

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Tepelná stabilita obytných budov
Jméno autora:	Bc. Martin Pich
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta stavební (FSv)
Katedra/ústav:	Katedra konstrukcí pozemních staveb
Oponent práce:	Ing. Kateřina Sojková, Ph.D.
Pracoviště oponenta práce:	UCEEB, ČVUT v Praze

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	průměrně náročné
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Náročnost zadání odpovídá požadavkům závěrečné vysokoškolské práce. Práce přináší množství analýz, jejichž závěry by si stavební inženýr měl uvědomovat v praxi v souvislosti s problematikou v oblasti snižování energetické náročnosti a otázkami uživatelského komfortu.	

Splnění zadání	splněno
<i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena.</i>	
Zadání bylo splněno.	

Zvolený postup řešení	správný
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Postup i metody byly zvoleny správně.	

Odborná úroveň	B - velmi dobře
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů.</i>	
<i>Posuďte též schopnost studenta vnímat řešenou problematiku v širších souvislostech a aplikovat inženýrský přístup při řešení</i>	
Student prací ukazuje, že je schopen aplikovat znalosti získané studiem a z podkladů a na základě výsledků simulací činit přiměřené závěry. Vnímání problematiky je většinou dostatečně široké, avšak místy přece jen chybí dílčí komentáře propojující konkrétní závěry z modelového domu s obecnějšími případy ve stavební praxi či širšími souvislostmi.	

Formální a jazyková úroveň, srozumitelnost práce	B - velmi dobře
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku práce a její celkovou srozumitelnost</i>	
Formální úroveň je v pořádku. Práce je poměrně jasně a logicky strukturována, pouze na několika místech v kapitolách 2.4, 2.5 a 3 se stalo, že logicky očekávané informace byly v jiné kapitole. Bylo by vhodné se v textu odkazovat se na čísla obrázků, grafů a tabulek. Po jazykové stránce lze mírně vytknout práci s větnými čárkami, jinak je text celkem v pořádku. Po typografické stránce trochu pokulhává způsob psaní veličin a fyzikálních jednotek. Na některých místech, zejm. kde je kombinace obrázků umístěných v textu a názvů podkapitol, je na první pohled trochu hůře přehledný tok textu. Popisky obrázků a tabulek by si zasloužily větší písmo. I přes několik případů méně srozumitelné nebo ne zcela přesné formulace se ale práce poměrně dobře a lehce čte.	

Výběr zdrojů, korektnost citací	B - velmi dobře
<i>Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Posuďte výběr pramenů. Ověřte, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi.</i>	
Citace jsou na solidní úrovni, výběr pramenů je adekvátní tématu práce. U zdrojů 12 a 13 chybí ISSN, u zdroje 14 zcela chybí informace, kde/zda byl zdroj publikován. Způsob citování v textu je v pořádku.	

Další komentáře a hodnocení

V textu jsou místy drobné nesrovnalosti, např. v kap. 2.3 se uvádí, že používané materiály a technologie u BD a RD jsou v průběhu století shodné, což ovšem neplatí pro období masivní panelové výstavby bytových domů. Na str. 21 je řečeno, že dům má na severní straně nejmenší plochu oken, ale podle Tab. 14 na str. 22 je nejmenší plocha na východ a západ.

V kap. 2.4 na str. 23 je uvedeno, že pro výpočet účinné tepelné kapacity se u obvodových konstrukcí použije hloubka penetrace 100 mm, ale na str. 21 je uvedeno, že pro potřeby výpočtu tepelně akumulčních schopností konstrukcí je pod podlahou uvažována vrstva zeminy vysoká 1 m. Bylo by vhodné vyjasnit, jakým způsobem se tedy zemina ve výpočtech uplatní.

Nesedí jednotky ve vzorcích 2.11 a 2.13 ve vztahu k uvedeným jednotkám veličin.

V kap. 2.4 jsou mezi sledovanými parametry zařazeny i Celková tepelná charakteristika budovy a Objemová tepelná kapacita, avšak kromě souhrnu vlastností budov v kap. 2.5 se v analýzách dále textu s těmito parametry nijak nepracuje. Byly do práce zavedeny kvůli plánovanému porovnání budov různých velikostí?

V kap. 2.5 *Souhrn tepelně-technických vlastností budov* jsou vlastnosti vyhodnoceny pro modelovou budovu v uvažovaných časových obdobích, avšak formulace závěrů o vývoji charakteristik v průběhu 20. století budí dojem, jako by se vztahovala na výstavbu obecně. To však není úplně pravda, řadu výsledků v této kapitole ovlivňují zjednodušená vnesená použitím stejné geometrie modelové budovy pro všechna období. Např. vývoj tepelné kapacity by byl jistě do určité míry ovlivněn i velikostí prosklených ploch. Ta je u soudobých staveb větší (což student v kap. 2.3 zmiňuje), avšak v porovnávaných hodnotách tepelné kapacity to díky jednotné modelové budově není zohledněno. Přesto však závěry na základě této zjednodušené situace tvrdí, že „tepelná kapacita obytných budov se v průběhu století výrazně nezměnila“. Rovněž rozdělení kapacity mezi vnitřní a vnější konstrukce je dáno zvolenou dispozicí modelové budovy a nemusí tedy platit obecně, jak se z formulací zdá.

Komentář u Grafu 8 na str. 28 týkající se procentuálních poměrů není správně: např. E.1 je oproti C větší cca 5,5 x, tj. je větší o 450 %, nikoliv o 80 %, jak se píše v textu. Podobně mezi objekty E.1 vs. D a E. Titulek grafu 8 je zapomenutý zkopírovaný z Grafu 7.

Kap. 3.1.2 *Přehřívání objektu* – zde se píše, že ochranou mohou být žaluzie či rolety. Proč není zmíněno stínění pevnými překážkami (markýzy, žebra, vegetace...)?

Uvádí se, že jsou použity dva modely – zjednodušený a simulační. Zjednodušený model není simulační? Proč?

U podrobného simulačního modelu na str. 34 chybí popis veličin použitých ve schématu modelu v Obr. 10, není uveden ani v Seznamu použitých symbolů a značek. Ze schématu není patrný ani způsob stanovení tepelného toku podlahou na zemině. Student se odkazuje na popis modelu v literatuře [14], avšak u tohoto zdroje zcela chybí informace, kde/zda byl zdroj publikován a zda je tedy popis modelu vůbec čtenáři dostupný.

V práci chybí komplexní informace o způsobu větrání budov. V kapitole 3.3.1 věnované zimní modelové situaci se uvádí, že se předpokládá přerušování dodávky všech energií do budovy, a proto i nucené větrání je nulové. Avšak není již nikde informace o tom, zda se nucené větrání pro jednoduhost předpokládá u všech, tedy i historických objektů, nebo zda jsou nuceně větrány pouze budovy D a E, zatímco u historických budov A–C je zachováno přirozené větrání. Navíc, ačkoliv se jedná o zjednodušené matematické modelování s řadou zjednodušujících předpokladů, je třeba si uvědomit, že v dlouhodobém horizontu budovy s pobytem lidí nemohou zůstat nevětrané. Tedy i při výpadku nuceného větrání by bylo třeba v reálné situaci zachovat alespoň nějakou minimální přirozenou výměnu vzduchu. Z práce však není jasné, zda tato úvaha byla či nebyla nějak výpočtově zohledněna. Pro letní modelovou situaci je uvedena pouze informace o intenzitě nočního větrání, avšak o režimu větrání přes den informace chybí. Dále není patrné, zda se tepelná ztráta výměnou vzduchu netěsnostmi uplatní pouze při vypnutém nuceném větrání, nebo zda je v modelu zahrnuta jako stálá součást tepelné ztráty větráním; z uvedených vztahů to není zřejmé. Není uvedeno, z čeho vyplývá násobitel n_{50} pro výpočet výměny vzduchu netěsnostmi rovný 1/20, resp. 1/40 (rovnice 3.11 a 3.14).

Vhodné by bylo uvést i další vstupní údaje, jako je např. objem vnitřního vzduchu, plochy konstrukcí atd.

Kap. 3.3.1 Zimní modelové situace – Teplota v zemině pod podlahou je převzata ze zdroje pro velmi dobře izolovanou podlahu, avšak u podlahy zcela bez izolace (u období A–C) se teplota může výrazně lišit.

Kap. 3.3.2 Letní modelové situace – z čeho vyplývá maximální výkon chlazení 9 kW (str. 38)? Pakliže je nastaven s dostatečnou rezervou a neměl by u žádného modelového objektu nastat, jak se uvádí v textu, jedná se z výpočetního pohledu spíše o neomezený výkon zdroje chladu.

V práci je nejednoznačně vymezení pojmů teplot: Veličina T_i je v nomenklatuře popsána jako vnitřní teplota, ale v textu, např. v kap. 3.4.1, popisována jako teplota vnitřního vzduchu. Rovněž v legendě grafů s výsledky je zmiňována vnitřní teplota, ale v textu dále se píše o teplotě vnitřního vzduchu.

V textu se píše, že teplota prvního uzlu v obvodových konstrukcích se rovná teplotě vnitřního vzduchu, ale z obrázků to vypadá, že je nižší a odpovídá spíše rozložení teplot v konstrukci v ustáleném stavu, stejně jako u druhého uzlu. Proč teplota druhého uzlu není odvozena přímo z tepelných vodivostí/odporů vrstev, a tedy průběhu teplot v ustáleném stavu, ale pomocí jakéhosi neprůhledného poměru 1/4, resp. 1/20 rozdílu teplot?

Někdy i při velmi malých rozdílech výsledků mezi variantami student situaci okomentuje, že „var. X má největší Y“, což může být zavádějící. Např. u Opatření 5 na str. 55 se píše, že „největší amplituda v denním cyklu je u objektu E.2“, ale přitom rozdíly od druhé (B) a třetí (A) varianty jsou pouze 0.4 °C, resp. 0.6 °C. I podle grafického znázornění jsou si průběhy všech variant kromě E.1 velmi blízko, avšak toto zhodnocení zde naopak chybí (přitom u Opatření 3, kde se průběhy liší více, je tento závěr učiněn). Obdobně je to např. u množství energie spotřebované na chlazení (Opatření 6), kde je konstatováno, že nejmenší je u var. B, ale rozdíl je oproti A je přitom nepatrný; vhodnější by byl závěr, že nejmenší je u var. A a B, z čehož by bylo patrné, že tyto varianty jsou přibližně srovnatelné. Podobné je to např. i se zhodnocením časové konstanty, kde se objekty E.2 a D liší jen lehce, ale přesto se některé z analýz výsledků odkazují na to, že ačkoliv má objekt E.2 má menší časovou konstantu než D, chovají se „opačně“.

Nepřesnosti ve formulacích: „Teplota překročí kritickou hranici v sedmém sledovaném dni“ (str. 54), ale přitom se tvrzení vztahuje k průměrné teplotě, nikoliv k okamžitým hodnotám teploty, což může být dost zásadní rozdíl. Dále tvrzení, že „V letní modelové situaci s aktivním chlazením je udržována teplota 27 °C“ (str. 56) není přesné – jedná se o omezení maximální teploty, nikoliv o udržování teploty, což by znamenalo, že teplota je po celou dobu rovna 27 °C.

Ve výsledcích k Chlazení (Opatření 6 a 7) chybí informace o maximálním chladicím výkonu potřebném pro udržení komfortu v jednotlivých variantách modelového domu. Jedná se o důležitý návrhový parametr zdroje chladu a vedle celkové energie potřebné pro chlazení by byl cennou informací.

Komentáře v kap 4.3.3 „Vliv opatření na jednotlivé modelové objekty“ jsou, kromě varianty E.2, pouze mechanické vyplnění hodnot do stejných vět. Chybí individuální posouzení výsledků, vypíchnutí charakteristických jevů pro ten který objekt. Navíc u většiny variant je uvedeno, že nejnižší teploty jsou dosaženy u varianty se 100% stíněním, avšak nejnižší jsou při 100% stínění s nočním větráním.

V kap. 4.3.4 není řečeno, pro jaký stav/opatření jsou průběhy stanoveny, čtenář se může jen domnívat na základě porovnání hodnot s předchozími grafy, že se jedná o výchozí stav bez jakýchkoliv opatření.

S ohledem na průběhy v kapitole 4.3.4 by byla na místě úvaha o hodnocení letní tepelné stability běžně používanou zjednodušenou metodou podle normy ČSN EN ISO 13792. Zamyšlení nad realitou normového modelu by bylo cenné.

Bylo by vhodné doplnit závěrečné zhodnocení úvahou v souvislostech s předpokládaným vývojem klimatu.

Jednotný tvar modelového domu umožňuje nikoliv lepší porovnatelnost napříč stoletím, jak se tvrdí v kap. 4.4.1, ale lepší obecnou porovnatelnost pouze ve vztahu k hlavním parametrům budovy (kapacita, čas. konstanta, tep. tok). Lepší porovnatelnost napříč stoletím by naopak umožnilo zahrnutí dobových zvyklostí staveb, např. co se velikosti oken týče ap.

Analýza vlivu velikosti oken by pro stavebníky a architekty mohla být zajímavým a cenným vodítkem, ale v rámci udržení určitého rámce práce je pochopitelné, že tento parametr nebyl analyzován.

Trochu v závěrech chybí některé přesahy, např. že noční větrání nelze použít vždy – v případě přirozeného větrání to může být z důvodu bezpečnosti či třeba hluku z dopravy, nucené větrání zase není možné vždy navrhnout na potřebný výkon (cena za násobně větší jednotku, spotřeba energie na pohon ventilátorů, nadměrný hluk). Rovněž analýza reálných provozních souvislostí chybí (stínění, větrání přes den).

Kap. 4.4.4 co znamená, že se ve zvoleném období stále zvyšuje solární intenzita?

Kap. 5 Závěr „V zimě se význam vnitřních konstrukcí s vysokou tepelnou kapacitou projeví nejvíce v lehkých objektech“ – na základě čeho je toto odvozeno, takový případ modelován nebyl – lehký byl pouze pasivní dům a v něm bylo, soudě podle kap. 2.2, uvažováno s lehkými vnitřními konstrukcemi.

Hodnotné by bylo porovnání nebo alespoň úvaha, jak by se lišilo tepelné chování rodinného domu (kterému přibližně odpovídá modelový dům v práci) a většího bytového domu. Budou oba typy obytných budov stejně náchylné v posuzovaných situacích, nebo je velikost výhoda či nevýhoda?

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uveďte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.

Přese všechny výtky považuji práci za metodicky správně zpracovanou. Poskytuje odpovědi na klíčové otázky související s tepelnou stabilitou obytných budov a v rámci vyhodnocení výsledků je příhodně rozebráno tepelné chování sledovaných budov v závislostech na hlavních tepelně-technických charakteristikách budov (časová konstanta, tepelná kapacita, tepelný tok do exteriéru). Vhodné by bylo doplnění závěrů o některé širší souvislosti.

Otázky k obhajobě:

- Jakým způsobem se uplatnila zemina pod podlahou na terénu ve výpočtech? Podílí se i na akumulačních schopnostech domu?
- Jaký je rozdíl mezi vnitřní teplotou a teplotou vnitřního vzduchu? Jaká teplota je výstupem z modelů použitých v práci? V jakých situacích (výpočetních i reálných) pracujeme s teplotou vnitřního vzduchu a v jakých s vnitřní teplotou?
- Jak by se lišilo v posuzovaných situacích (zimní a letní) tepelné chování rodinného domu a většího bytového domu? Budou oba typy obytných budov stejně náchylné v posuzovaných situacích, nebo se dá předpokládat, že je velikost budovy výhoda či naopak nevýhoda? Zdůvodněte (případně podložte jednoduchým výpočtem).
- Jaké výhody/nevýhody mají pohyblivé stínění (žaluzie vnější, žaluzie vnitřní, rolety) a pevné stínění (markýzy, přesahy, žebra)? Kdy je vhodné použít jaký typ stínění?
- Jakými způsoby může tepelnou stabilitu místností/budov ovlivnit uživatel? Uveďte příklady pozitivního i negativního vlivu uživatele.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **B - velmi dobře**.

Datum: 5.2.2018

Podpis: