

Využití počítačové simulace při návrhu klimatizace nové galerie v objektu Sovových mlýnů

Simulation in engineering the ventilation and air-conditioning of a new art gallery in Sovovy mlýny

Ing. Miroslav LAJTHA,
Ing. Martin BARDÁK*,
Prof. Ing. Rostislav DRKAL, CSc.†,
Doc. Dr. Ir. Jan. L. M. HENSEN**

Recenzent
Ing. Zdeněk Leřt

Článek popisuje využití počítačového modelování a simulace při návrhu větrání a klimatizace nové galerie vzniklé v objektu Sovových mlýnů. Jednou z největších standardních návrhů klimatizačního zařízení je podhodnocení akumulace objektu, což v masivních staveb vede ke značnému předimenzování klimatizačního zařízení. Přezkoumání studie vedlo nejen k významnému snížení provozních a investičních nákladů, ale i k minimalizaci zásahů do cenné kultury.

KLíčové slovo: počítačová simulace, akumulace tepla, parametry prostředí

The paper elaborates the modeling and simulation work that was carried out to support the design team of the ventilation and air-conditioning system in the future gallery situated in the Sovovy Mlýny. One of the main disadvantages of the traditional engineering design methods for HVAC systems is the underestimation of the impact of thermal accumulation in the building structure. This often leads to oversized heating and cooling system components, particularly in the case of historical buildings usually with very heavy constructions. The current study helped not only to lower the investment costs to a significant extent but most of all to minimize the possible changes in construction and appearance of a valuable historical building.

Key words: computer simulation, heat accumulation, environment parameters

Objekt Sovových mlýnů byl postaven ve 14. století a během stovek let své existence prošel řadou stavebních úprav a rekonstrukcí. Poslední z nich proběhla v roce 2000 až 2001, kdy byl tento velmi cenný objekt, stojící přímo v srdci Prahy na Kampě, rekonstruován na kulturní a společenské centrum, jehož součástí je i galerie. Předložený projekt klimatizace vychází ze standardních postupů výpočtu tepelné zátěže a předpokládá chladicí výkon 100 kW. Instalace zařízení o tomto výkonu by však byla krajně obtížná a představovala by rozsáhlé zásahy do stavebních konstrukcí historického objektu. Praktické zkušenosti s mikroklimatem v masivních staveb podobného typu však ukazují na možnost dodržení požadovaných parametrů i bez nuceného větrání a klimatizace. Pro posouzení těchto eventualit byla zvolena metoda počítačové simulace, která měla prokázat varianty provozování galerie bez klimatizace a určit potřebné chladicí výkony v případě nutnosti nucené úpravy parametrů prostředí.

INTEGROVANÁ POČÍTAČOVÁ SIMULACE

Počítačová simulace je jednou z nejmodernějších metod pro posouzení chování budov a systémů techniky prostředí, kterou lze uplatnit při projektování klimatizačních zařízení.

* ČVUT v Praze, FSI, Ústav techniky prostředí, e-mail: laj@fdi.cvut.cz

** Knowledge Center Building & Systems TNO – TU/e Technische Universiteit Eindhoven



Obr. 1 Pohled na Sovovy mlýny před rekonstrukcí

Od standardních návrhových postupů se liší především kompletním zahrnutím dynamiky chování budovy a systému a to je i důvod proč je vhodná pro řešení systémů s vysokou akumulací.

Hlavní nevýhodou počítačových simulací jsou významné výšší nároky při sestavování modelu a zpracování vlastní simulace.

Nároky jsou kladeny jak na vstupní informace a použitou výpočetní techniku, tak na odbornou způsobilost každé řešícího daný problém. Na druhé straně

však simulace umožňují velmi detailní analýzu a porovnání několika variant řešení.

Integrovaná simulace replikuje pouze s budovou, ale zahrnuje i chování systémů a budovou spojených (vytápění větrání a klimatizace), zdroj energie a navíc zohledňuje i změny vnitřních i vnějších podmínek.

Vzhledem k tomu, že výsledky počítačové simulace jsou velmi podrobné, lze je často použít i k vyhodnocení dalších parametrů (například parametrů tepelného komfortu).

ESP-r

Pro integrované počítačové simulace bylo použito simulační prostředí ESP-r. Tento program byl vyvíjen na University of Strathclyde v Glasgow a představuje komplexní nástroj pro počítačové simulace budov a systémů techniky prostředí. Program ESP-r byl vybrán jako evropský referenční model pro simulace energetických bilanci budov.

Program ESP-r je založen na komplexním numerickém řešení všech energetických toků v budově a systému.

Prostředí programu je graficky orientované a obsahuje i podklady o klimatu a stavebních konstrukcích. Výpočty zahrnují stínění, spektrální a úhlové zohlednění optických vlastností oken, určení parametrů komfortu, modelování proudění vzduchu a jiné vlivy (viz [1], [2], [8]). Simulace vychází z ho-



Obr. 2 Schéma integrované počítačové simulace

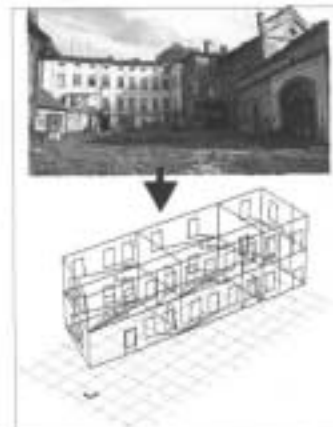
dnových klimatických dat, a to buď z vybraného časového období nebo se využitím referenčního rok pro dané místo (viz [3]).

Při počítačové simulaci galerie byly využity klimatické údaje letních měsíců roku 1997, které lze považovat za extrémní. Objekt má velkou akumulaci, a proto jsou dlouhodobě vysoké teploty a intenzity radiační zátěže z roku 1997 pro simulace velmi vhodné.

Výsledky simulace jsou prezentovány ve vybraném týdnu 21. 8. až 27. 8. 1997, kdy bylo dosahováno nejvyšších teplot.

POPIS BUDOVY A MODELU

Model simulace znázorňuje 6 zón, které odpovídají členění místnosti galerie v druhém a třetím podlaží. Budova je velmi masivní, obvodové stěny jsou ze smíšeného cihlového zdiva o tloušťce asi 800 mm s vyklenky pro okna. Model předpokládá použití špaletových oken s vnějšími klídy osazenými dvojsklem: dlehm a vnitřní jednoduchým sklem (stačí po rekonstrukci). Stávající vnitřní dřevěné oknice budou zachovány. Model zahrnuje jak geometrii vy-



Obr. 3 Pohled na budovu a 3D model jejího vnitřního uspořádání

braných prostor a sklopení jednotlivých stěn, tak optické vlastnosti oken.

V podkrovní budově nad galerií je navržen klimatizovaný deponář (24 °C), v přízemí pod galerií bude vybudována restaurace bez klimatizace.

Dvomi čtmi teploty je orientována jižním směrem. V modelu bylo současně respektováno i zastínění sousedními budovami.

Parametry prostředí bez klimatizace

Počítačovou simulaci byly stanoveny parametry prostředí v galerii bez chlazení. Posuzován byl vliv

intenzity větrání venkovním vzduchem, počtu osob v galerii a otevírání oken. Vzhledem k rozsahu příspěvku jsou prezentovány pouze průběhy průměrných teplot ze všech šest místností galerie.

Z obr. 4 je patrný vliv intenzity větrání venkovním neupraveným vzduchem (0,1 až 1,5 1/h) pro galerii bez přítomnosti osob a s otevřenými oknicemi. Vzhledem k tomu, že teploty v galerii bez klimatizace jsou vyšší než teploty venkovního vzduchu, teploty s rostoucí intenzitou větrání klesají.

Na obr. 5 je znázorněn vliv počtu osob na vnitřní teploty v neklimatizované galerii. Tato simulace slouží pro analýzu účinnosti mikroklimatu místnosti na počet návštěvníků. Simulace ukázala, že při intenzitě větrání 0,5 1/h a otevřených oknicích vzrostl při vyšší návštěvnosti teplota vzduchu o cca 3 K oproti stavu bez přítomnosti osob.

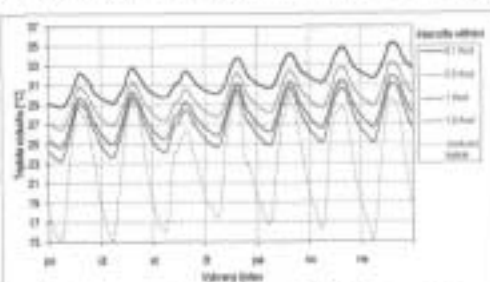
Obr. 6 dokumentuje vliv uzavření dřevěných oknic, kterými jsou opatřena všechna okna v galerii. Při provozu galerie s uzavřenými oknicemi byl v jedné variantě předpokládán vý-

kon umělého osvětlení 45 W/m². V této variantě jsou vlnky teploty výrazně vyšší oproti stavu kdy nebylo předpokládáno umělé osvětlení.

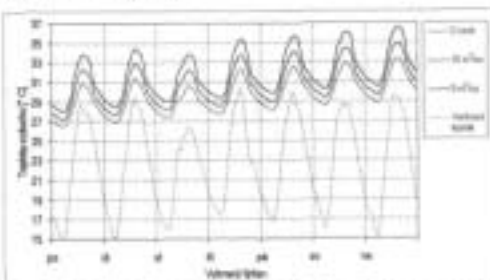
Z výsledků počítačové simulace galerie bez klimatizace vyplynulo, že přijatelné teploty (průměr 26 °C a maxima 28 °C) budou dodrženy pouze při zavřených oknicích bez umělého osvětlení. Takové podmínky však nejsou při provozu galerie možné. Proto je třeba prostory klimatizovat.

Měření teplot

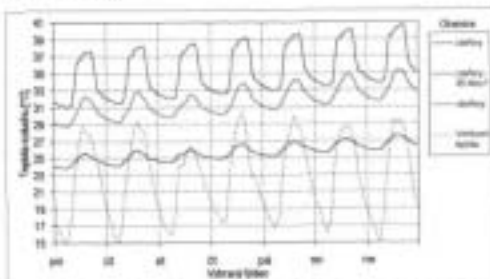
V rámci řešení problému byly měřeny teploty vzduchu v prostorách galerie již před realizací rekon-



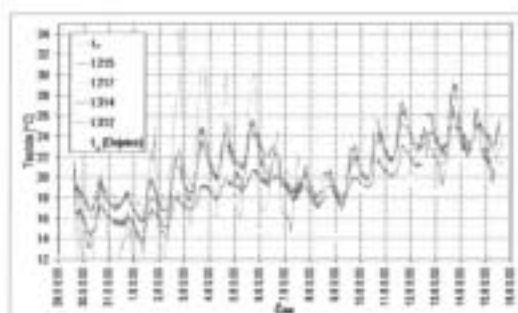
Obr. 4 Průměrná teplota vzduchu pro různé intenzity větrání, při otevřených oknicích a bez přítomnosti osob v galerii



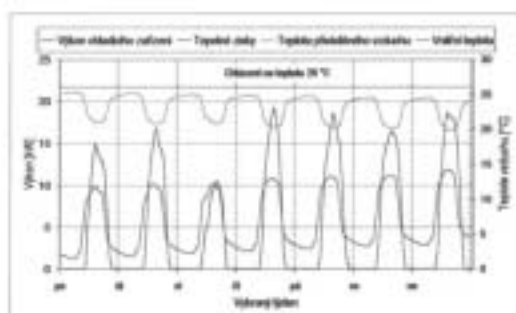
Obr. 5 Průměrná teplota vzduchu pro různé počty osob v galerii, při otevřených oknicích a intenzitě větrání 0,5 1/h



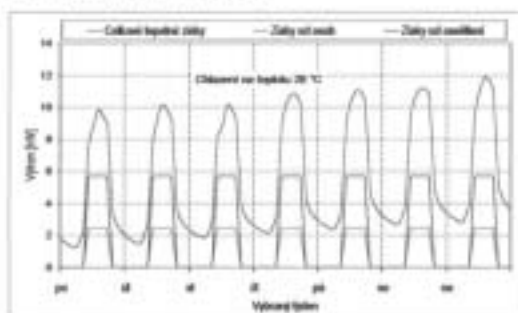
Obr. 6 Průměrná teplota vzduchu pro různé usazenosti osvětlení prostor, při intenzitě větrání 0,5 1/h a bez přítomnosti osob v galerii



Obr. 7 Teploty vzduchu naměřené v objektu



Obr. 9 Průběh požadovaných chladících výkonů



Obr. 8 Průběh a ustálení teplotních zisků galerie

struktura. Měření proběhlo v období mezi 29. 5. a 16. 6. 2000, kdy dosahovaly teploty vzduchu extrémních hodnot (obr. 7). Nicméně, vzhledem k vysoké tepelné akumulaci objektu, lze očekávat ještě vyšší teploty vzduchu uvnitř prostor při podobných podmínkách na konci léta (viz simulovaný případ). Během měření nebylo možné zajistit režim provozu místnosti (probíhající rekonstrukce), proto nemohly být výsledky měření použity přímo ke kalibraci modelu.

Naměřené teploty vzduchu (až 29 °C) však potvrdily potřebu chlazení.

Potřeba chladu pro klimatizaci galerie

Potřebný chladicí výkon klimatizačního zařízení byl simulací stanoven pro podmínku dodržení konkrétní teploty 26 °C.

Byl zvolen režim s uzavíracími okny pouze na jedné straně a s umělým osvětlením jedné třetiny plochy galerie.

Na základě výsledků simulace (obr. 8 a 9) byly navrženy systémy větrání a klimatizace a rovněž byly vypočteny teploty přívodního vzduchu a potřebný oteplený výkon chladičového zařízení.

Při přívodu 6 000 m³/h venkovního vzduchu a požadované vnitřní teplotě 26 °C je maximální potřebný výkon pouze 19 kW.

ZÁVĚR

Počítačovou simulaci galerie v objektu Sovových mlýnů bylo prokázáno, že provoz galerie není možný bez chlazení. Hodnota potřebného chladicího výkonu byla určena na 19 kW, což představuje výrazné snížení oproti hodnotám předběžně určeným standardním výpočtem.

Skutečný potřebný výkon určený simulací je díky zahnutí akumulaci masivní stěny pouhou pátinou původního předpokladu.

Na základě výsledků počítačové simulace bylo navrženo a realizováno klimatizační zařízení nejen výrazně jednodušší a méně nákladné, ale především s minimálními zásahy do historicky cenného objektu.

Prezentovaný příklad ukazuje možnosti uplatnění počítačových simulací při dimenzování zařízení větrání, vytápění a klimatizace a při analýzách chování budovy.

V České republice však stále ještě nejsou plně využívány široké možnosti které počítačové simulace nabízí, a to především v počátečních stádiích vzniku projektu.

U nové stavební budovy lze simulace využívat zejména při koncepčním řešení budovy. A to nejen pro optimalizaci zařízení techniky prostředí, ale i stavebních prvků a složení konstrukcí s ohledem na úspory energie a vhodné využití dostupných zdrojů.

Literatura:

- [1] CLARKE, J. A. 1985. „Energy Simulation for Building Design“. Adam Hilger Ltd., Bristol.
- [2] HENSEN, J. L. M. 1991. „On the Thermal Interaction of Building Structure and Heating and Ventilation“.



Obr. 10 Budova a galerie po rekonstrukci



Obr. 11 Sovovy mlýny po rekonstrukci

- System“. PhD Thesis, Technische Universität Eindhoven
- [3] BARTÁK, M., HENSEN, J. L. M., LAIN, M., PAULOVIC, L. 2000. „Nová solární data v klimatické databázi TRF Praha“. Sborník Simulace budov 2000. IBPSA-CZ, Praha
 - [4] BARTÁK, M., DRKAL, F., HENSEN, J. L. M., LAIN, M. 2006. „Analýza tepelného stavu prostředí galerie v objektu Sovovy mlýny“. Výzkumná zpráva. ČVUT v Praze, Praha
 - [5] BURN, R. 2001. „Specifying on the Net“. Building Services Journal, No. 2, 48-50. CBSE, London
 - [6] DRKAL, F. 2000. „Simulační techniky v technice prostředí budov a ústředí IBPSA-CZ“. Sborník Simulace budov 2000. IBPSA-CZ, Praha
 - [7] ESP+ (Environmental Systems Performance - research) software, www.esu.stath.ac.uk
 - [8] LUKES, Z. 1999. „Soukří na Sovovy mlýny v Praze“. Neviditelný pes, http://pes.internet.cz.