

Pilotni objekt IJS EMILIE InfraSUN

Konec oktobra 2014 smo na Institutu »Jožef Stefan« javnosti predstavili pilotni objekt imenovan InfraSUN, ki ga je v sklopu obiska na Institutu 27. oktobra 2014 slovesno otvoril predsednik Vlade Republike Slovenije dr. Miro Cerar. Objekt je zasnovan kot raziskovalno-izobraževalni energijski poligon, ki temelji na integraciji najsodobnejših sončnih termalnih tehnologij v enovit sistem ogrevanja in hlajenja prostorov z energijo sonca ter prikazu uporabe 'sonca kot infrastrukture'.

Nameščen je na stavbi C na Jamovi ulici, kjer ima prostore Odsek za anorgansko kemijo in tehnologijo (K1), ki je slovenski partner v mednarodnem projektu EMILIE (Enhancing Mediterranean Initiatives Leading SMEs to Innovation in Building Energy Efficiency Technologies, www.emilieproject.eu), v okviru katerega je potekala gradnja sistema. Vsak od projektnih partnerjev - poleg nas sodeluje še 5 inštitutov in energetske agencij iz sredozemskih regij Španije, Francije, Italije ter Hrvaške - je zasnoval in izvedel lasten pilotni projekt, ki temelji na inovativnih idejah in tehnologijah s področja energetske učinkovitosti stavb, še zlasti varčevanja z energijo, obnovljivih virov, klimatizacije in energetskega managementa. Namen projekta je namreč preizkusiti inovativne energetske tehnologije, pokazati njihovo zrelost zlasti pri uporabi sončne energije, ponuditi možnost prikaza konkretnih sistemskih rešitev z najnovejšimi tehnologijami s področja obnovljivih virov in energetske učinkovitosti ter izvajanje izobraževanja, ki bodo v prvi vrsti namenjene malim in srednje velikim podjetjem ter upravnim organom, ki skrbijo za spodbujanje energetske učinkovitosti in rabe obnovljivih virov energije.

Z načrtovanjem pilotnega objekta in izdelavo študije izvedljivosti ter projektne dokumentacije smo začeli v oktobru 2013. Gradnja se je pričela v začetku letošnjega aprila, sistem pa je bil poskusno zagnan sredi julija, ko so stekle tudi meritve, ki omogočajo izvajanje podrobnih analiz procesnih in energetskih indikatorjev ter optimizacijo sistema.

Gradnja pilotnega sistema je bila v večjem delu financirana iz sredstev Evropskega sklada za regionalni razvoj, ki ga skozi transnacionalni program MED (www.programmemed.eu) izvaja Evropska unija.

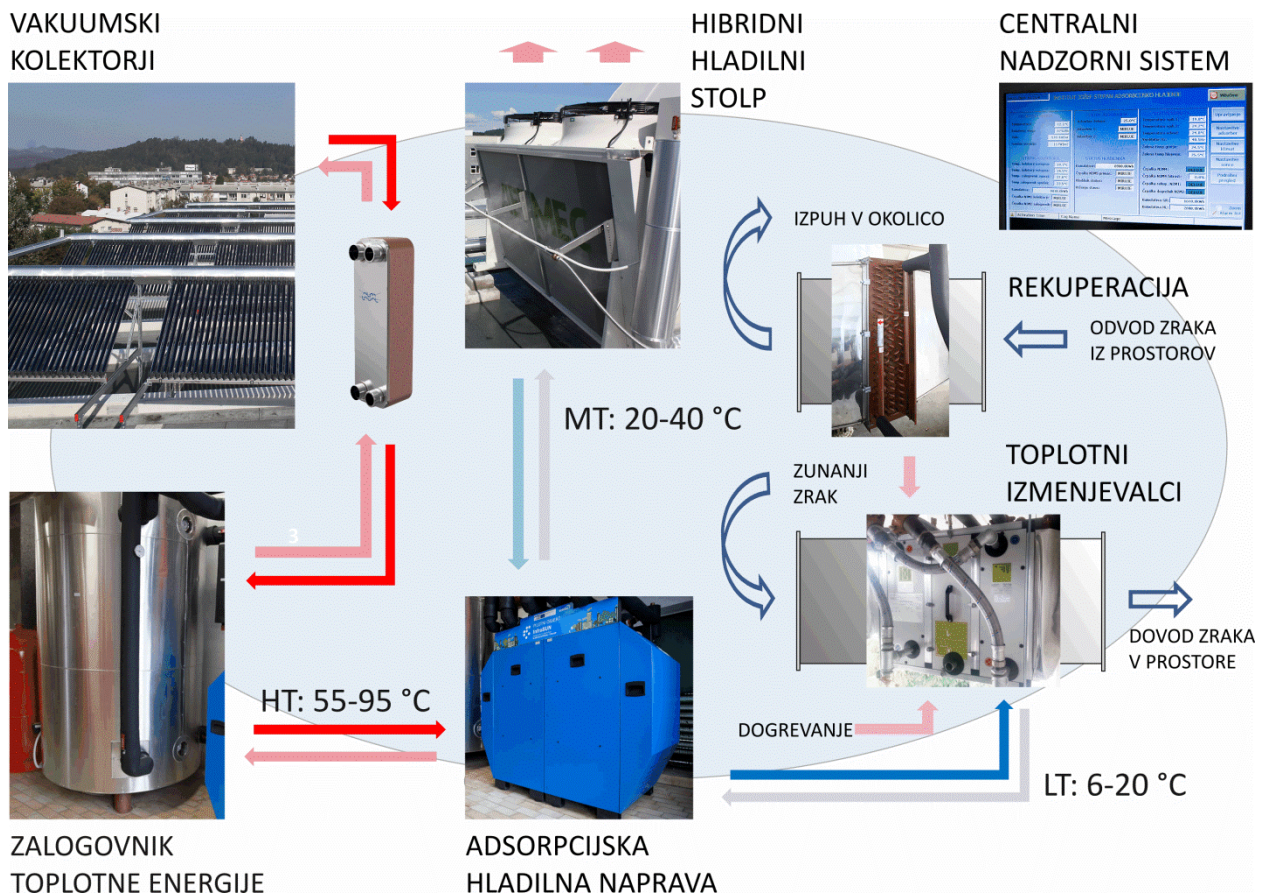
InfraSUN temelji na rabi sončne toplotne energije namesto zemeljskega plina ali električne energije za hlajenje in (d)ogrevanje odsečnih prostorov neto površine blizu 320 m², katerih klimatizirani volumen znaša preko 900 m³. Pred izgradnjo novega sistema so se prostori ogrevali s kotlom na zemeljski plin, klimatizacijske (split) naprave pa so bile vgrajene le v prostorih z občutljivo merilno opremo. Večji del teh prostorov obsegajo kemijski laboratoriji s centralnim prezračevalnim sistemom, ki mora zaradi varnostnih zahtev neprekinjeno zagotavljati odvod zraka iz digestorijev, katerega pretoki so med 5 in 7 tisoč m³ na uro. Vsi sestavni deli in naprave v odvodnih kanalih so odporni na agresivne medije, ki so prisotni v odpadnem zraku. Ker je bilo na lokaciji že izvedeno prisilno prezračevanje, smo se odločili za nadgradnjo obstoječega sistema za dovod svežega zraka s kombiniranim prenosnikom toplote, povezanim s hladilnim in ogrevalnim sistemom, ki bo zagotavljal ustrezno temperaturo vstopnega zraka. Študija izvedljivosti je pokazala, da je zaradi energijsko neučinkovitega prezračevalnega sistema brez rekuperacije toplote in z visoko stopnjo izmenjave zraka izhodiščna letna specifična raba energije za ogrevanje presejala ogromnih 350 kWh/m², zato je bila ob posegu v prezračevalni sistem zelo smiselna tudi vgradnja rekuperatorja, saj s tem zmanjšamo toplotne/hladilne izgube in obenem tudi potrebno ogrevalno/hladilno moč.

Izhodišče za določitev zmogljivosti sistema hlajenja je bila zahteva, da bi ta omogočal doseganje 7 – 8 °C nižje temperature zraka v prostoru kot zunaj. Poleg tega smo želeli preskusiti eno od sodobnih sorpcijskih tehnologij, ki se kaže kot možna alternativa konvencionalnim električnim kompresorskim hladilnim sistemom in za svoje delovanje uporablja toplotno energijo. V našem

primeru smo se zaradi narave projekta odločili za uporabo obnovljivih virov - sončne energije, ki jo pridobivamo z visoko učinkovitimi vakuumskimi sprejemniki sončne energije v termo solarnem sistemu. Smiselnost solarnega hlajenja (SH) izhaja iz dejstva, da je ena večjih šibkih točk sicer dobro uveljavljenih termosolarnih sistemov za pripravo tople sanitarne vode (TSV) in podporo ogrevanju stavb to, da je potreba po toploti v času, ko je sončnega sevanja največ, torej poleti, najmanjša. Glede na to, da hladilna obremenitev odlično sovпада z razpoložljivostjo sončne energije, se solarno hlajenje izkaže kot dobra rešitev. Zaradi velike količine toplote, ki jo moramo odvesti iz procesa pri SH, je upravičenost postavitve takega

sistema toliko večja v primerih, kadar imamo na lokaciji potrebo po toploti tudi v času hlajenja (segrevanje TSV, procesna toplota, itd.).

Ključni sklopi pilotnega objekta so inovativni vakuumski cevni kolektorji s hranilnikom toplote, adsorpcijska hladilna naprava s hibridnim hladilnim stolpom, rekuperator toplotne energije in centralni nadzorno-krmilni sistem. Vpogled v stanje pilotnega sistema omogoča več kot 50 merilnih mest, na katerih spremljamo obratovalne parametre, ki nudijo osnovo za analizo zmogljivosti sistema, izračune energetske učinkovitosti, vpliv na okolje in ekonomskih vidikov vgradnje posameznih sklopov ter načina upravljanja.



Slika 1: Shema pilotnega objekta InfraSUN

Za hladilno napravo smo izbrali dva vzporedno vezana agregata Sortech eCoo s po 10 kW nazivne hladilne moči, kjer hlad nastaja v adsorpcijskem procesu, pri katerem se vodni hlapi (hladivo) vežejo na površino silica gela (adsorbent). Ta je za razliko

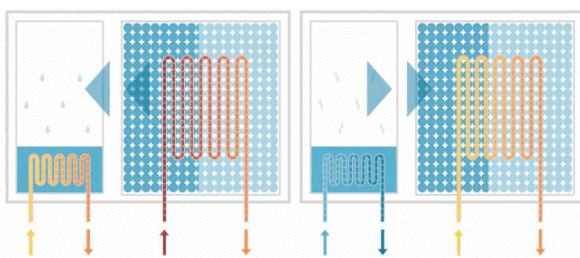
od snovi, ki se uporabljajo v adsorpcijskih napravah (amonijak, litijev bromid), netoksičen, v delovnem paru z vodo pa ni koroziven, niti kako drugače ekološko ne obremenjuje okolja. Naprava ima tri hidravlične kroge: nizkotemperaturnega, v katerem

se pretaka ohlajena voda (6-20 °C), srednje-temperaturnega (20-40 °C), ki služi za odvod 'odpadne' procesne toplote, in visokotemperaturnega (55-95 °C), skozi katerega dovajamo toplotno energijo za proces desorpcije. Za zagotavljanje kontinuiranega delovanja ima vsak agregat dve vzporedno delujoči komori (slika 3), od katerih se v eni proizvaja hlad (poteka proces uparjanje vode ter adsorpcija teh par na silica gel), v drugi pa poteka regeneracija adsorbenta (poteka

proces desorpcije). Med menjavo teh dveh obratovalnih faz je zaradi izboljšanja učinkovitosti naprave vključena še faza predgretja ohlajene in hlajenja ogrete komore (t.i. 'heat recovery'), ki traja približno 30 s. Odpadne procesne toplote v našem sistemu (trenutno) ne uporabljamo, pač pa jo odvajamo v ozračje preko hibridnega ventilatorskega hladilnega stolpa s pršnim vlaženjem nazivne hladilne moči 58 kW, ki je nameščen na strehi stavbe C.



Slika 2: Hladilna naprava in zalogovnik toplote v strojnici stavbe C



Slika 3: Shematski prikaz vzporednega delovanja obeh modulov. Levi modul je v fazi regeneracije, desni modul proizvaja hlad

Hladilna naprava ima tudi številne druge lastnosti, ki govorijo v prid njeni izbiri: deluje brez hrupa in vibracij, za namestitev je potreba relativno majhna površina (za dva agregata skupaj 1,4 m²), s povečevanjem števila vzporedno vezanih enot je možno preprosto povečevanje moči (do 250 kW_{hl}),

zaradi konstrukcije (brez gibajočih se delov) in narave delovnega procesa je vzdrževanje omejeno tako rekoč le na zagotavljanje vakuumu v komori, električna energija, ki je potrebna za njeno delovanje, pa dosega le dobro desetino tiste, ki jo potrebujejo konvencionalni kompresorski sistemi. Faktor učinkovitosti hlajenja (COP_{th} – ta je opredeljen kot razmerje med izhodno hladilno močjo naprave in močjo toplotnega vira), ki smo ga dosegli v letošnjih netipičnih poletnih mesecih, znaša 0,54, s čimer smo se zadovoljivo približali teoretičnim mejnim vrednostim (0,65) za izbrano napravo.

Toplotno energijo zagotavlja termo solarni sistem, katerega glavna komponenta so sprejemniki sončne toplotne energije oz. kolektorji, ki morajo zagotavljati ustrezne toplotne moči in temperaturne nivoje, ki so bili določeni z izbiro hladilne naprave. Med številnimi razpoložljivimi možnostmi smo se odločili za inovativne visoko učinkovite vakuumske sončne kolektorje, ki so bili šele nedavno vključeni v program enega od vodilnih evropskih proizvajalcev ogrevalne tehnike (Viessmann), pri njihovem razvoju in izdelavi pa sodeluje slovensko podjetje Talum. Naše kolektorsko polje je nameščeno na severnem delu strehe nad prostori odseka K1 (slika 4) in velja za prvi primer vgradnje tako zasnovanih kolektorjev v Sloveniji. Sestavljeno je iz 648 vakuumskih cevi, nagnjenih pod kotom 35°, ki je bil glede na namen uporabe (prvenstveno za zagotavljanje toplote za hlajenje poleti) ocenjen kot najustreznejši kompromis med najvišjim položajem sonca poleti in najnižjim položajem pozimi. Polje prekriva nekaj več kot 200 m² strehe, velikost absorberske površine je 60 m², nazivna toplotna moč pa znaša 41 kW_{th}. Značilnost vakuumskih kolektorjev so

nizke toplotne izgube, saj vakuum v cevi nudi odlično izolacijo, poleg tega pa omogočajo solidne izkoristke tudi od difuzni svetlobi v oblačnih vremenskih razmerah, kar v Ljubljani, kjer so kolektorji nameščeni, niti ni redkost. Za prilagodljivost sistema pri izravnavanju razlik med potrebno in dobavljeno količino toplote, ki se

pojavi zaradi običajnih nihanj v razpoložljivosti sončnega sevanja, skrbi zalogovnik toplotne energije solarne sistema velikosti 3,9 m³, ki omogoča hrambo do 200 kWh uporabne toplotne energije za potrebe hlajenja oziroma nudi rezervo za več kot štiriurno delovanje hladilne naprave pri polni moči.



Slika 4: Pogled na kolektorsko polje, nameščeno na strehi stavbe C na IJS v Ljubljani

Glavni sestavni deli kolektorjev so dvostenske steklene vakuumske cevi premera 58 mm z absorpcijskim selektivnim (kovinskim) premazom na notranji površini ter patentirani aluminijasti paneli s šestimi 150 cm dolgimi uparjalnimi rebri, ki so na vrhni strani povezani s kondenzatorjem (slika 5). Po celotni dolžini vsakega od uparjalnih reber potekajo tri toplotne cevke (t.i. 'heat pipe' sistem), izdelane po tehnologiji 'roll bond', ki so med seboj povezane in razpredene tudi po kondenzatorskem delu. V tem zaprtem cevnem sistemu se nahaja tekočina, ki se pod vplivom sončne toplote uparja in omogoča učinkovit prenos toplote v kondenzatorski del na zgornji strani panela, ki je ukrivljen in tesno vpet na zbirno cev premera 50 mm. V njej kroži mešanica vode in glikola (z lediščem pod -20 °C), ki prenaša zbrano toplotno energijo do porabnika - hladilne naprave v poletnem obratovalnem režimu in toplotnih izmenjevalcev za dogrevanje zraka pozimi. Za čim boljši prenos toplote med kondenzatorskim delom

in zbirno cevjo skrbi grafitna prevodna pasta, ki izravna morebitne neravnine in omogoči popoln stik.



Slika 5: Patentirani aluminijasti paneli (proizvajalec Talum) pred montažo. Na šestih uparjalnih rebrih, povezanih s kondenzatorskim delom, je vidna mreža 'toplotnih cevk'. Na detajlu (desno) je prikazana namestitev na zbirno cev ob montaži.

Glavne konkurenčne prednosti izbrane tehnologije so nizki tlačni padci v zbirni cevi brez vtičnih povezav, izjemno učinkovito izkoriščanje tako direktne kot tudi difuzne sončne svetlobe, ni spojev, kjer bi bila možnost puščanja, v primeru poškodbe posamezne vakuumske cevi sistem deluje brez zaustavitve, robustna zasnova omogoča preprosto namestitve in enostavno vzdrževanje, široko delovno temperaturno območje med 60 in 130 °C, ki omogoča uporabnost tudi za potrebe daljinskega ogrevanja in industrijske procesne toplotne tehnike.

KONTAKTNI PODATKI

Institut »Jožef Stefan«

Jamova cesta 39, SI-1000 Ljubljana

Odsek za anorgansko kemijo in tehnologijo (K1)

Dr. Gašper Tavčar, vodja odseka

gasper.tavcar@ijs.si, T: +386 1 477 32 25

Mag. Jure Čizman, vodja projekta

jure.cizman@ijs.si, T: +386 1 588 54 26

Pilotni objekt je odprt za ogled po predhodnem dogovoru z vodstvom odseka K1. V naslednjih nekaj mesecih bodo v sklopu projektnih aktivnosti potekale izobraževalne delavnice (namenjene prvenstveno malim in srednje velikim podjetjem ter upravnim organom), na katerih bomo poleg drugih rezultatov projekta EMILIE podrobneje predstavili obravnavane tehnologije in analize meritev ter karakteristike vgrajenih sistemov. Obeta se tudi razširitev pilotnega objekta, saj so doseženi že tudi prvi dogovori o konkretnem sodelovanju pri razvoju in preskušanju novih zasnov solarnih termalnih tehnologij.