

DIZALICE TOPLINE S PODZEMNOM TOPLINSKOM SONDOM - RASKORAK IZMEĐU ZBILJE I SNA

Krešimir PEČAR, dipl. ing.

Kako je jedan od osnovnih preduvjeta za trajni boravak čovjeka podnošljiva razlika između temperature njegovog tijela i okolice, od neobične je važnosti ostvariti koliko - toliko povoljne uvjete u stambenoj i/ili radnoj okolici koje prirodni regulatori temperature ljudskog tijela mogu kompenzirati. Od vremena kada su se praljudi grijali uz vatru u nekoj pećini do suvremenog doba i pokušaja iskorištavanja topline okolice (u smislu obnovljivih izvora energije) prošlo je nekoliko tisućljeća. Razvoj svijesti o snižavanju pogonskih troškova, ekološki čimbenici i nastojanje da se iz prirode uzme što veća količina topline za grijanje i/ili pripremu potrošne tople vode utjecali su na pojavu naprednih tehničkih rješenja. Jedno od najzanimljivijih su dizalice topline, a među njima i one koje toplinu uzimaju iz tla. Ta je ideja, u načelu, vrlo privlačna, pri čemu ponuđači opreme koriste činjenicu da se za proizvodnju 100% topline za grijanje i/ili pripremu PTV-a koristi svega 25 - 30% dopunske energije (najčešće za pogon kompresora dizalice topline), dok se 70 - 75% energije uzima iz okolice čime se 'značajno snižavaju' (?!?) pogonski troškovi. U članku će stoga biti analizirana primjena dizalice topline s podzemnom toplinskom sondom za iskorištavanje topline tla za grijanje i pripremu PTV-a za urbanu vilu na području Osijeka.

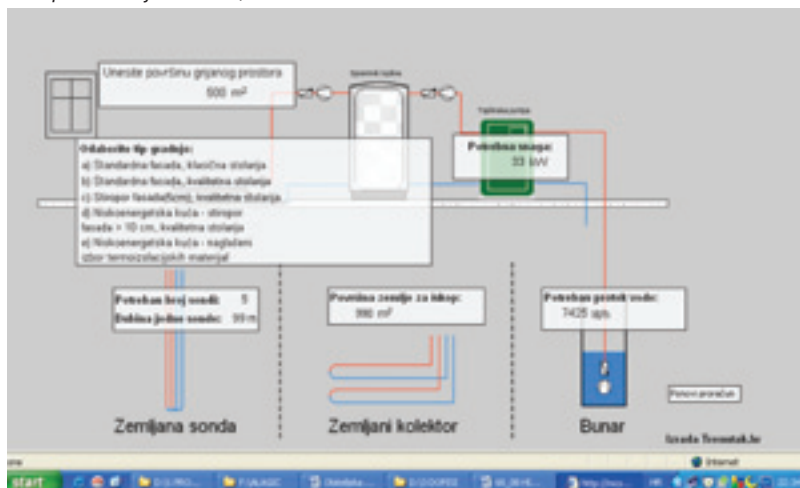
Ilustracija 1
Orijentacijski proračun potrebnog učina dizalice topline i osnovnih veličina primarnog izvora topline za obiteljsku kuću (napomena: izvor proračuna je MC Solar)

Za potrebe investitora izrađeni su elaborat tehničko-financijskih uvjeta te analize 'cost - benefit' i 'pro - contra' mogućnosti uporabe dizalice topline ili plinskog grijanja za urbanu obiteljsku vilu bruto površine oko 600 m², a sa svrhom ispitivanja mogućnosti uporabe dizalice topline za grijanje i hlađenje te pripremu potrošne tople vode u objektu. Predviđena je izgradnja niskoenferskog objekta nestandardnih tehnoloških zahtjeva što uključuje vanjski i unutarnji bazen,

saunu, parnu kupelj i dvoranu za fitness, uz podno grijanje i stropno hlađenje. Želja investitora je da se plin kao energent za objekt ne koristi (dakle, traži se monovalentno podno grijanje s jednim toplinskim izvorom - dizalicom topline s podzemnom toplinskom sondom). Uz prostor za izgradnju objekta, na parceli ostaje dodatnih oko 500 m² slobodnog prostora dvorišta.

GRUBI PRORAČUN MOGUĆIH TIPOVA INSTALACIJE DIZALICE TOPLINE

Uz želju investitora da se ne razmatra bivalentan sustav grijanja koji bi uključio dogrijavanje plinskim uređajem, svu toplinu za grijanje i pripremu PTV-a treba uzimati iz tla. Kao što se vidjelo iz grubog proračuna, za planirani objekt nije bila moguća izvedba s podzemnim kolektorima (zbog nedostatka prostora za polaganje vodoravne cijevne mreže), već je u razmatranje uzeta izvedba s podzemnim toplinskim sondama (il. 1). Izvedba s iskorištavanjem topline podzemnih voda (bunari) odbačena je zbog nepoznavanja podatka o količinama u prvom vodonosnom sloju do dubine oko 20 m (vezano uz to, trebalo bi napraviti geotehnička istraživanja na zadanoj lokaciji što bi dodatno značajno povećalo investiciju i produljilo rokove izgradnje).



oznaka	naziv	nagib, °	orijentacija	koeficijent prolaza topline U , W/(m ² K)	površina A , m ²	toplinski gubici A_{pr} , W/K
neprozirne plohe vanjskih građevnih dijelova						
krov	ravni krov	0	N	0,16	180,00	28,80
sjevni zid	vanjski zid	90	N	0,27	120,00	32,52
južni zid	vanjski zid	90	S	0,27	100,00	27,10
istočni zid	vanjski zid	90	E	0,27	105,00	28,46
zapadni zid	vanjski zid	90	W	0,27	100,00	27,10
ukupno	-	-	-	-	605,00	143,98
prozirne plohe vanjskih građevnih dijelova						
prozori, sjever	staklene stijene	90	N	1,02	8,00	8,16
prozori, jug	staklene stijene	90	S	1,02	25,00	25,50
prozori, istok	staklene stijene	90	E	1,02	25,00	25,50
prozori, zapad	staklene stijene	90	W	1,02	4,00	4,08
ukupno	-	-	-	-	62,00	63,24

Tablica 1
Specifični transmissijski toplinski gubici kroz vanjske dijelove građevine (dio ukupnog elaborata ušteda na energiji i toplinske zaštite)

ELABORAT TOPLINSKE ZAŠTITE OBJEKTA

Geometrijske karakteristike zgrade su sljedeće:

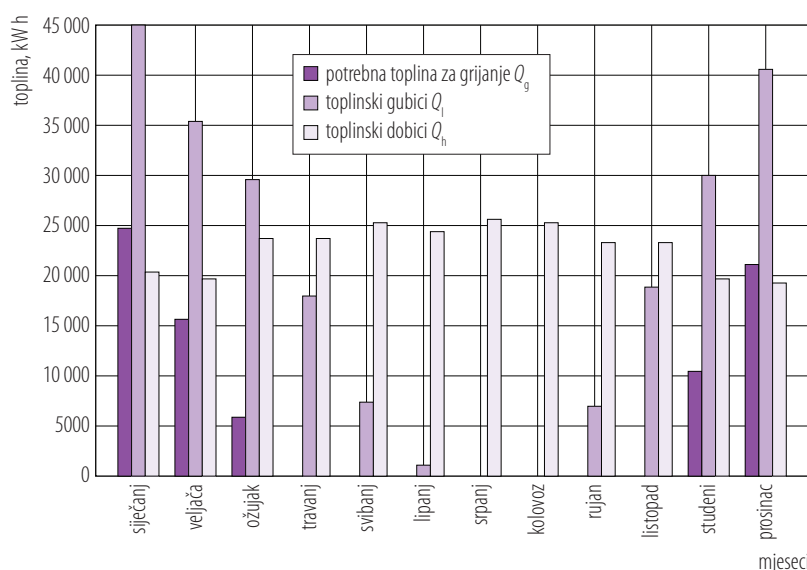
- oplošje grijanog dijela: $A = 1009 \text{ m}^2$
- volumen grijanog dijela: $V_e = 4000 \text{ m}^3$
- faktor oblika: $f_o = 0,25 \text{ m}^{-1}$
- korisna površina: $A_k = 1280 \text{ m}^2$
- udio površine prozora u ukupnoj površini pročelja: $f = 12,73\%$.

Osnovne značajke sustava grijanja zgrade su sljedeće:

- vrsta i način korištenja obnovljivog izvora energije: toplina tla
- način grijanja: centralno
- udio obnovljivog izvora u potrebnoj toplini za grijanje: 70%.

Koeficijenti prolaza topline građevnih dijelova zgrade su sljedeći:

- vanjski zid: $U = 0,27 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$ (za vanjske i zidove prema garaži i tavanu vrijedi: $U_{\text{max}} = 0,80 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$)
- novi građevni dio zidova prema tlu: $U = 0,24 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$ (za zidove prema tlu vrijedi: $U_{\text{max}} = 0,80 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$)
- pod na tlu: $U = 0,50 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$ (za podove na tlu, od dubine tlocrta prostorije 5 m vrijedi: $U_{\text{max}} = 0,65 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$)
- ravni krov: $U = 0,16 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$ (za ravne i kose krovove iznad grijanog prostora vrijedi: $U_{\text{max}} = 0,55 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$)
- staklene stijene: $U = 1,02 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$ (za prozore, balkonska vrata, krovne prozore i druge prozirne elemente vrijedi: $U_{\text{max}} = 1,80 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$).



mjeseci

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

To znači da građevni dijelovi zadovoljavaju zahtjeve odgovarajućeg pravilnika!

Proračunom fizikalnih svojstava zgrade glede uštede toplinske energije i toplinske zaštite dobiveni su specifični transmissijski toplinski gubici (il. 2, tablica 1).

Godišnja potrebna toplina za grijanje iznosi $Q_h = 77\,722 \text{ MJ} = 21\,589 \text{ kWh}$ (ta se toplina odnosi samo na zagrijavanje prostora!).

ANALIZA 'COST - BENEFIT'

Investicijski troškovi

Investicijski troškovi instalacije dizalice topline (samo za izvor topline, bez unutarnje instalacije sustava grijanja) su sljedeći:

- cijena samog uređaja: oko 60 000 kuna

- cijena ostale opreme (recirkulacijskih crpki, spremnika tople vode za grijanje i pripremu PTV-a, međuspremnik, cijevi itd): oko 40 000 kuna
- cijena bušotina, bentonita, raznih geotehničkih i građevinskih radova: oko 150 000 kuna.

Sveukupni instalacijski troškovi za dizalicu topline stoga iznose oko 250 000 kuna.

Investicijski troškovi instalacije plinskog kondenzacijskog kotla (samo za izvor topline, bez unutarnje instalacije sustava grijanja) su sljedeći:

- cijena cjelokupnog postrojenja kotlovnice (uključujući kotao, spremnik tople vode, crpke, automatiku itd): oko 45 000 kuna
- cijena plinskog priključka i unutarnje instalacije: oko 15 000 kuna.

Sveukupni instalacijski troškovi za plinski kondenzacijski kotao stoga iznose oko 60 000 kuna.

Pogonski troškovi

Sukladno provedenim proračunima toplinske bilance objekta, godišnja potrebna toplina za grijanje iznosi oko 22 000 kW h, a za pripremu PTV-a oko 8000 kW h pa je sveukupna energija potrebna za grijanje i pripremu PTV-a u objektu na razini 30 000 kW h godišnje.

S obzirom na to da je prosječna učinkovitost takvih sustava COP = 3,5, proizlazi da je za grijanje i pripremu PTV-a potrebno oko 8600 kW h električne energije godišnje za pogon kompresora, crpki i ostalih uređaja vezanih uz dizalicu topline. Trenutačne cijene energenata na tržištu su:

- električne energije: prosječno 0,84 HRK/(kW h)
- plina: prosječno 2,00 HRK/m³, odnosno 0,21 HRK/(kW h).

Zašto je cijena 1 kW h električne energije toliko veća u odnosu na konkurentne energente (u zadanom slučaju plin)? U razmatranju se ne smije zaboraviti da je sama proizvodnja električne energije proces s vrlo malim stupnjem djelovanja, u kojem se pri pretvorbi nepovratno gubi gotovo 2/3 energije unesene u proces (pretvorba kemijske energije ugljena, plina, mazuta, itd. ili nuklearne energije urana najprije u toplinsku energiju pare, zatim u kinetičku energiju turbine i konačno u električnu energiju u namotima generatora), što je i razlog njezinoj toliko višoj cijeni. Tome svakako treba pribrojiti i značajne gubitke tako pretvorene energije u elektroenergetskoj mreži što sve, zapravo, utječe na nekonkurentnost električne energije kada su u pitanju potrebe za grijanjem i/ili pripremom PTV-a za objekt.

Stoga godišnji pogonski troškovi iznose:

- za pogon dizalice topline i ostalih uređaja: 8600 kW h · 0,84 HRK/(kW h) = 7200 kuna
- za plin: 30 000 kW h · 0,25 HRK/(kW h) = 7500 kuna.

Dakle, i s gledišta pogonskih troškova, razvidno je da su pogonski troškovi instalacije plinskog kotla na godišnjoj razini trenutačno približno jednaki pogonskim troškovima energije kod instalacije dizalice topline.

Kretanje cijena energenata u bližoj budućnosti u ovom se trenutku teško može predvidjeti. Naime, u Hrvatskoj je cijena plina još (s ekonomskog gledišta neopravdano!) 'socijalna kategorija', dok bi njegova realna cijena trebala biti 2 - 3 puta viša. Zsigurno je da će i cijena električne energije rasti u istom razdoblju, iako vjerojatno značajno manje. Stoga je u budućnosti moguće kalkulirati da bi pogonski troškovi plina mogli nadresti cijenu električne energije za pogon kompresora dizalice topline. Međutim, dok je god cijena građevinskih radova na bušenju bunara značajno viša od cijene opreme, nije realno računati s brzom isplativošću sustava s dizalicom topline.

Ukupni troškovi izgradnje i prve godine rada sustava

Ukupni troškovi izgradnje i prve godine rada sustava su sljedeći:

- za dizalicu topline: 257 000 kuna
- za plinski kondenzacijski kotao: 63 000 kuna.

To znači da razlika iznosi 194 000 kuna u korist plinskog kondenzacijskog kotla.

Uz taj se izračun može, tek uz pretpostavku značajnog porasta cijene plina sa sadašnjih 0,21 na 0,50 HRK/(kW h) i minimalnog porasta cijene električne energije sa sadašnjih 0,84 na 1,00 HRK/(kW h), očekivati povrat uloženi sredstava za oko 30 godina! Međutim, ipak je teško povjerovati da će se cijena električne energije tako malo mijenjati pa je u načelu vidljivo da se instalacija dizalice topline s podzemnom toplinskom sondom ne može financijski isplatiti čak ni dugoročno!

ANALIZA 'PRO - CONTRA'

Razlozi za primjenu dizalice topline ('pro') su sljedeći:

- s energetskog stajališta to je najekonomičniji način grijanja i pripreme PTV-a, pri čemu se za pogon kompresora i ventilatora u crpki zahtijeva 1/4 - 1/3 dodatne energije, a veći dio energije (3/4) se uzima iz prirode
- ekološki najpoželjniji sustav grijanja koji najmanje onečišćuje okoliš
- sniženi troškovi pripreme PTV-a
- mogućnost pasivnog hlađenja manjih prostorića, podruma, smočnice i sl.
- mogućnost aktivnog hlađenja
- neprekinuta uporaba dizalice topline tijekom cijele godine (pravilnim izborom mjesta ugradnje)
- dug vijek trajanja dizalice topline.

Razlozi protiv primjene dizalice topline ('contra') su sljedeći:

- potrebna geomehanička ispitivanja prikladnosti terena za određivanje pravog rješenja (rokovi izvođenja?)
- potrebna dozvola Hrvatskih voda i ostalih zainteresiranih institucija te plaćanje godišnje rente za izvođenje i uporabu bušotina ili bunara (rokovi dobijanja dozvole?)
- potrebna međusobna udaljenost bušotina oko 10 m za sprječavanje međusobnog toplinskog utjecaja (pod pretpostavkom da je preostala slobodna površina zemljišta 20 × 20 m, gotovo nema dovoljno mjesta za potrebnih pet bušotina)
- dizalica topline je konstruirana samo za maksimalnu učinkovitost na sustavima grijanja pa aktivno hlađenje neće imati tako velik faktor učinka (eng. COP, coefficient of performance) kao što je to za sustave grijanja (takav kombinirani uređaj ipak ne može dati istovjetni maksimum u dva posve suprotna načina rada, a samo pasivno hlađenje vodom temperature oko 12 °C, na što računa investitor, u načelu nije dovoljno za hlađenje objekta, već samo za manje zahtjeve hlađenja, a također treba reći da se podzemlje razmjerno brzo 'zasiti' otpadnom toplinom iz objekta pa dolazi do daljnjeg povišenja temperature tla oko bušotina i pada COP-a zbog čega su, s gledišta tehničkog optimuma, najbolji odvojeni sustavi)
- visoka ulazna investicija s upitnim povratnim razdobljem, skupa montaža i održavanje skupih uređaja
- vrlo skupa dodatna potrebna energija kompresora i crpki za recirkulaciju (oko 30% električne energije u cjelokupnoj toplinskoj godišnjoj bilanci objekta!!!)
- potreban dodatni električni grijač koji nadomješta potrebnu energiju u hladnijem razdoblju, što uzrokuje dodatno pogoršanje ekonomske isplativosti sustava za 5 - 10% i povećanje ovisnosti o najskupljem energentu (električnoj energiji)
- potreban značajno veći prostor strojarnice za smješaj spremnika tople vode za grijanje, većeg spremnika za pripremu PTV-a, međuspremnik i same dizalice topline (zajedno s kompresorom i svom ostalom potrebnom opremom)
- upitno održavanje cijelog sustava, osobito nedostupnih dijelova kao što je, npr. 500 m cijevi postavljenih u bentonitnoj oblozi unutar bušotina
- temperatura polaznog voda sustava grijanje od 40 - 50 °C omogućuje isključivo monovalentno podno grijanje i nije dovoljna za posebne tehnološke zahtjeve objekta (parna kupelj, radijatori, sušači i sl), što treba riješiti pomoću dodatne električne energije.

ZAKLJUČAK

Iako bi se analizi potencijalno moglo zamjeriti da nije uzela u obzir energetska učinkovitost i koristi mogućeg pasivnog i aktivnog hlađenja, ono je u prikazanom slučaju ipak od sekundarne važnosti u odnosu na energetska potrebu za grijanje i pripremu PTV-a u objektu te nema presudan utjecaj na odluku o izboru sustava grijanja.

S obzirom na sve do sada provedene proračune i analize, razvidno je da je instalacija dizalice topline tehnološki superiorna i ekološki prihvatljivija od drugih načina dobivanja energije za grijanje i pripremu PTV-a u prikazanoj urbanoj vili.

Međutim, tehničko-energetski problemi spomenuti u analizi 'pro - contra', cijena izvođenja instalacije dizalice topline i vezanost s kasnijim povišenim pogonskim troškovima za električnu energiju za pogon kompresora ne dopuštaju prevelik manevarski prostor za daljnja promišljanja vezano uz monovalentnu instalaciju dizalice topline za grijanje i pripremu PTV-a.

Valja zaključiti, u investiciji je dizalica topline skuplja za oko 350 - 450% od plinskog kondenzacijskog kotla najnovije generacije, dok su u pogonu troškovi trenutačno približno jednaki, zahvaljujući udjelu pogona kompresora najskupljim energentom, električnom energijom (premda se očekuje određena promjena tog trenda u narednom razdoblju, uz eventualno značajno povišenje cijene plina)!

Dok je stanje na tržištu takvo da je cijena građevinskog zahvata za oko 1,5 puta viša od cijene cjelokupne instalacije dizalice topline i opreme, a država ne osigurava potrebne olakšice na nabavu opreme i radova i/ili pokriva dio troškova, prikazana priča u hrvatskim okvirima neće imati pravi nastavak.

Stoga se na osnovi iskustva malog broja dizalica topline postavljenih u Hrvatskoj prednost treba dati bivalentnom grijanju (dizalica topline u kombinaciji s plinskim kotlom ili sl), čime se može postići određen tehnički kompromis i optimirati troškovi instalacije tako da manji broj bušotina (što znači i značajno nižu investiciju) opskrbljuje dizalicu topline potrebnom toplinom veći dio godine, dok se plinski kotao uključuje u uvjetima kada ona više ne može dati potrebni toplinski učin sustavu grijanja i pripreme PTV-a u objektu u najhladnijim mjesecima. Dakle, nužno je za prikazani objekt odbaciti izvedbu s podmirivanjem topline za grijanje i pripremu PTV-a isključivo monovalentno, samo pomoću dizalice topline!

Prikazana analiza pokazuje veliku odgovornost projektanta termoenergetskih postrojenja da sveobuhvatnom analizom dobije takve tehničko-ekonomske (i ekološke!) pokazatelje koji će, često samouvjerenog investitora s početnim uvjerenjem da ima jasnu viziju, usmjeriti na pravi put. ■