

POROVNÁNÍ ADSORPČNÍHO SOLÁRNÍHO CHLAZENÍ S FOTOVOLTAICKÝM CHLAZENÍM Z HLEDISKA SPOTŘEBY PRIMÁRNÍ NEOBNOVITELNÉ ENERGIE

Michal Bejček, Miroslav Urban

Laboratoř vnitřního prostředí, UCEEB, ČVUT, Buštěhrad

ANOTACE

Tento článek porovnává dva systémy alternativního chlazení z hlediska spotřeby primární neobnovitelné energie pro zvolenou referenční budovu s referenčním chladicím systémem. Prvním systémem je kompresorové chlazení napájené elektrickou energií z fotovoltaických článků, druhým systémem je adsorpční chladicí jednotka využívající tepelnou energii ze solárních termických kolektorů.

SUMMARY

This paper compares two alternative cooling systems from the perspective of primary energy consumption with reference cooling system in reference building. First cooling system consists of compressor cooling unit supplied by electricity from photovoltaic panels, second system consists of adsorption cooling unit supplied by thermal energy from photothermic solar collectors.

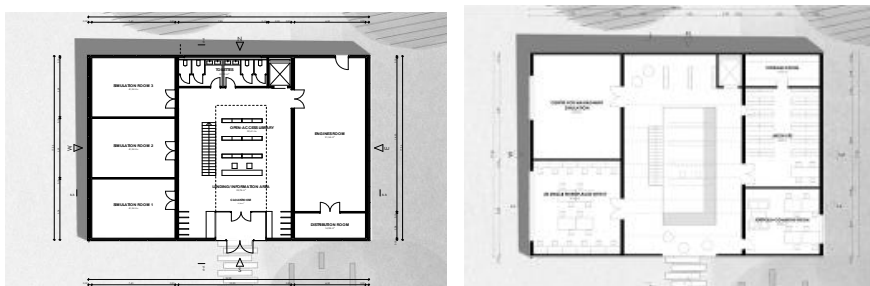
ÚVOD

V kontextu budov s téměř nulovou spotřebou energie není obtížné snížit spotřebu energie na vytápění na velmi nízké hodnoty díky dobrým tepelně izolačním vlastnostem obálky budovy, použitím účinné rekuperace ve větracím systému, vhodného zdroje tepla (např. tepelné čerpadla) a vhodnou orientací prosklených ploch. Tato fakta však v mnoha případech vedou k přehřívání budovy v letním období [1]. Maximální snížení potřeby energie na chlazení například účinným způsobem stínění je tedy nezbytným krokem před návrhem chladicího systému. Díky nižší potřebě chladu pak postačí nižší výkon chladicího systému a přímo se tak nabízí využití alternativních zdrojů chladu v kombinaci s vysokoteplotními koncovými chladicími prvky, což vede k minimalizování spotřeby energie na chlazení.

METODIKA

Referenční budova

Zvolená referenční budova je budova Energy centre v Pinkafeldu (Rakousko). Jedná se o dvoupodlažní objekt určený pro výzkum technologií techniky prostředí o celkové užitné ploše 725 m².

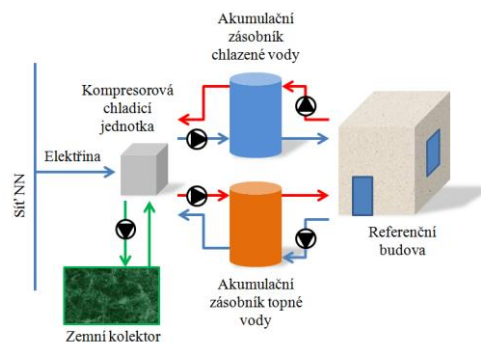


Obr. 1 Půdorys 1.NP a 2.NP

V prvním podlaží se nachází volně přístupná knihovna, místnosti určené pro simulace a technické zázemí budovy; ve druhém podlaží se nachází archivy a kanceláře. Budova je orientována podél východně-západní osy pro maximální využití solárních zisků během zimního období.

Referenční systém

Jako referenční chladicí systém pro porovnání úspor alternativních chladicích systémů byl zvolen standardní systém kompresorového chlazení napájený elektrickou energií ze sítě. Zdrojem chladu bylo reversibilní tepelné čerpadlo země/voda MTA HAEevo 031 o jmenovitém chladicím výkonu 9,3 kW při teplotě vnějšího vzduchu 35 °C a teplotě chlazené vody 7 °C (ESEER 2,52). [2]

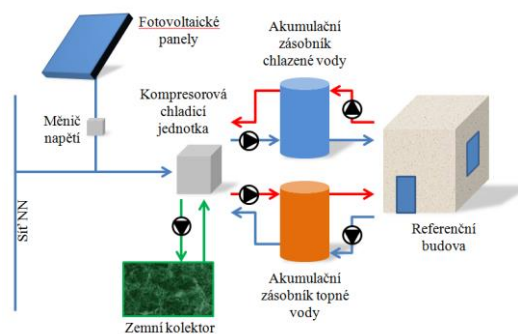


Obr. 2 Schéma referenčního chladicího systému

V zimním období bylo tepelné čerpadlo využíváno pro vytápění. Jmenovitý výkon čerpadla pro vytápění byl 9,6 kW při B0/W35, topný faktor byl 3,84 při B0/W35. Systém obsahoval také akumulací zásobník chlazené vody o objemu 1 m³ a akumulací zásobník topné vody o objemu 1 m³. Schéma systému je naznačeno na obr. 2. Aktuální výkon tepelného čerpadla a příslušný příkon kompresoru byl v každém kroku simulace přepočítáván podle teplot teplotnosných látek.

Fotovoltaické chlazení

Systém fotovoltaického chlazení byl velmi podobný referenčnímu systému, ale potřeba elektrické energie pro tepelné čerpadlo byla pokrývána energií ze solárních fotovoltaických (PV) článků a v případě potřeby ze sítě. Pokud PV články produkovaly více energie než je aktuálně potřeba pro chlazení, byla elektrická energie prodávána do sítě. Schéma systému je zobrazeno na obr. 3.

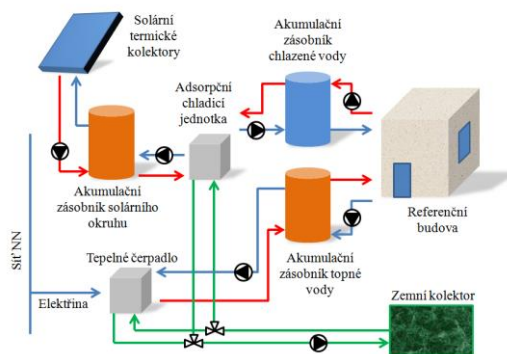


Obr. 3 Schéma systému fotovoltaického chlazení

Pole solárních kolektorů bylo simulováno v nástroji TRNSYS pomocí komponenty Type 180c, která umožňuje přímé zadání výkonových charakteristik. Systém se skládal ze 14 PV panelů Mitsubishi PV-MLE260HD s výkonem 260 Wp zapojených do série a trojfázového měniče napětí. [3]

Adsorpční solární chlazení

Návrh systému adsorpčního solárního chlazení je založený na předpokladu sezónní akumulace tepelné energie do zeminy pod budovou. V letním období je do zeminy odváděna tepelná energie z kondenzátoru adsorpční jednotky, v zimním období pak je tato energie využita pro vytápění pomocí tepelného čerpadla, které bude zároveň v průběhu celého roku používáno pro přípravu teplé vody. Zdrojem tepla pro adsorpční jednotku jsou vakuové trubkové kolektory. Schéma celého systému je zobrazeno na obr. 4.



Obr. 4 Schéma systému adsorpčního solárního chlazení s akumulací tepla do zeminy

Zdrojem chladu v simulaci byla adsorpční jednotka INVENSOR LTC 09 o jmenovitém chladicím výkonu 9 kW při teplotě topné látky 72 °C, teplotě chladicí vody 27 °C a teplotě chlazené vody 14,5 °C. [4] Chladicí výkon byl přepočítáván pro každý krok simulace podle reálných výkonových charakteristik udávaných výrobcem. Pro zvýšení tepelné kapacity bylo v simulaci uvažováno s akumulačním zásobníkem chladu o objemu 3,7 m³.

Zdrojem tepla pro vytápění je tepelné čerpadlo Stiebel Eltron WPC 04 s vestavěným zásobníkem teplé vody o objemu 175 l. Jmenovitý výkon činí 4,77 kW při B0/W35, topný faktor je při B0/W35 4,52. [5]

Zdrojem tepla pro adsorpční chladičí jednotku byly v simulaci solární termické vakuové trubkové kolektory THERMICS 30DTH s plochou apertury 2,432 m² [6]. Celkem bylo použito 25 ks těchto kolektorů a celková plocha apertury činila 60,8 m². Sklon kolektorů činil 30 ° a orientace kolektorů byla jižní. Kolektorové pole bylo simulováno pomocí komponenty Type 71, která umožňuje přímé zadání konkrétní křivky účinnosti a optických charakteristik kolektorů. V modelu bylo uvažováno se sériovým zapojením kolektorů.

Akumulace energie do zeminy

V letních měsících bylo do zeminy pod budovou odváděno velké množství tepelné energie z kondenzátoru adsorpční jednotky, respektive z kondenzátoru kompresorové chladičí jednotky. Pro detailnější bilanci energie v průběhu roku byl vypracován zjednodušený model zemního kolektoru. Model počítá s proměnlivou teplotou okolní zeminy v průběhu roku a s proměnlivou teplotou zeminy pod budovou, do které je akumulována tepelná energie. Celkový akumulační objem byl uvažován 375 m³. Celkové měrné tepelné ztráty zemního kolektoru činily 169 W/K.

Simulační proces a nástroje

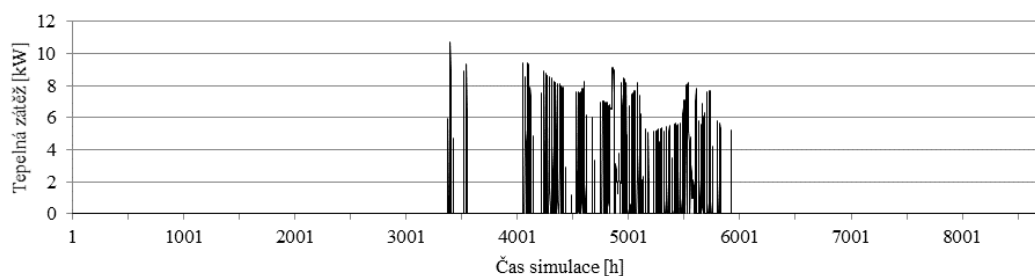
V nástroji TRNBuild byl vytvořen model referenční budovy. Skladby jednotlivých obvodových konstrukcí byly voleny s ohledem na doporučené hodnotám pro pasivní budovy dle ČSN 730540 [7]. Při simulaci bylo uvažováno s vnitřní tepelnou kapacitou 254,4 MJ/K. Matematický model budovy včetně hlavních systémů byl vytvořen pomocí simulačního nástroje TRNBuild a byla použita klimatická data z databáze Meteonorm pro Vídeň s 15minutovým krokem. V budově bylo uvažováno s tepelnou zátěží od osob podle jejich přítomnosti v průběhu dne, s vnitřními zisky od zařízení podle obsazenosti budovy a s tepelnou zátěží od umělého osvětlení. Větrání bylo realizováno pomocí větrací jednotky s výměníkem pro zpětné získávání tepla o účinnosti 70 % s intenzitou větrání $0,5 \text{ h}^{-1}$. V budově bylo dále uvažováno s nočním větráním o intenzitě 3 h^{-1} . V letním období byly na objektu uvažovány automaticky ovládané žaluzie, které se zatahují při intenzitě slunečního záření vyšší než 300 W/m^2 . Stínící faktor žaluzií byl uvažován 0,8.

V nástroji TRNSYS byl vytvořen dynamický model všech hodnocených systémů. Výpočtový krok simulace byl 1 h a simulace probíhala od 1. ledna do 31. prosince.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Tepelná zátěž

Maximální tepelná zátěž v letním období činí 10,71 kW a potřeba chladu za období jednoho roku je 3696 kWh. Maximální tepelné ztráty v zimním období činí 8,92 kW a potřeba tepla na vytápění je 11644 kWh.



Obr. 6 Průběh tepelné zátěže v období od 1. ledna do 31. prosince

Spotřeba primární neobnovitelné energie

Systém kompresorového chlazení využívá pro výrobu chladu elektrickou energii a odpadní teplo je odváděno do zemního kolektoru pod budovou. V zimním období je používáno tepelné čerpadlo pro vytápění. Fotovoltaické chlazení je systém využívající elektrickou energii generovanou PV panely pro chod kompresorového chladicího zařízení. V případě potřeby je elektrická energie dodávána ze sítě, v případě nadprodukce je přebytečná energie prodávána do sítě. Adsorpční solární chlazení je systém využívající k produkci chladu elektřinu a teplo. Poměr vyrobeného chladu a dodané elektřiny by pro tento systém byl 12,9; poměr vyrobeného chladu a dodaného tepla by byl 0,61. V tabulce 1 jsou uvedeny jednotlivé spotřeby energie všech porovnávaných systémů.

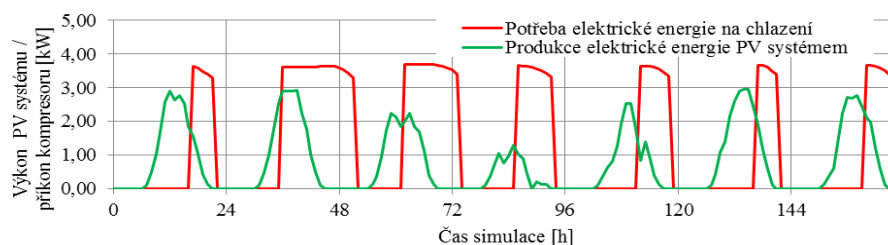
Úspory primární energie

Z hlediska spotřeby primární neobnovitelné energie na chlazení se jeví jako výhodný systém adsorpčního chlazení. V celoroční bilanci se zahrnutím spotřeby energie na vytápění je pak nejvýhodnější systém s PV panely. Nicméně při detailnějším prozkoumání hodinových potřeb energie na chlazení a produkce energie PV systémem je patrné, že nejvyšší tepelná

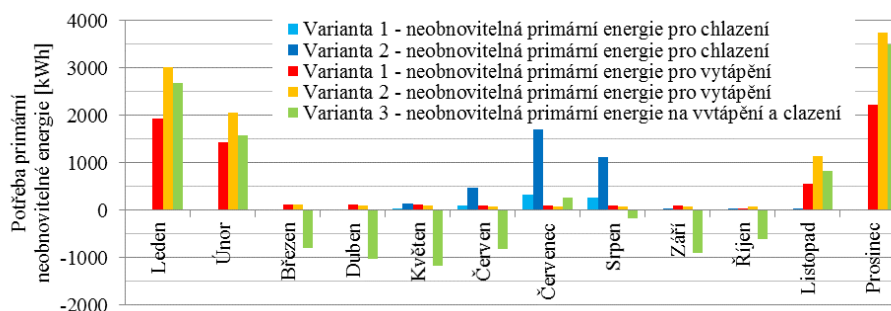
zátěž nastává oproti produkci elektřiny PV systémem s určitým zpožděním. Většina produkované elektřiny pak musí být prodávána do sítě a naopak v případě potřeby musí být zpětně nakupována ze sítě.

Tab. 1 Dílčí dodaná energie, celková primární energie a neobnovitelná primární energie porovnaných systémů

Energonositel	Dílčí vypočtená spotřeba energie [kWh/rok]	Faktor celkové primární energie [-]	Faktor neobn. primární energie [-]	Celková primární energie [kWh/rok]	Neobn. primární energie [kWh/rok]
Referenční systém					
Elektřina - vytápění	3561	3,2	3,0	11395	10683
Elektřina - chlazení	1208	3,2	3,0	3866	3624
Celkem	4769			15281	14307
PV chlazení					
Elektřina z PV panelů	-3654	-3,2	-3,0	-11693	-10962
Elektřina - vytápění	3561	3,2	3,0	11395	10683
Elektřina - chlazení	1208	3,2	3,0	3866	3624
Celkem	1208			3568	3345
Adsorpční chlazení					
Energie z FT kolektorů	6096	1,0	0,0	6096	0
Elektřina - vytápění	2223	3,2	3,0	7114	6932
Elektřina - chlazení	285	3,2	3,0	912	855
Celkem	8604			14122	7787



Obr. 7 Potřeba elektrické energie na chlazení vzhledem k produkci el.é energie PV systémem



Obr. 8 Spotřeba neobnovitelné primární energie na vytápění a chlazení. Varianta 1 - referenční chladicí systém; Varianta 2 - fotovoltaické chlazení; Varianta 3 - solární adsorpční chlazení

Úspory primární neobnovitelné energie systémem fotovoltaického chlazení oproti referenční variantě činí 76,6 %; úspory primární neobnovitelné energie systémem adsorpčního solárního chlazení činí 45,6 %.

ZÁVĚR

Cílem této práce bylo prezentovat metodu využití solární energie pro chlazení budovy v Rakousku. Systém byl vymodelován v simulačním nástroji TRNSYS s použitím klimatických dat pro Vídeň z databáze Meteororm. Výsledná maximální tepelná zátěž objektu dosahovala 10,71 kW a potřeba energie na chlazení činila 3696 kWh. Na danou zátěž byly navrženy 3 systémy vytápění a chlazení a byly zhodnoceny z hlediska spotřeby neobnovitelné primární energie.

Adsorpční solární chlazení a fotovoltaické chlazení jsou jednou z možných variant snižování energetické náročnosti budov z hlediska spotřeby neobnovitelné primární energie ve smyslu evropské směrnice 2010/31/EU.

LITERATURA

- [1] ASIMAKOPOULOS, M. SANTAMOURIS AND D. *Passive Cooling of Buildings*. London : James & James, 1996.
- [2] MTA DEUTSCHLAND GMBH. *Technisches Handbuch TAEevo-TWEevo-HAEevo*. MTA Deutschland GmbH. [Online] 29.1.2015. Dostupné z: http://www.mta.de/uploads/media/technisches_Handbuch_TAEevo-TWEevo-HAEevo.pdf.
- [3] MITSUBISHI ELECTRIC US. *MLE 260Wp Technical Specifications*. Mitsubishi Electric US. [Online] 29.1.2015. Dostupné z: http://www.mitsubishielectricsolar.com/images/uploads/documents/specs/MLE_260Wp_Spec_Sheet_Feb2013_lr.pdf.
- [4] INVENSOR GMBH. *Invensor LTC 09 datasheet*. Invensor GmbH. [Online] 1.5.2005. Dostupné z: http://www.invensor.com/en/pdf/Datasheet_Invensor_LTC_09.pdf.
- [5] STIEBEL ELTRON SPOL. S.R.O. *Tepelné čerpadlo WPC4 - návod k obsluze*. Stiebel Eltron spol. s.r.o. [Online] 31.3.2014. Dostupné z: http://www.stiebel-eltron.cz/imperia/md/content/STIEBELELTRON/de/Fachpartner/Fachinformationen/Downloads/Gebrauchs-und-Montageanweisungen/03_waermepumpen/12_sole_w_wp/314548-38022-8944_wpc_04-13__cool__cs.pdf.
- [6] INSTITUT FÜR SOLARTECHNIK. *Thermics 30 HTH solar collector factsheet*. Institut für solartechnik. [Online] 27.5.2013. Dostupné z: <http://solarenergy.ch/fileadmin/daten/reportInterface/kollektoren/factsheets/scf1047en.pdf>.
- [7] ČSN 73 0540. *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.

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