



Ilustracija 2
Toplinski dobici i gubici te potrebna toplina za grijanje hale tijekom godine

ELABORAT TOPLINSKE ZAŠTITE I GODIŠNJA ENERGETSKA BILANCA

Prvi i neizbježni korak pri izradi tehno-ekonomske analize energetske (hidrauličkih i dr) sustava je detaljan elaborat toplinske zaštite koji uključuje sve bitne i propisane parametre: meteorološke parametre mikrolokacije, geometrijske karakteristike objekta, detaljan izračun pojedinih građevinskih dijelova zgrade s koeficijentima prolaza topline i kondenzacije vlage, orijentiranost objekta i insolaciju, faktore zasjenjenja, proračun fizikalnih svojstava zgrade, toplinske gubitke, provjetranje, toplinske dobitke i zaštitu od pregrijavanja. Tek na osnovi tako provedenog izračuna, može se dobiti godišnja potreba za energijom koja je osnovni i nezaobilazni ulazni parametar za svako daljnje razmatranje i tehno-ekonomsku analizu. Bez toga, svaki daljnji pokušaj analize ne može dati realne rezultate i iluzija je da će bilo kakav realan povrat investicije biti izračunat.

Izračunati rezultati su sljedeći (il. 2):

- godišnja potrebna toplina za grijanje: $Q_0 = 413\,120 \text{ MJ} = 114\,756 \text{ kW h}$
- potrebna toplina za grijanje po volumenu grijanog dijela zgrade $Q'_h = 8,75 \text{ kW h/m}^3$ godišnje
- godišnja potrebna rashladna energija (za razdoblje 15.5. - 15.9): $Q_h = 354\,741 \text{ MJ} = 98\,000 \text{ kW h}$
- potrebna rashladna energija po jedinici volumena hlađenog dijela zgrade: $Q'_h = 13,1 \text{ kW h/m}^3$ godišnje.

IZRAČUN MAKSIMALNOG TOPLINSKOG I RASHLADNOG OPTEREĆENJA

Izračun godišnje energetske bilance objekta ne znači da je posao oko energetske proračuna gotov. Dapače, slijedi detaljan proračun

toplinskih gubitaka sukladno EN 12 831 i toplinskih dobitaka prema VDI 2078 kako bi se dobili detaljni podaci o vršnim vrijednostima potrebnih unosa ('inputa') energije zimi i ljeti.

Izračunom se došlo do podataka o maksimalnim energetske zahtjevima objekta na razini oko 150 kW toplinskog učina u najhladnijem zimskom i oko 90 kW rashladnog učina u najtoplijem ljetnom razdoblju.

IZMJENJIVAČ TOPLINE TLO - ZRAK

Instalacija

Kod nas razmjerno slabo poznat izmjenjivač topline tlo - zrak koristi sposobnost tla za akumulacije energije na dubini oko 1,5 - 2,0 m, pri čemu je temperatura tla približno konstantna (8 - 12 °C) tijekom godine. Toplina se tlu uzima pomoću vodoravno položenog sustava cijevi koji, uz ventilacijski sustav s filtrima, omogućava hlađenje vanjskog zraka ljeti i njegovo zagrijavanje zimi (il. 3).

Pri tome se postižu vrijednosti faktora grijanja (COP) načelno čak do 50 (za prikazani objekt 30 - 35) jer je potrošnja dodatne električne energije svedena na pogon ventilatora koji vanjski zrak upuhuje u podzemni izmjenjivač. Time se zimi vanjski zrak može zagrijati za oko 9 °C (npr. s vanjskih -5 na +4 °C), a ljeti ohladiti za oko 12 °C (npr. s vanjskih 30 na 18 °C). Takav se zrak dalje može obrađivati na razne načine (dogrijavati zimi, dohlađivati ljeti itd) i dalje razvoditi po objektu.

Energetski proračun mogućih tipova instalacije

Uz želju investitora da se temeljno zagrijavanje proizvodne hale izvodi pomoću izmjenjivača topline tlo - zrak, moguće je predvidjeti značajne uštede na plinu kao energentu za grijanje objekta.

Kao što je elaboratom toplinske zaštite i toplinskim izračunima prikazano, maksimalni potrebni toplinski učin za grijanje objekta u najhladnijem razdoblju iznosi oko 160 kW, dok je ukupna energija za grijanje na razini 114 000 kW h godišnje.

Uz želju investitora da se ne razmatra bivalentan sustav hlađenja koji bi uključio dizalicu topline zrak - zrak s električnim ili plinskim uređajem, svu toplinu za hlađenje prostora na oko 26 - 28 °C u najtoplijem ljetnom razdoblju treba crpiti iz tla. Kao što je prikazano izračunima, maksimalni potrebni rashladni učin u najtoplijem ljetnom razdoblju iznosi 88 kW, dok je ukupna energija za hlađenje na razini 98 000 kW h godišnje.

Dosadašnja iskustva na polaganju izmjenjivača topline tlo - zrak uglavnom upućuju na dvije mogućnosti za izvedbu instalacije:

- jednocijevnu betonsku konstrukciju (tehnički uvjeti: polaganje oko 2 × 150 m betonskih cijevi promjera 1000 mm na dubinu oko 2 m)
- višecijevni registar cijevi od polietilena visoke gustoće ili polivinilklorida (tehnički uvjeti: polaganje cijevnog registra od cijevi promjera DN 250 postavljenih između dva kolektora promjera DN 1200 na dubini oko 1,5 m).

Predložene izvedbe su s energetskog stajališta približno jednake. Međutim, bitno je uočiti da nijedna ne može samostalno riješiti energetske potrebe objekta jer je vidljivo da zadovoljavaju tek oko 50% njih na godišnjoj razini za grijanje, odnosno oko 40% za hlađenje!

Ukupne uštede na energiji iznose oko 3500 - 4000 EUR godišnje (uz poskupljenje energenata za 50% u dugoročnom razdoblju, ovisno o odabranoj izvedbi i poskupljenju energenata u budućem razdoblju) do oko 6500 EUR godišnje (uz poskupljenje energenata za 100% u odnosu na razinu iz proteklog razdoblja).

Analiza 'cost - benefit'

Analizom 'cost - benefit' obuhvaćeni su investicijski troškovi za instalaciju izmjenjivača topline tlo - zrak izvedenu kao (tablica 1):

- jednocijevna betonska konstrukcija s cijevima promjera DN 1000 i duljine 2 × 150 m
- višecijevni registar od cijevi od PE-HD-a promjera DN 250 i duljine oko 2500 m.

Pogonski troškovi za obje izvedbe su približno jednaki i nisu uzimani u obzir. Kod troškova održavanja, izvedba s betonskom cijevi velikog profila je zasigurno značajno opterećenija zbog više razloga: problema zabrtvljenosti spojeva, održavanja higijene unutarnje stijenske cijevi, evakuacije kondenzata iz revizijskih okana i potrebnog pada instalacije.

Kretanje cijena energenata u bližoj budućnosti u ovom se trenutku teško može predvidjeti. Naime, u Hrvatskoj je cijena plina još socijalna kategorija (s ekonomskog stajališta neopravdano), dok je njegova realna cijena oko 2 puta veća. Zasigurno je da će i cijena električne energije rasti u istom razdoblju, iako vjerojatno nešto manje. Stoga je u budućnosti moguće kalkulirati da bi se pogonski troškovi plina mogli približavati onima za električnu energiju.

S obzirom na predvidive troškove instalacije, može se izračunati razdoblje povrata investicije (u odnosu na sadašnje stanje i predvidiva poskupljenja energenata u bližoj budućnosti):

a) uz porast cijena energenata za 50%:

- za jednocijevnu betonsku konstrukciju: oko 25 godina

- za višecijevni registar: 50 godina
- b) uz porast cijena energenata za 100%:

- za jednocijevnu betonsku konstrukciju: oko 15 godina
- za višecijevni registar: 27 godina.

Napomena

Cijene ne obuhvaćaju dodatnu investiciju za standardnu opremu za pokrivanje godišnjih energetskih potreba objekta, već samo za izmjenjivač topline tlo - zrak! Cijena konvencionalne opreme za grijanje i hlađenje te njezina ugradnja stoje daljnjih oko 200 000 eura pa je ukupna investicija u opremu i instalacije za grijanje i hlađenje 300 000 - 400 000 eura!

Analiza 'pro - contra'

Analizom 'pro - contra' dani su razlozi za i protiv primjene izmjenjivača topline tlo - zrak za grijanje i hlađenje proizvodne hale (tablica 2).

Zaključak za izmjenjivač topline tlo - zrak

S obzirom na provedene proračune i analize, razvidno je da je instalacija izmjenjivača topline tlo - zrak energetski nadmoćnija i ekološki prihvatljivija od konvencionalnih načina dobivanja energije za grijanje i hlađenje. Pri tome je zbog spomenutih razloga višecijevna instalacija registra od PE-HD-a promjera DN 250 nešto povoljnija u energetskom, a osobito u tehničkom te sanitarno-sigurnosnom smislu od betonske jednocijevne konstrukcije promjera DN 1000.

Takav način grijanja i hlađenja ne može osigurati energetsku bilancu prikazanog objekta zbog njegovih specifičnih tehnoloških zahtjeva (proizvodni pogon) pa je potrebno, sukladno izračunima, uvesti dodatne konvencionalne



Ilustracija 3
Neki elementi izmjenjivača topline tlo - zrak pri polaganju

Tablica 1
Analiza 'cost - benefit' za dvije izvedbe instalacije izmjenjivača topline tlo - zrak

izvedba instalacije	cijena cijevi, opreme i radova, EUR
jednocijevna betonska konstrukcija	oko 100 000
višecijevni registar	oko 180 000

Tablica 2 Analiza 'pro - contra' za primjenu izmjenjivača topline tlo - zrak

razlozi za	razlozi protiv
ekonomičan način predgrijavanja zraka za grijanje zimi i hlađenje ljeti s energetskog stajališta	minimalan potrebni broj izmjena zraka za objekt (prema VDI 2802) je 3 h ⁻¹ , što daje velike protočne količine oko 22 000 m ³ /h što objekt čini prilično nepogodnim za željenu instalaciju
<ul style="list-style-type: none"> • ekološki poželjan sustav grijanja i hlađenja koji manje onečišćuje okoliš u odnosu na klasične sustave • smanjenje emisije CO₂ 	zbog velikih količina distribuiranog zraka s malom temperaturnom razlikom, potrebni su veliki kanali unutar objekta i odgovarajuće istrujne površine
sniženi troškovi pogona	potreban velik tlocrtni prostor za smještaj podzemnih cjevovoda
mogućnost pasivnog grijanja i hlađenja u povoljnim prijelaznim razdobljima	<ul style="list-style-type: none"> • potrebni značajni i skupi građevinski zahvati (velika ulazna investicija s upitnim razdobljem povrata) • skupa montaža i problematično održavanje cijevi i opreme u tlu • potrebni dodatni klasični uređaji za grijanje i hlađenje na plin i/ili električnu energiju što udvostručuje investiciju
<ul style="list-style-type: none"> • neprekinuta uporaba izmjenjivača tijekom cijele godine • neovisnost o klimatskim promjenama i godišnjem dobu 	samo pasivno hlađenje i/ili grijanje zrakom (na što računa investitor) nije dovoljno za cjelogodišnje hlađenje i grijanje objekta, već samo kao mjera za ostvarenje određenih ušteda na energiji
dugi vijek trajanja izmjenjivača topline	problemi kod betonskih cijevi: veliki promjeri, velika masa, brtvljenja i moguć prodor podzemnih voda, onečišćenja zraka zbog smrada i mikroba (sanitarna opasnost za ljude), pad nivelete cijevi zbog potrebe za odvajanjem kondenzata, velik broj okana za kondenzat, evakuacija kondenzata iz okana, brtvljenje poklopaca okana
velika pogodnost i isplativost za manje niskoenergetske objekte (obiteljske kuće i sl)	problemi cijevi od PE-HD-a: velika potrebna duljina (oko 2500 m) i dvostruka cijena investicije u odnosu na betonske cijevi
	nepostojanje adekvatne baze iskustva u Hrvatskoj

Tablica 3
Analiza 'cost - benefit' za instalaciju solarnih kolektora i prateće opreme

stavka	cijena, EUR	
solarni sustav	cijena opreme, instalacije i radova	oko 80 000
	cijena kolektora	oko 90 000
	ukupno	oko 170 000
konvencionalna oprema za grijanje s ugradnjom	oko 70 000	
sveukupno	oko 240 000	

SOLARNI SUSTAV Energetski proračun

Uz želju investitora da se ne razmatra bivalentni sustav hlađenja koji bi uključio dizalicu topline zrak - zrak s električnim ili plinskim uređajem, svu toplinu za hlađenje prostora s 26 - 28 °C u najtoplijem ljetnom razdoblju treba 'crpiti' pomoću solarnih kolektora. Kao što je ranije prikazano izračunima, maksimalni potrebni rashladni učin u najtoplijem ljetnom razdoblju iznosi 88 kW, dok je ukupna energija za hlađenje na razini 98 000 kW h godišnje.

uređaje za pokrivanje ukupnih potreba za toplinom (oko 40% pokrivenosti ukupne energetske bilance objekta obnovljivim izvorima).

Tablica 4
Analiza 'pro - contra' za primjenu solarnog sustava

razlozi za	razlozi protiv
ekonomičan način uštede energije za grijanje zimi (za oko 25%) s energetskog stajališta	<ul style="list-style-type: none"> • ovisnost o klimatskim promjenama i godišnjem dobu • neuporabivost u najhladnijem zimskom razdoblju
pokrivanje cjelokupnog rashladnog učina ljeti (100%)	potrebna skupa oprema za iskorištavanje Sunčeve energije
sveukupno pokrivanje 60% godišnjih potreba objekta za energijom za grijanje i hlađenje	potrebni dodatni klasični uređaji za grijanje na plin i/ili električnu energiju što povećava investiciju za oko 30%
<ul style="list-style-type: none"> • ekološki poželjan sustav grijanja i hlađenja koji manje onečišćuje okoliš u odnosu na klasične • značajno smanjenje emisije CO₂ (oko 37 t godišnje) 	sam solarni sustav nije dovoljan za cjelogodišnje grijanje objekta, već samo kao mjera za ostvarenje određenih ušteda na energiji
sniženi troškovi pogona	potreban značajno veći prostor strojarnice za smještaj uređaja za obnovljive i klasične izvore energije (dvostruki izvor topline)
neprekinuta uporaba tijekom cijele godine	nepostojanje adekvatne baze iskustva u Hrvatskoj

S obzirom na to da se predviđa postavljanje solarnih kolektora primarno za hlađenje prostora ljeti, prema tom će se provesti dimenzioniranje sustava. Dosadašnja iskustva na instalaciji sustava hlađenja pomoću solarnih kolektora uglavnom upućuju na postavljanje vakuumskih kolektora koji imaju do oko 50% bolje toplinske značajke u odnosu na klasične pločaste kolektore.

Kao što je ranije izračunato, toplinski dobici proizvodne hale u najopterećenijem mjesecu (srpnju) iznose oko 94 000 MJ! To daje opterećenje oko 3030 MJ/d, odnosno oko 840 kW h/d. Uz tipični faktor grijanja takvih sustava (COP = 0,7), kolektori moraju imati učin na razini $Q_H = 1200$ kW h/d. Uz iskustvenu procjenu mogućnosti kolektora $q = 4,5 - 5,0$ kW h/(m² d), proizlazi da za hlađenje proizvodne hale njihova potrebna površina iznosi $A = 260$ m². Taj se rezultat vrlo dobro poklapa s iskustvenim podacima da je potrebna površina kolektora oko 3 m²/kW instaliranog rashladnog učina (kada bi bilo $A = 264$ m²). U tom se smislu, a sukladno provedenim izračunima, predviđa postavljanje kako je spomenuto. Važno je napomenuti da se uvođenjem solarnog sustava u potpunosti pokrivaju potrebe za hlađenjem objekta u ljetnom razdoblju (svibanj - rujan)!

Za objekt je predloženo solarno grijanje i hlađenje s energetskeg stajališta zanimljivo jer je u stanju pokriti 100% potrebne rashladne energije ljeti i čini uštede za oko 25 - 30% ogrjevne topline zimi.

Ukupne godišnje uštede na energiji iznose oko 190 000 kW h što je ekonomska ušteda na razini 8000 - 10 500 eura godišnje (uz poskupljenje energenata 50 - 100% u kratkoročnom razdoblju). Smanjenje potrošnje plina uz te parametre iznosi oko 18 000 m³ godišnje, a smanjenje emisije ugljičnog dioksida oko 37 t godišnje!

Analiza 'cost - benefit'

Analizom 'cost - benefit' obuhvaćeni su investicijski troškovi za instalaciju solarnih kolektora i prateće opreme (tablica 3).

Pogonski troškovi solarnog hlađenja su minimalni s energetskeg stajališta i nisu uzimani u obzir, dok se trenutačno ne raspolaže s podacima o redovnom održavanju rashladnog tornja.

S obzirom na predvidive troškove instalacije, može se izračunati razdoblje povrata investicije (u odnosu na sadašnje stanje i predvidiva poskupljenja energenata u bližoj budućnosti):

- uz porast cijena energenata za 50%: oko 21 godine
- uz porast cijena energenata za 100%: oko 16 godina.

Analiza 'pro - contra'

Analizom 'pro - contra' dani su razlozi za i protiv primjene solarnog sustava za grijanje i hlađenje proizvodne hale (tablica 4).

Zaključak za solarni sustav

S obzirom na sve do sada provedene proračune i analize, razvidno je da je instalacija solarnog grijanja i hlađenja energetske nadmoćnija i ekološki prihvatljivija od konvencionalnih načina dobivanja energije za grijanje i hlađenje objekata.

No, takav način grijanja i hlađenja ne može u potpunosti osigurati energetske bilancu objekta, ali je pokriva s visokih 60%! Osobita je prednost sustava pokrivanje 100% rashladne potrošnje ljeti, kada je raspolaganje Sunčevom energijom najveće.

Potrebno je sukladno izračunima, uvesti dodatne konvencionalne uređaje za grijanje kako bi se do kraja pokrili ukupne godišnje potrebe za energijom.

USPOREDNA ANALIZA

Za kraj, treba prikazati skraćenu usporednu analizu najbitnijih tehnoloških parametara iz koje je za zadani objekt jasno vidljiva nadmoć solarnog sustava u odnosu na izmjenjivač topline tlo - zrak (tablica 5). ■

Tablica 5
Usporedna analiza najbitnijih tehnoloških parametara za solarni sustav i izmjenjivač topline tlo - zrak

parametri	potrebe objekta	izmjenjivač topline tlo - zrak	solarni sustav
maksimalni toplinski učin za grijanje objekta Q_g , kW	160 (samo proizvodna hala, bez ureda)	60 (≈ 35%)	? (ovisno o dnevnom vremenu)
maksimalni rashladni učin za hlađenje objekta Q_H , kW	88	32 (≈ 35%)	88 (100%)
potrebna energija za grijanje, kW h godišnje	114 000	60 000 (≈ 50%)	35 000 (≈ 30%)
potrebna energija za hlađenje objekta, kW h godišnje	98 000	33 000 (≈ 30%)	98 000 (100%)
ukupna bilanca za grijanje i hlađenje, kW h godišnje	212 000	93 000 (≈ 43%)	133 000 (≈ 63%)
investicija u sustav za grijanje i hlađenje (obnovljivi i klasični sustav), EUR	što manja	350 000	240 000
uštede na cijeni energije plina (grijanje i hlađenje), EUR godišnje	što veće	≈ 3300	≈ 10 600
vrijeme povrata investicije (bez državnih subvencija)	što kraće	oko 20 - 40 godina (ovisno o izvedbi sustava i kretanju cijene energenata)	oko 15 - 25 godina (ovisno o izvedbi sustava i kretanju cijene energenata)
smanjenje emisije CO ₂ , t godišnje	što veće	≈ 26	≈ 37

