tok budovy

A_s [m²]...plocha solární apertury budovy

C [J/K]...účinná vnitřní tepelná kapacita budovy

V [m³]... vytápěný objem budovy

ZÁVĚR

V tomto článku byly odvozeny agregované tepelné charakteristiky budovy, které ovlivňují její tepelnou bilanci, tj. ovlivňují průběh vnitřní teploty (komfort uživatelů) a měrný výkon vytápění nebo chlazení (energetická náročnost). V následujících samostatných článcích budou jednotlivé agregované tepelné charakteristiky budov podrobeny matematické analýze. Budou uvedeny příklady dokumentující historický vývoj parametrů podle doby výstavby a kategorie budov.

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

Poděkování: Tento článek vznikl za podpory Evropské unie, projektu OP VaVpI č. CZ.1.05/2.1.00/03.0091 – Univerzitní centrum energeticky efektivních budov.

Použité zdroje:

- [1] De WILDE, P. The gap between predicted and measured energy performance of buildings: A framework for investigation. *Automation in Construction*. 2014, č. 41, s. 40–49.
- [2] RŮŽIČKA, J., a kol. *Vybrané vlastnosti přírodních a dalších stavebních materiálů, stavebních prvků a budov* (kap. 6.2). Závěrečná zpráva projektu 122 142 0507 MPO EFEKT. Praha, Fakulta stavební ČVUT v Praze, 2011.
- [3] ZMRHAL, V., ŠTÁVOVÁ, P. Bilance vlhkosti v obytném prostředí. *Vytápění, větrání, instalace*. 2011, roč. 20, č. 3, s. 104–107. ISSN 1210-1389.
- [4] ZMRHAL, V., BEGENI, M. Větrání učebny základní školy. *Vytápění, větrání, instalace*. 2014, roč. 23, č. 4, s. 180–183. ISSN 1210-1389.
- [5] Simulační software TRNSYS [software]. Dostupné z: <http://www.trnsys.com>
- [6] Simulační software ESP-r [software]. Dostupné z: <http://www.esru.strath.ac.uk/Programs/ESP-r.htm>
- [7] KOPECKÝ, P. Experimental validation of two simplified thermal zone models. In: *Proceedings of NSB2011 9th Nordic Symposium on Building Physics, Tampere, Finland, 29. May – 2. June 2011*. Tampere: Tampere University of Technology, 2011. Vol. 1, p. 139–146. ISBN 978-952-15-2575-9.
- [8] Vyhláška 78/2013 o energetické náročnosti budov.
- [9] BAETENS, R., de CONINCK, R., van Roy, J., VERBRUGGEN, B., DRIESEN, J., HELSEN, L., SAELENS, D. Assessing electrical bottlenecks at feeder level for electrical net zero-energy buildings by integrated system simulation. *Applied Energy*. 2012, č. 96, s. 74–83.
- [10] KOPECKÝ, P. Plocha solární apertury celé budovy. In: *Sborník příspěvků konference Tepelná ochrana budov, Vysoké Tatry, 2015*.
- [11] ČSN EN ISO 13789 Tepelné chování budov – Měrné tepelné toky postupem tepla a větráním – Výpočtová metoda. 2009.
- [12] ČSN 730540-2 Tepelná ochrana budov – Požadavky. 1994.
- [13] ČSN 730540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky. 2011.
- [14] ČSN EN ISO 13790 Energetická náročnost budov – Výpočet spotřeby energie na vytápění a chlazení. 2009.
- [15] REYNDERS, G., NUYTTEN, T., SAELENS, D. Potential of structural thermal mass for demand-side management in dwellings. *Building and Environment*. 2013, č. 64, s. 187-199.
- [16] BAUER, M., SCARTEZZINI, J., I. A simplified correlation method accounting for heating and cooling loads in energy-efficient buildings. *Energy and Buildings*. 1998, č. 27, p. 147-154. ■

Výškové domy ze dřeva

Nejméně 40 podlaží by měl mít celodřevěný výškový dům podle rady Council on Tall Buildings and Urban Habitat (CTBUH) se sídlem na Illinois University of Technology v Chicagu. Podle CTBUH by měl být připraven „Jízdní řád pro výškové domy stavěné ze dřeva“.

Německé stavebnictví je vůči dřevěným výškovým domům dosud zaujato. Problém spočívá v chybějících stavebních předpisech. Například v ochraně proti požáru se čas počítá v minutách. Protože dřevo je proti betonu hořlavé, jsou v Německu povoleny dřevěné domy nejvýše pětipodlažní, aby i obyvatelé nejvyššího podlaží měli dost času dřevěný dům při zahoření opustit. Je však známo z praxe, že zatímco dřevěné trámy vydrží při požáru déle, ocelové nosníky se zhroutí.

Z hlediska energetické bilance stojí výroba každých 10 kg betonu až 9 kg emisí skleníkových plynů, zatímco výroba dřeva a stavba ze dřeva sotva desetinu a šetří energii při vytápění. Dřevěné stavby jsou lehčí, mají vyšší pevnost, tlumí hluk a jsou z větší části recyklovatelné. Třetina roční těžby dřeva v Německu by stačila na výstavbu všech novostaveb ze dřeva. V současné době je v Německu asi 16 % novostaveb ze dřeva, malých staveb převážně volně stojících rodinných domků.

Pramen: CCI 01/2015, s. 4

(AB)