

# 1

2020

tehnologije

# DIZALICA TOPLINE

STRUČNI ČASOPIS

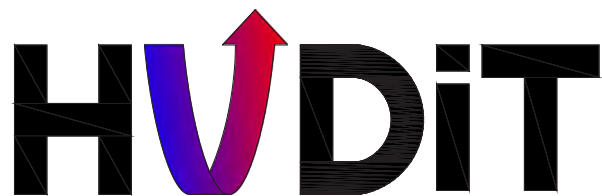
HRVATSKO UDRUŽENJE ZA DIZALICE TOPLINE



- ŽIVJETI U NISKOENERGETSKOJ/nZEB KUĆI
- DIZALICE TOPLINE - TEMELJ NAPREDNIH GViK SUSTAVA
- KASKADNA VISOKOTEMPERATURNADIZALICA TOPLINE U INDUSTRIJI MLIJEKA

ISSN 2718-4099





## Hrvatsko udruženje za dizalice topline

**Hrvatsko udruženje za dizalice topline** osnovano je 21. ožujka 2019. godine s ciljem promocije korištenja dizalica topline u sustavima grijanja i hlađenja te zaštite interesa uključene struke i potrošača kao sudionika na tržištu dizalica topline.

Okupljajući fizičke i pravne osobe iz znanstveno-istraživačkih institucija, projektante, izvođače, proizvođače i distributere opreme HUDIT postaje temelj povezivanja gospodarstvenika, znanstveno-istraživačkih institucija, lokalnih zajednica, tijela državne uprave, inženjerskih komora i ostalih subjekata na projektima koji koriste dizalice topline.

Široki spektar djelatnosti članstva udruženja omogućuje aktivno sudjelovanje HUDIT-a pri identifikaciji pravnih, stručnih, ekonomskih i socijalnih prepreka šire primjene dizalica topline te izrade prijedloga uklanjanja istih. Nadalje, omogućuje pružanje stručne podrške

institucionalizaciji te kreiranju nacionalne zakonske regulative na predmetnom području, provođenje edukacija i savjetovanja o korištenju dizalica topline te informiranje zainteresirane nestručne javnosti o dobroj inženjerskoj praksi prilikom izvedbe sustava s dizalicama topline.

Osim dizalica topline, HUDIT kao udruženje promovira sve mjere koje doprinose održivom i konkurentnom razvoju društva, kao što su energetska učinkovitost, racionalna upotrebu energije te primjena obnovljivih izvora energije općenito.

HUDIT je aktivni član **Europskog udruženja za dizalice topline (EHPA)**.



### Popis pravnih članova:

Abitus d.o.o.

Ajster d.o.o.

Daikin Hrvatska d.o.o.

Dalmacija Klima d.o.o.

EKOPLAN SUSTAVI d.o.o.

Frigo Plus d.o.o.

Energetski institut Hrvoje Požar

Geoservis A. S. d.o.o.

Katuni d.o.o.

MC Solar d.o.o.

Optima Therm d.o.o.

RO-TERMO d.o.o.

Tehnokom d.o.o.

TEHNOSTAN d.o.o.

H5 d.o.o.

TRITEH d.o.o.

TT INŽENJERING d.o.o.

Viessmann Hrvatska d.o.o.

VEKA-ING d.o.o.

### Učlanjenje u Udruženje:

Članovi Udruženja mogu biti državljani Republike Hrvatske i strani državljani te domaće i strane pravne osobe (trenutno je blizu 50 što fizičkih što pravnih članova). Godišnja članarina za fizičke osobe iznosi 100,00 kn, dok članarina za pravne osobe iznosi 500,00 kn.

Više informacija o članstvu te upute o učlanjenju moguće je pronaći na internetskim stranicama udruženja [www.hudit.hr](http://www.hudit.hr) ili upitom na [info@hudit.hr](mailto:info@hudit.hr). Sva prava i obveze članova udruženja definirana su Statutom koji je javno dostupan na internetskim stranicama.



## IMPRESUM

### Uredivački kolegij:

Iva Bertović, mag. ing. stroj.

dr. sc. Luka Boban

dr. sc. Staša Borović

Josip Čižmešija, dipl. ing. stroj.

Marko Grđan, dipl. ing. stroj.

Dalibor Jovanović

prof. dr. sc. Tomislav Kurevija

dr. sc. Marina Malinovec Puček

prof. dr. sc. Vladimir Soldo

### Izdavač:

Hrvatsko udruženje  
za dizalice topline (HUDiT)

Ivana Lučića 5

10000 Zagreb

Matični broj: 5081238

IBAN: HR7023600001102775038

e-mail: info@hudit.hr

web: www.hudit.hr

### Grafička priprema:

ENERGETIKA MARKETING d.o.o.

Sokolska 25

10 000 Zagreb

### Tisak

Horvat tisak d.o.o.

Zagreb

Časopis Hrvatskog udruženja za dizalice topline objavljuje stručne radove iz područja sustava grijanja i hlađenja s naglaskom na obnovljive izvore energije.

Časopisu Tehnologije dizalica topline dodijeljen je međunarodni standardni broj ISSN 2718-4099 i skraćeni naziv Tehnol. dizalica topline. Sadržaj časopisa dopušteno je objavljivati bez naknade uz navod izvora te signature autora objavljenog dijela sadržaja.

## Poštovani čitatelji,

Iznimno mi je zadovoljstvo obratiti Vam se u prvom broju časopisa **Tehnologije dizalica topline**. Prije svega, zahvalio bih se svim suradnicima, autorima i koautorima članaka te donatorima na nesebičnom doprinosu promicanja tehnologije dizalica topline.

Dizalice topline već su desetljećima u razvijenom svijetu prepoznate kao visokoučinkovita tehnologija u proizvodnji rashladne i toplinske energije. Posljednjih godina dizalice topline bilježe progresivan rast broja instaliranih jedinica. Europsko udruženje za dizalice topline (European Heat Pump Association - EHPA) navodi godišnji porast od 14 %, a dodatni vjetar u leđa njihovoj primjeni daju propisi među kojima svakako treba istaknuti regulativu o gotovo nula energetske zgradama (nZEB).

Broj instaliranih sustava raste također i u Hrvatskoj. Sve je više oglednih sustava različitih tipova u praksi, kako onih većih, tako i manjih. Po broju jedinica prednjače sustavi zrak-voda. U ovom broju časopisa u uvodnom članku dane se osnove primjene različitih tipova i principi rada dizalica topline. Zatim su dani praktični primjeri primjene dizalica topline voda-voda u Varaždinu i Osijeku u području zgradarstva te jedan primjer primjene visoko-temperaturne kaskadne dizalica topline u industriji.

Šira primjena dizalica topline je proces koji zahtjeva vrijeme i iskustvo. Važan dio tehnologije su standardi projektiranja, izvedbe i održavanja sustava budući su dizalice topline relativno nova tehnologija za struku. Hrvatsko udruženje za dizalice topline osnovano je prošle godine kako bi objedinjavalo struku. Vizija Udruženja je promocija korištenja dizalica topline u sustavima grijanja i hlađenja u svim segmentima društva, na lokalnoj, regionalnoj i nacionalnoj razini te zaštita interesa uključene struke u svim oblicima vezanih poslova i potrošača kao sudionika na tržištu dizalica topline. Cilj udruženja je promocija obnovljivih izvora energije, energetske efikasnosti i racionalne uporabe energije, koji doprinose održivom razvoju i postizanju ciljeva niskougljičnog razvoja.

Priprema prvog broja časopisa odrađena je u nesevakidašnjem vremenu pandemije koronavirusa. Časopis na svjetlo dana izlazi na završetku pandemije koja je promijenila mnoge naše poslovne i privatne navike. K tome, naš glavni grad Zagreb zadesio je veliki potres. Sve nas je to pomalo uzdrimalo i potaklo na trezvenije razmišljanje o čovjeku, radu kojeg čovjek stvara, bližnjemu kojega susreće, prirodi i okolini u kojoj živi.

S poštovanjem,

**Hrvatsko udruženje za  
dizalice topline (HUDiT)**

Predsjednik:

prof. dr. sc. Vladimir Soldo, dipl. ing.

# SADRŽAJ

HUDIT **2**

**3** UVODNIK

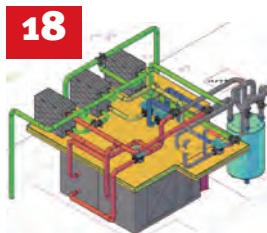
SADRŽAJ **4**

## PRIMJENA I OSNOVNI PRINCIPI RADA DIZALICA TOPLINE



## ŽIVJETI U NISKOENERGETSKOJ/ nZEB KUĆI

## DIZALICE TOPLINE - TEMELJ NAPREDNIH GViK SUSTAVA



## KASKADNA VISOKOTEMPERATurna DIZALICA TOPLINE U INDUSTRIJI MLJEKA

**25** FRIGO PLUS

PROJEKT MUSE **26**

**27** H5

VISSMANN **28**

# PRIMJENA I OSNOVNI PRINCIPI RADA DIZALICA TOPLINE

prof. dr. sc. Vladimir Soldo, mag. ing. stroj.  
dr. sc. Luka Boban, mag. ing. stroj.  
Iva Bertović, mag. ing. stroj.

Dizalice topline smatraju se visokoučinkovitim sustavima za proizvodnju toplinske i rashladne energije. Koriste se za grijanje, hlađenje i pripremu potrošne tople vode u području zgradarstva i industrijskih procesa. Primjenjuju se u svim veličinama, od onih najmanjih za grijanje stanova, pa sve do sustava koji služe za grijanje i hlađenje čitavih naselja.

Najveća prednost korištenja dizalica topline jest činjenica da u ukupnoj izmijenjenoj toplini jedan manji dio otpada na uloženu energiju, a veći dio na obnovljivu energiju iz okoliša. Pretežito se koriste za niskotemperaturne sustave grijanja s temperaturom polaznog voda do 55 °C, ali i za visokotemperaturne režime do temperatura polaza 90 °C i više.

Osim naziva dizalica topline, kolokvijalno se još koriste termini kao što su toplinske crpke ili toplinske pumpe (izravni prijevodi s engleskog jezika *Heat pump* ili njemačkog jezika

*Wärmepumpe*) koji nisu u potpunosti u skladu s hrvatskim stručnim nazivljem.

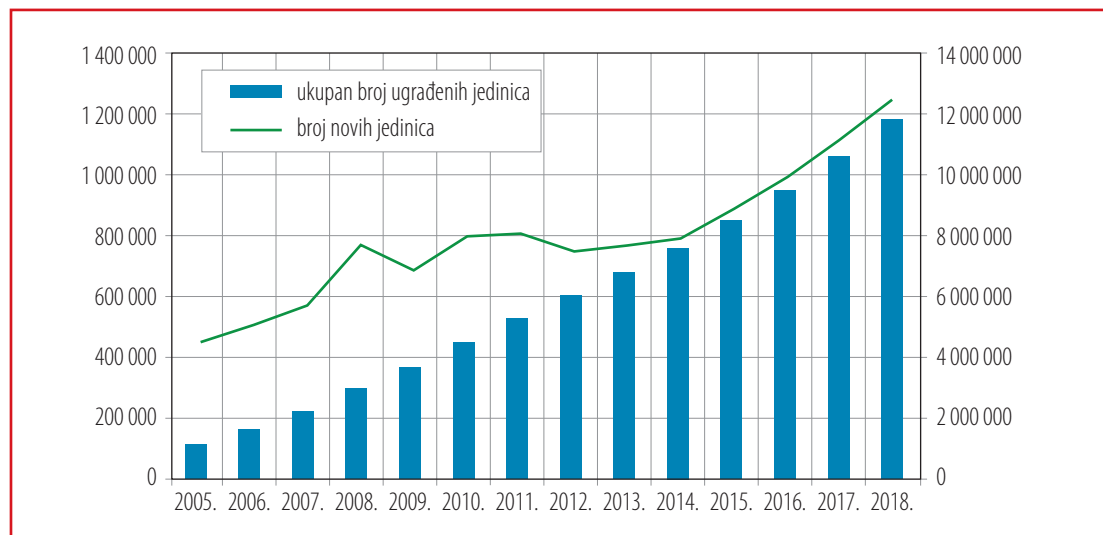
Posljednjih godina dizalice topline bilježe progresivan rast broja instaliranih jedinica u sustavima grijanja i hlađenja. Europsko udruženje za dizalice topline (EHPA) navodi prosječni godišnji porast od 14 % (Slika 1).

## PRINCIP RADA DIZALICE TOPLINE

Postoje različiti principi rada dizalica topline, ali u primjeni su najčešće kompresijske i apsorpcijske dizalice topline. Shematski

### Slika 1

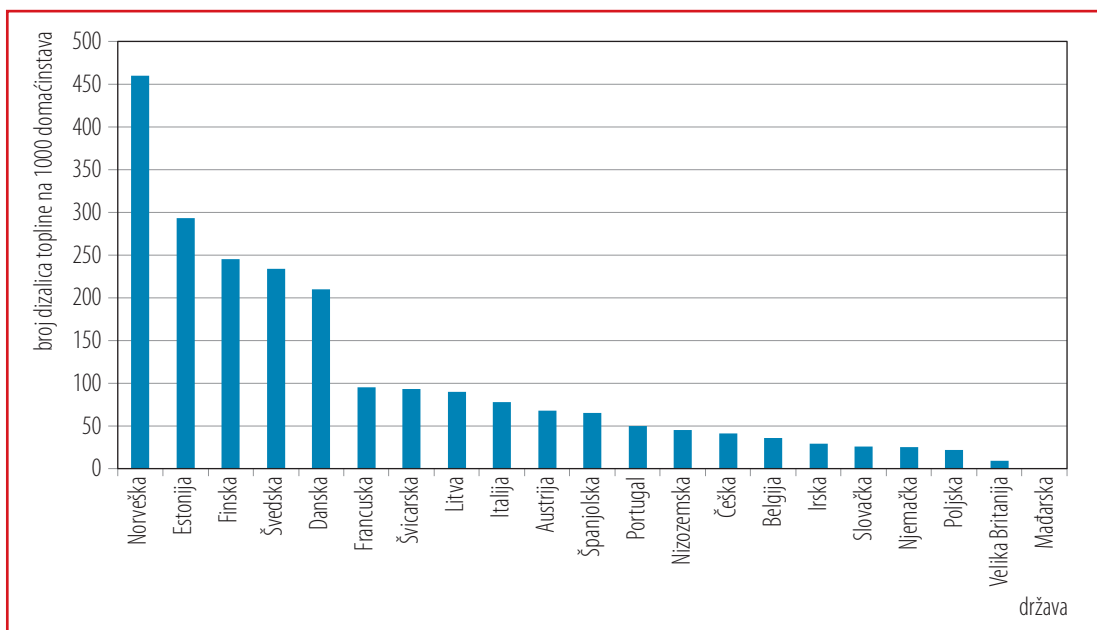
Broj instaliranih dizalica topline u zemljama EU-21 (izvor: EHPA Market Report 2019)



## Slika 2

Broj instaliranih dizalica topline na 1000 domaćinstava u europskim zemljama

(izvor: EHPA Market Report 2019)



prikaz kompresijske dizalice topline prikazan je na Slici 3.

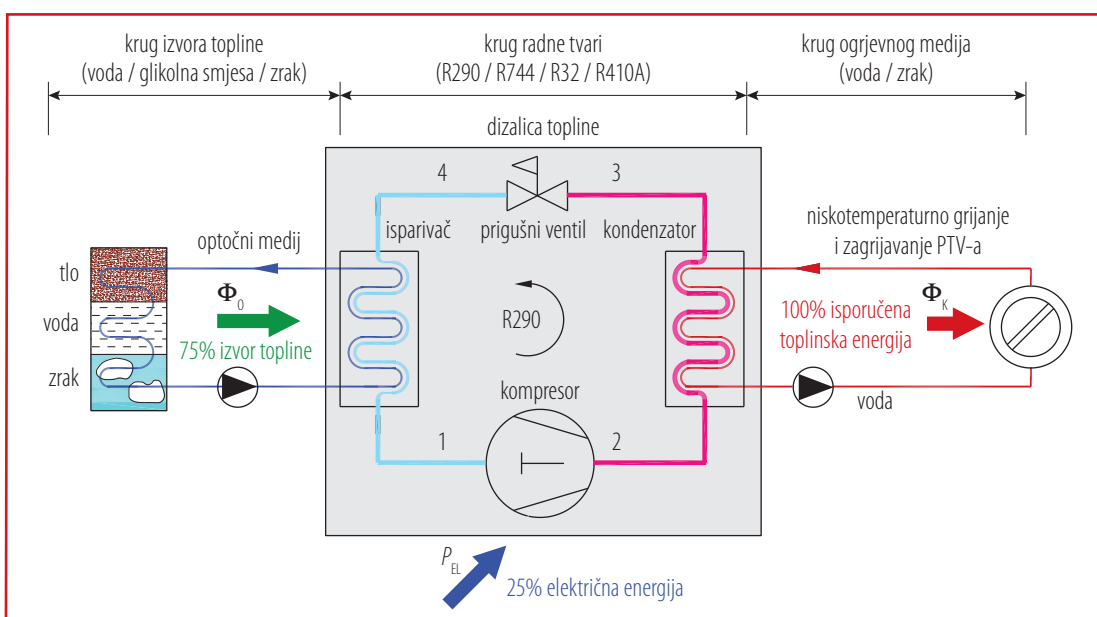
Dizalica topline omogućuje izmjenu topline između dvaju toplinskih spremnika i to tako da se toplina prenosi sa spremnika niže temperature te predaje spremniku više temperature. Kako bi takav ljevokretni proces bio moguć, potrebno je sustavu privesti dodatnu kompenzacijsku energiju. U većini slučajeva uložena energija je električna energija za pogon kompresora. Osnovne komponente kompresijske dizalice topline su kompresor, kondenzator, prigušni

ventil i isparivač te radna tvar kao prijenosnik energije.

Tijekom kružnog procesa radna tvar mijenja agregatna i toplinska stanja kako bi omogućila izmjenu topline s toplinskim izvorom i toplinskim ponorom. Četiri su različite promjene stanje radne tvari kružnog procesa: kompresija 1-2, kondenzacija 2-3, prigušenje 3-4 i isparavanje 4-1 (Slika 4). Od radnih tvari koriste se zasićeni ugljikovodici R410A, R407C, R32 i R1234yf te prirodne radne tvari R290, R744 i R717 koje važećom F-gas uredbom 517/2014 polako preuzimaju primat.

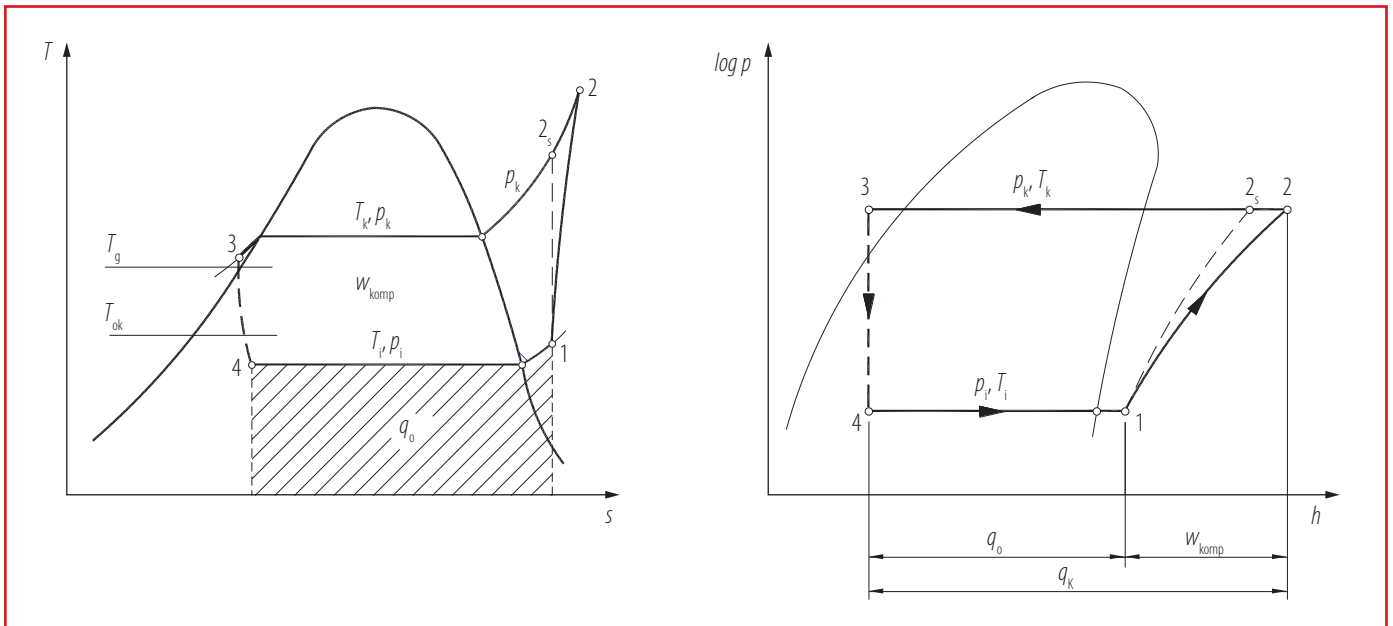
## Slika 3

Shematski prikaz kompresijske dizalice topline s izvorom i ponorom topline



#### Slika 4

Prikaz procesa u  $T,s$  i  $\log p, h$  dijagramu



Izmijenjena toplina na kondenzatoru jednaka je zbroju preuzete toplinske energije od izvora topline i privedenog rada za kompresiju radne tvari:

$$q_k = q_o + w_{\text{komp}}, \text{ kJ/kg}$$

Ako se bilanca svede na učinke komponenti kružnog procesa izražene u kW jednadžba glasi:

$$\Phi_K = \Phi_o + P_{\text{komp}}, \text{ kW}$$

#### UČINKOVITOST DIZALICE TOPLINE

Nazivna vrijednost učinkovitosti dizalice topline prema normi HRN EN 14511 (engl. Coefficient of performance - COP ili faktor grijanja) definirana je kao omjer učinka grijanja i električne snage za pogon kompresora i pomoćnih komponenti u stacionarnom stanju:

$$COP = \frac{\Phi_K}{P_{\text{el}}}$$

Nazivna vrijednost učinkovitosti u režimu hlađenja (engl. Energy Efficiency of Ratio - EER) definirana je kao omjer rashladnog učinka i električne snage za pogon kompresora i pomoćnih komponenti:

$$EER = \frac{\Phi_o}{P_{\text{el}}}$$

Prosječni nominalni faktor grijanja, ovisno o temperaturama toplinskog izvora i ponora, najčešće doseže vrijednosti od 3 do 5. Ako je COP jednak 4, to znači da za 1 kW privedne električne snage sustavu, učinak grijanja na kondenzatoru iznosi 4 kW (Slika 3). Generalno se može reći da će učinkovitost dizalice topline biti viša ako je temperatura toplinskog izvora viša, a temperatura toplinskog ponora

(ogrjevnog medija sustava grijanja) niža. Iz navedenog razloga dizalice topline koriste se pretežito za niskotemperaturne sustave grijanja (podno ili ventilokonvektorsko grijanje).

Za energetske vrednovanje sustava relevantnija je sezonska učinkovitost dizalice topline (Seasonal Performance Factor - SPF). RES direktiva 28/2009 svrstava dizalice topline u obnovljive izvore energije prema iznosu sezonske učinkovitosti sustava.

Sezonski faktor grijanja SPF dizalice topline računa se pomoću sljedećeg izraza:

$$SPF (SCOP) = \frac{\Sigma(Q_{\text{gr}} + Q_{\text{PTV}})}{\Sigma E_{\text{sust}}}$$

Vrijednosti sezonske učinkovitosti dizalice topline u režimu grijanja dosežu vrijednosti od 3 do 4,5. Primjenom u industriji sezonska učinkovitost dizalica topline može dosezati vrijednosti od 4 do 6.

#### RAZLIČITI TIPOVI IZVEDBE DIZALICA TOPLINE

Svojstva toplinskog spremnika uvelike utječu na rad dizalice topline, a to su prije svega kapacitet toplinskog izvora, promjenjivost temperature tijekom godine te investicijski i pogonski troškovi korištenja pojedinog oblika toplinskog spremnika. Najčešća podjela toplinskih izvora je na okolišni zrak, tlo, vodu i otpadnu toplinu.

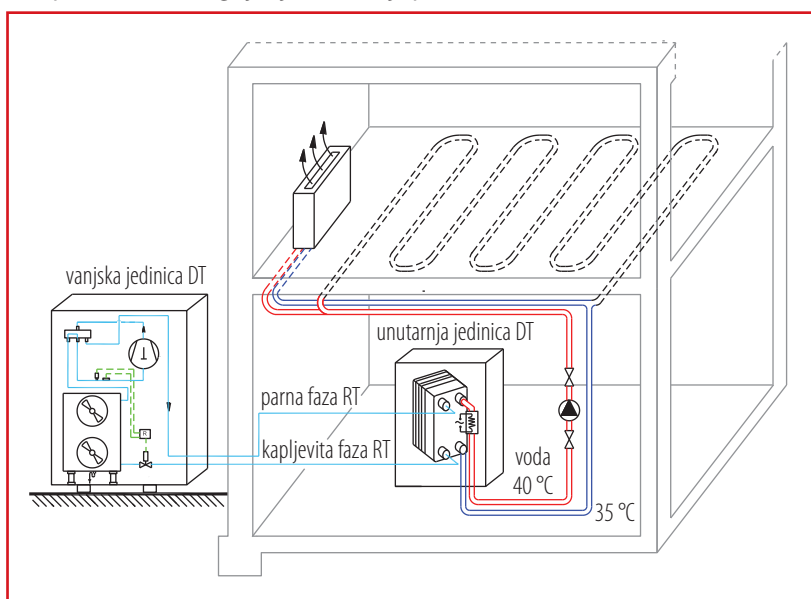
Okolišni zrak najveći je i najpristupačniji toplinski spremnik. Njegovo iskorištavanje ne zahtjeva velike troškove za priključenje već samo dostupan i siguran prostor u koji

se može ugraditi vanjska jedinica (Slika 5). Vanjska jedinica može predstavljati izvor buke zbog ugrađenih ventilatora i kompresora što je nužno uzeti u obzir prilikom odabira mjesta ugradnje.

Najveći nedostatak zraka, kao toplinskog spremnika, je velika varijabilnost temperature kroz godinu što utječe na kapacitet i učinkovitost dizalice topline. Iz tog razloga se dizalice topline ovog tipa pretežito ne dimenzioniraju za vršno ogrjevno opterećenje već se

### Slika 5

Kvalitativan prikaz dizalice topline zrak-voda (split izvedba) za grijanje i hlađenje prostora



### Tablica 1

Radne točke dizalice topline zrak-voda prema EN 14511

| radna točka | učinak, kW | COP, - |
|-------------|------------|--------|
| A-7/W35     | 9,1        | 3,0    |
| A2/W35      | 11         | 3,5    |
| A7/W35      | 13,2       | 4,0    |
| A20/W35     | 16,1       | 4,8    |
| A-7/W45     | 8,7        | 2,55   |
| A2/W45      | 10,6       | 3,0    |
| A7/W45      | 12,7       | 3,4    |
| A20/W45     | 15,8       | 4,05   |

### Tablica 2

Radne točke dizalice topline tlo-voda prema EN 14511

| radna točka | dizalica topline tlo - voda |                      |     |
|-------------|-----------------------------|----------------------|-----|
|             | učinak, kW                  | električna snaga, kW | COP |
| B0/W35*     | 10,3                        | 2,3                  | 4,6 |
| B0/W45**    | 9,7                         | 2,7                  | 3,5 |
| B0/W55***   | 8,7                         | 3,3                  | 2,6 |

Temperaturni režim: isparivač 0/-3°C; kondenzator \* 30/35 °C; \*\*40/45 °C; \*\*\*47/55 °C

sustavi izvode u kombinaciji s dodatnim izvorom topline (najčešće električnim grijačem). Dodatno, u zimskim mjesecima je moguća pojava inja i leda na cijevima isparivača uslijed vlage u zraku što dodatno narušava učinkovitost uređaja. Međutim, bez obzira na sve navedene nedostatke, izvedba uređaja se svakim danom usavršava, učinkovitost je sve viša te dizalice topline zrak-voda imaju najveći rast broja instaliranih jedinica u praksi. Standardna radna točka dizalice topline zrak-voda prema EN 14511 je A2/W35 (Tablica 1).

Tlo je nakon zraka najrasprostranjeniji toplinski spremnik, ali za iskorištavanje tla potrebni su veći investicijski troškovi vezani uz izvedbu izmjenjivača u tlu. Glavna prednost tla, kao toplinskog spremnika, je njegova toplinska inercija, odnosno značajno manje temperaturne oscilacije kroz godinu u odnosu na zrak. Na dubinama većim od 2 metra sezonska amplituda temperature je manja od 10 °C, a porastom dubine ispod 10-20 metara iščezava vremenska promjenjivost temperature tla. Izmjena topline s tлом uvjetovana je toplinskim svojstvima tla i izvedbom izmjenjivača u tlu.

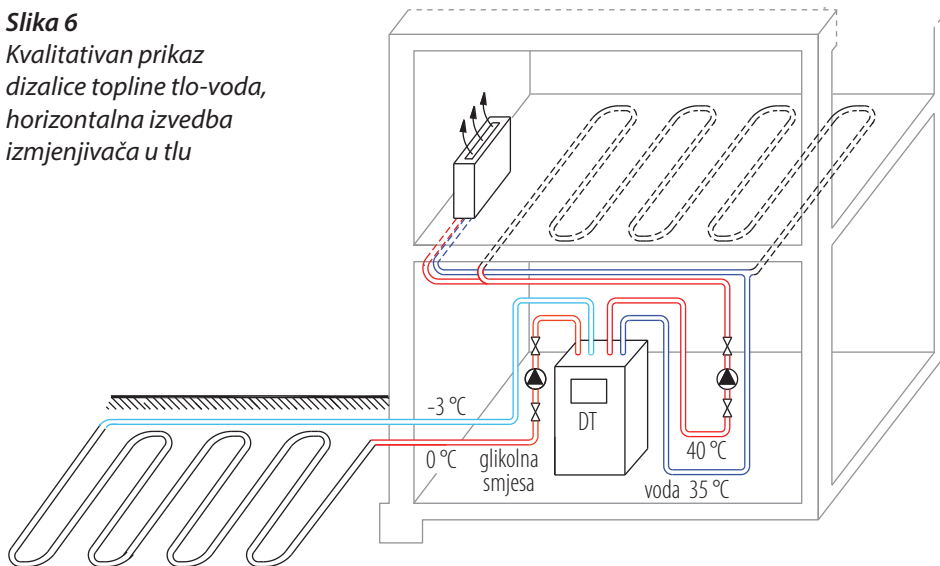
Ovisno o vrsti izmjenjivača u tlu, sustavi se mogu podijeliti na horizontalnu i vertikalnu izvedbu. U oba slučaja riječ je o posrednim sustavima kod kojih kroz izmjenjivač topline u tlu struji posredni prijenosnik energije (mješavina vode sa sredstvom za snižavanje leđišta vode) te izmjenjuje toplinu s tлом i predaje ju dizalici topline na isparivaču ili kondenzatoru, ovisno radi li sustav u režimu grijanja ili hlađenja. Standardna radna točka dizalice topline tlo-voda prema EN 14511 je B0/W35 (Tablica 2).

Horizontalna izvedba izmjenjivača zahtjeva niže investicijske troškove u odnosu na vertikalnu izvedbu, ali zahtjeva veliku slobodnu površinu za ugradnju (otprilike dvostruko veću od grijane površine). Polietilenske cijevi se polažu na dubini od 1 do 3 metra pri čemu geometrija kolektorskog polja može biti raznolika: horizontalni kolektor (Slika 6), spiralna izvedba izmjenjivača ili košarasti izmjenjivač. Ukupna duljina jedne izmjenjivačke sekcije iznosi do 100 metara, a potrebno je pridržavati se preporuka proizvođača cijevi o međusobnom razmaku pojedinih petlji u horizontalnoj i vertikalnoj ravnini. Ovisno o svojstvima tla, učinak izmjenjivača u tlu se kreće u rasponu od 15 do 35 W/m<sup>2</sup> (VDI 4640).

Vertikalna izvedba bušotinskog izmjenjivača topline podrazumijeva izvedbu bušotine



**Slika 6**  
Kvalitativan prikaz  
dizalice topline tlo-voda,  
horizontalna izvedba  
izmjenjivača u tlu

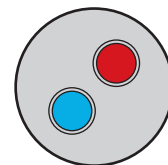


promjera 80 do 200 mm i dubine 60-200 metara (Slika 8). Unutar bušotine se ugrađuju polietilenske cijevi u obliku U cijevi ili cijevi u cijevi (koaksijalni izmjenjivač) te se nakon ugradnje cementiraju s ispunom odgovarajućih toplinskih i mehaničkih svojstava (Slika 7).

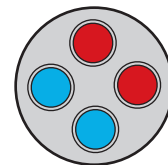
Potrebni bušački radovi su znatno složeniji te su investicijski troškovi osjetno viši u odnosu na horizontalnu izvedbu. Ovisno o svojstvima tla i vremenu rada sustava, očekivani prinos po metru dubine toplinske sonde

iznosi od 20 do 85 W/m. Za manje sustave (do 30 kW) dimenzioniranje sustava provodi se prema dostupnim tablicama prinosa ovisno o vrsti tla na lokaciji (VDI 4640) dok je za veće sustave potrebno provoditi mjerenje toplinskog odziva tla (eng. Thermal Response Test - TRT) na ispitnoj bušotini kako bi se utvrdila efektivna toplinska vodljivost tla ( $\lambda$ , W/m K), toplinski otpor bušotine ( $R_{b, \text{m}}$ , m K/W) i temperatura toplinski neporemećenog tla ( $T_{\text{tla}}$ , °C) na promatranoj lokaciji, Slika 9.

**Slika 7**  
Izvedbe  
izmjenjivača  
u tlu



jednstruka U cijev

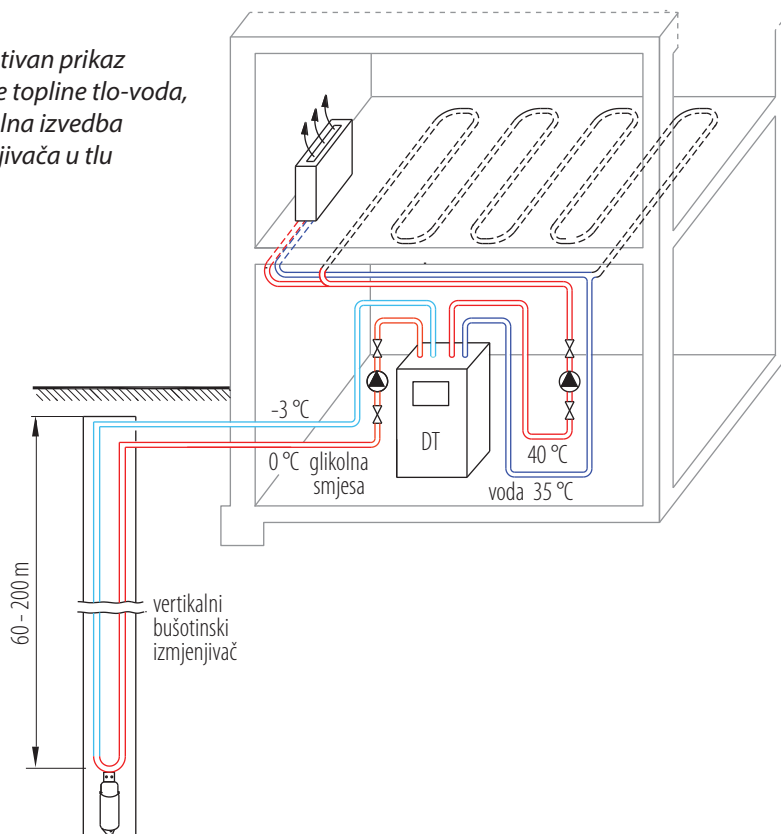


dvostruka U cijev



koaksijalna  
cijev u cijevi

**Slika 8**  
Kvalitativan prikaz  
dizalice topline tlo-voda,  
vertikalna izvedba  
izmjenjivača u tlu



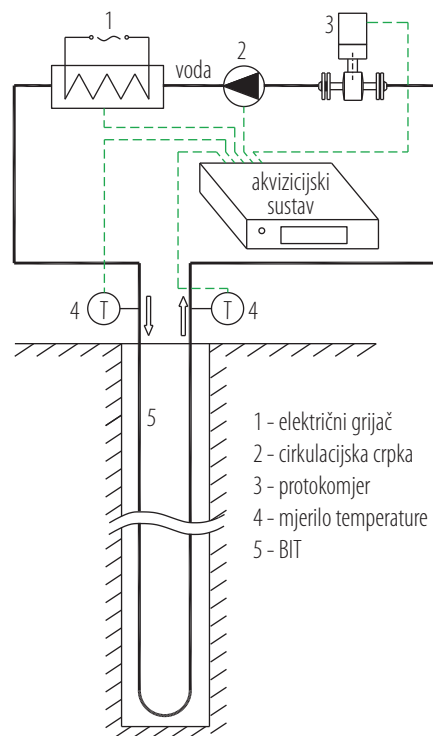
**Voda** kao toplinski spremnik uključuje površinske vode (jezera, rijeke, mora) i podzemne vode. Sustavi s tlom i podzemnim vodama u literaturi se grupiraju u kategoriju geotermalnih dizalica topline s podjelom na izravne i neizravne sustave. Osnovna prednost vode je njena manja temperaturna promjenjivost kroz godinu, što je više izraženo za zahvat

vode na većoj dubini, te dobar prijelaz topline između kapljevine i stijenke izmjenjivača. Najveći nedostaci korištenja vode su njena dostupnost, bilo zbog fizičkih ili pravnih ograničenja, i sastav vode koji može pogodovati nastanku korozije i mikrobiološkom onečišćenju cijevnih i izmjenjivačkih površina (ugradnja međuizmjenjivača topline). Za crpljenje



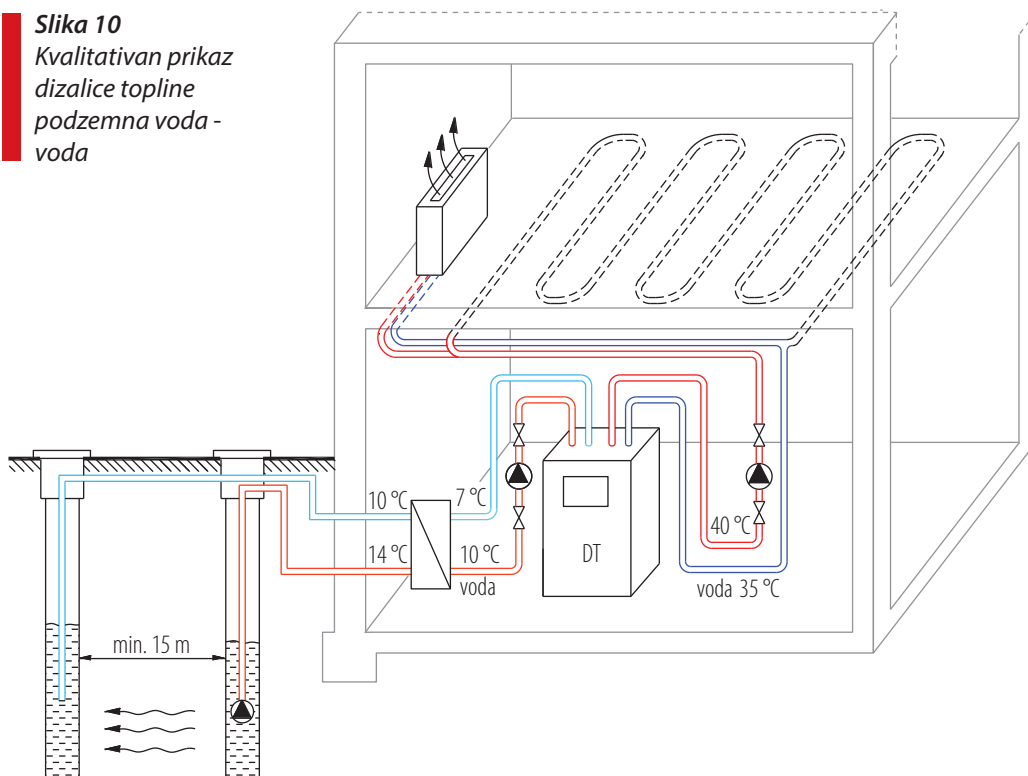
**Slika 9**

Prvi terensko mjerenje toplinski svojstva tla u Hrvatskoj, IKEA Rugvica 2011. (toplinska vodljivost tla  $\lambda = 1,73 \text{ W}/(\text{m}^{\circ}\text{K})$ , toplinski otpor bušotine  $R_b = 0,076 \text{ (m}^{\circ}\text{K)}/\text{W}$ , temperatura toplinski neporemećenog tla  $T_{\text{tla}} = 13,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ )



**Slika 10**

Kvalitativan prikaz dizalice topline podzemna voda - voda



podzemne vode potrebna su dva bunara, crpni i ponorni, sa što većim razmakom među njima (Slika 10).

Crpni bunar treba osiguravati u svim vremenima pogona dovoljnu količinu vode, odnosno izdašnost crpnog bunara najvažniji je uvjet za projektiranje ove dizalice topline. Potopljena crpka ugrađuje se obično na dubini 25 do 30 m (ovisno o dubini vodonosnika) kako bi se smanjili pogonski troškovi pumpe te se ispod pumpe ostavlja slobodna visina bunara koja omogućuje nakupljanje pijeska i nečistoća. Pri dimenzioniranju sustava protok pumpe za podzemnu vodu proračunava se na temperaturnu razliku vode na isparivaču od 3 do 5 °C. Literatura navodi podatak o 0,25 m<sup>3</sup>/h protoka vode po 1 kW učinka isparivača. Standardna radna točka dizalice topline voda-voda prema EN 14511 je W10/W35 (Tablica 3).

**Tablica 3**

**Radne točke dizalice topline voda-voda prema EN 14511**

| radna točka | dizalica topline voda - voda |                      |     |
|-------------|------------------------------|----------------------|-----|
|             | učinak, kW                   | električna snaga, kW | COP |
| W10/W35*    | 11,4                         | 2                    | 5,7 |
| W10/W45**   | 10,6                         | 2,3                  | 4,5 |
| W10/W55***  | 9,9                          | 2,8                  | 3,5 |

Izvedba crpnih i ponornih bunara zahtjeva zaštitu podzemnih vodotokova te je za zahvat podzemne vode potrebno ishoditi vodopravne uvjete od nadležnih tijela u Hrvatskoj. Također, prema Pravilniku o obračunu i naplati naknade za korištenje voda (NN 84/2010 i 146/2012) plaća se koncesija od 10 lipa po 1 m<sup>3</sup> zahvaćene vode. ■



## AKTIVNOSTI HUDiT-a U 2019.

### 21. ožujka 2019.

Osnivačka skupština Hrvatskog udruženja za dizalice topline - HUDiT na Fakultetu strojarstva i brodogradnje kojoj je nazočilo 12 osnivača.

### 10. travnja 2019.

Javno predstavljanje Hrvatskog udruženja za dizalice topline - HUDiT na Fakultetu strojarstva i brodogradnje kojemu je nazočilo 50-tak sudionika.

U sklopu Javnog predstavljanja Udruženja, prof. dr. sc. Andrej Kitanovski s Tehničkog fakulteta u Ljubljani održao je uvodno popularno predavanje pod nazivom Iskustva Slovenije u primjeni i istraživanju dizalica topline.



### 8. kolovoza 2019.

Hrvatsko udruženje za dizalice topline - HUDiT postalo je članicom Europskog udruženja za dizalice topline – EHPA (European Heat Pump Association).

### 8. listopada 2019.

Sudjelovanje HUDiT-a na sastanku Odbora nacionalnih članica Europskog udruženja za dizalice topline – EHPA u Bruxelles-u.



### 18. prosinca 2019.

Sastanak u Bruxelles-u u prostorijama EHPA-e s direktorom Thomasom Nowakom i šefom ureda Oliverom Jungom.



# ŽIVJETI U NISKOENERGETSKOJ/ nZEB KUĆI

**Marko Grđan, dipl. ing. stroj.**  
Varaždin

Ova priča počinje davne 2007. godine. Naime, tada je dvoje mladih entuzijasta odlučilo izgraditi vlastitu solarnu niskoenergetsku (danas nZEB) kuću. Osim izgradnje doma, želja je bila pokazati sebi i drugima kako se može, uz puno dobre volje i učenja, izgraditi kuća u kojoj se može živjeti u skladu s očuvanjem okoliša uz troškove održavanja omanjega stana.

**Slika 1**  
Niskoenergetska obiteljska kuća



S obzirom na naše struke (strojar i arhitektica), nije nam bio problem obični europske sajmove na tu temu te proučiti stranu literaturu i prikupiti što više informacija o tada naprednim standardima gradnje niskoenergetskih i pasivnih kuća. Prema njemačkim propisima, pasivna kuća ne smije koristiti aktivne sustave grijanja. Iako se u ono vrijeme govorilo o financijski vrlo malim razlikama između obične i gradnje pasivne kuće (što i nije baš bilo točno), čvrsto smo se odlučili za solarnu niskoenergetsku kuću. S obzirom na profesionalnu

orijentaciju, željeli smo na sebi isprobati sve „čari“ površinskog grijanja i hlađenja, ventilacije te aktivnog i pasivnog korištenja sunca kako bi mogli sami sebe, a i druge, uvjeriti u kvalitetu i stvarnu efikasnost pojedinog sustava. Kod projektiranja takve energetske zahtjevne građevine obavezno od samog početka moraju biti prisutne sve struke projekatanta – od arhitekta preko strojara do električara – kako bi se u startu optimalno iskoristila znanja svih struka i kako poslije u fazi gradnje ne bi bilo problema s određenim detaljima (koji

se kod nas uvijek događaju, naravno na štetu investitora).

### TERMOENERGETSKI SUSTAVI KUĆE

Osim upečatljive arhitekture kuće, važno nam je bilo korištenje obnovljivih izvora energije u što većoj mjeri. Odlučili smo se na sustav grijanja/hlađenja pomoću dizalice topline voda/voda spojene na podno grijanje/hlađenje, mehaničku ventilaciju s rekuperatorom i podzemnim izmjenjivačem topline te korištenje sunca na pasivan i aktivan način.

Kuća s peteročlanom obitelji smještena je u Varaždinu i korisne je površine 195 m<sup>2</sup>, a izgrađena je 2012. godine. Zidovi od cigle debljine 30 cm izolirani su s 20 cm kamene vune, krov s 25 cm kamene vune, dok je pod izoliran s 18 cm debelim polistirenom. Prozori drvo/aluminij su troslojni, punjeni argonom s premazom niske emisije. Više parametara o fizici kuće i toplinskim karakteristikama dano je u Tablici 1.

#### Korištenje sunčeve energije na pasivan i aktivan način

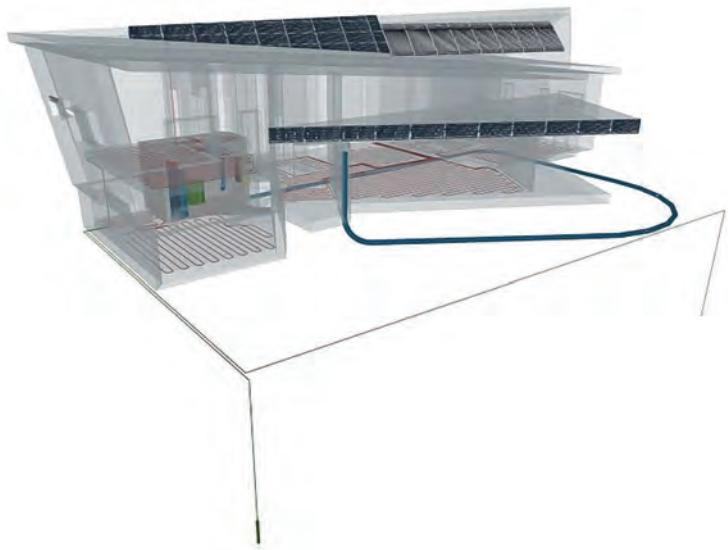
Kuća je maksimalno otvorena prema jugu kako bi se što više sunčevog zračenja iskoristilo za pasivno grijanje zimi te rasvjetu. Građevinskim elementima (simuliran svaki dan u godini prilikom projektiranja) osigurana je ljetna pasivna zaštita od sunca (ljeti sunce ostaje izvan kuće). Dodatno, pokretne žaluzine na svakom prozoru čine aktivnu zaštitu od sunca.

Na krovu kuće nalazi se 6 cijevnih „heat-pipe“ kolektora površine apsorbera 8,4 m<sup>2</sup> za zagrijavanje potrošne tople vode u bivalentnom spremniku od 300 litara te za dogrijavanje sustava grijanja preko akumulacijskog spremnika od 500 litara. Nedavno je ugrađena fotonaponska elektrana snage 3,1 kWp sačinjena od 10 fotonaponskih monokristalnih panela postavljenih pod kutom od 10° za samoopskrbu električnom energijom (višak se predaje u elektroenergetsku mrežu), Slika 3.

#### Korištenje plitke geotermalne energije

Dizalica topline voda/voda toplinskog učinka 8 kW osnovni je izvor topline za grijanje kuće. U dvorištu kuće na udaljenosti od 30 m iskopana su 2 bunara koja preko pločastog izmjenjivača predaju energiju dizalici topline. Prosječna temperatura podzemne vode je 12 °C (i ljeti i zimi). Kako bi trošili što manje električne energije za crpljenje vode iz bunara nabavljena je jet-pumpa (električne snage

**Slika 2**  
Izometrijski prikaz kuće s OIE



**Tablica 1**  
Osnovne karakteristike kuće

| fizika zgrade i potrebe za toplinskom energijom              |                              |
|--|------------------------------|
| korisna površina kuće, $A_k$                                 | 195 m <sup>2</sup>           |
| koeficijent prolaza topline zida, $U_{zid}$                  | 0,16 W/m <sup>2</sup> K      |
| koeficijent prolaza topline krova, $U_{krov}$                | 0,14 W/m <sup>2</sup> K      |
| koeficijent prolaza topline poda, $U_{pod}$                  | 0,25 W/m <sup>2</sup> K      |
| koeficijent prolaza topline prozora, $U_{pr}$                | 0,90 W/m <sup>2</sup> K      |
| toplinsko opterećenje kuće, $\Phi_{gr}$                      | 6 kW                         |
| godišnja potrebna toplinska energija za grijanje, $Q_{H,nd}$ | 19,97 kWh/m <sup>2</sup> god |

**Slika 3**  
Solarni kolektori i fotonaponska elektrana na krovu kuće



250 W) koja je spojena preko frekvencijskog invertera, presostata i mjerača protoka na sistem. Ta se pumpa također koristi i za vodu za ispiranje WC-a te za zalijevanje u vrtu kada

ponestane kišnice. Dizalica topline spojena je na akumulacijski spremnik od 500 litara (sa solarnim izmjenjivačem) te preko razdjelnika na 4 kruga podnog grijanja. Pumpe krugova

**Slika 4**

*Dizalica topline voda-voda, spremnik PTV-a i akumulacijski spremnik*



**Slika 5**

*Polaganje ventilacijskih cijevi na dubini 2 m od razine tla*



podnog grijanja su elektronske te one sve zajedno godišnje troše oko 50 kWh električne energije. Dizalica je vođena prema vanjskoj temperaturi, a prema potrebi zagrijava bivalentni spremnik PTV-a na 50 °C. Sustav podnog grijanja izveden je s aluminijskim termičkim pločama koje povećavaju površinu grijanja za 30 %, čime se smanjuje potrebno vrijeme zagrijavanja poda do 50 %, a najviša polazna temperatura podnog grijanja je 35 °C. Ovakva niska temperatura polaza sustava grijanja omogućava relativno visok stupanj iskorištenja, kako solarnog sustava za grijanje tako i dizalice topline.

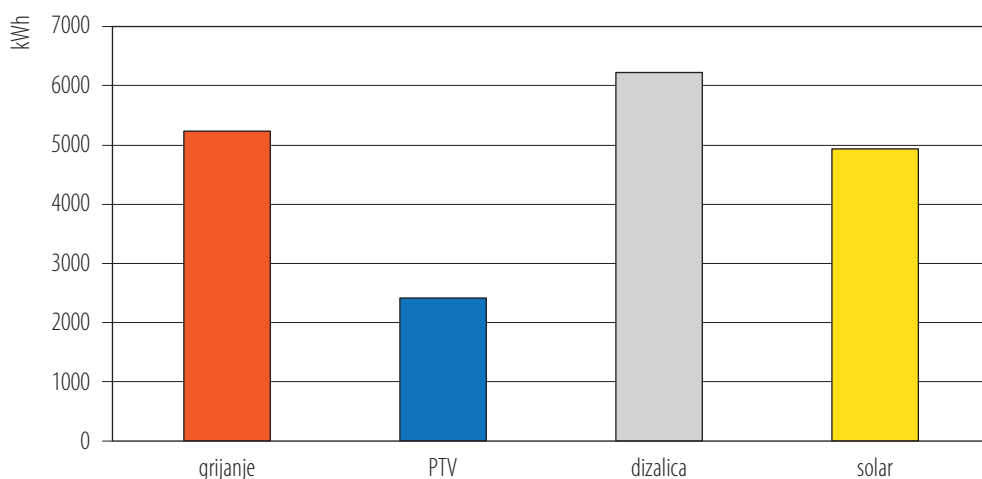
Niskoenergetske kuće moraju biti zrakotijesne kako bi se smanjili gubici provjetravanja te se u takve kuće ugrađuje mehanička ventilacija s rekuperatorom. Kako bi što više iskoristili obnovljive izvore energije, oko kuće smo na dubini od 2 m položili cijev duljine 50 m kako bi zrak prije ulaska u kuću predgrijali ili predhladili „besplatnom“ energijom tla (Slika 5). Do sada smo samo 2 puta u ljetnim mjesecima palili podno hlađenje (izvedeno pasivno preko bunarske vode), dok je preostalo vrijeme hlađenje ostvareno prethlađivanjem zraka za ventilaciju s izmjenjivačem u tlu te korištenjem rekuperatora u sustavu distribucije zraka.

### **MJERENE TOPLINSKE I ELEKTRIČNE VELIČINE**

U tehničkoj sobi (strojarnici) ugrađeno je više kalorimetara za mjerenje toplinske energije i nekoliko analizatora mreža za mjerenje električne energije. Preko njih mjerimo dobitke energije iz solarnog sustava, proizvodnju

**Slika 6**

*Toplinska bilanca utrošene i isporučene toplinske energije*



energije dizalice topline, potrošnju energije za grijanje te potrošnju PTV-a.

Slika 6 prikazuje potrošnju toplinske energije u kWh za grijanje prostora i za zagrijavanje PTV-a te isporučenu korisnu toplinsku energiju dizalicom topline i solarnim toplovodnim sustavom u 2019. godini.

Na Slici 7 vidljiva je raspodjela dobitaka/potrošnje energije po mjesecima. Na ovom se dijagramu lijepo može uočiti da, iako od solara imamo jako puno dobivene energije na godišnjoj razini, ona je dosta nepovoljno raspoređena obzirom na potrebnu potrošnju. Iz dijagrama je vidljivo da dizalica topline odrađuje skoro sav posao za grijanje zimi te povremeno mora dogrijavati i PTV (u oblačnim danima), dok se zimi kolektori vrlo rijetko uključuju u neko ozbiljnije dogrijavanje. Kada bi bili ugrađeni spremnici većih volumena, dijagram bi bio povoljniji za solarni toplovodni sustav.

Interesantno bi bilo vidjeti kako bi se pokazao sustav solarnog apsorpcijskog hlađenja, obzirom da cijevni heat-pipe kolektori

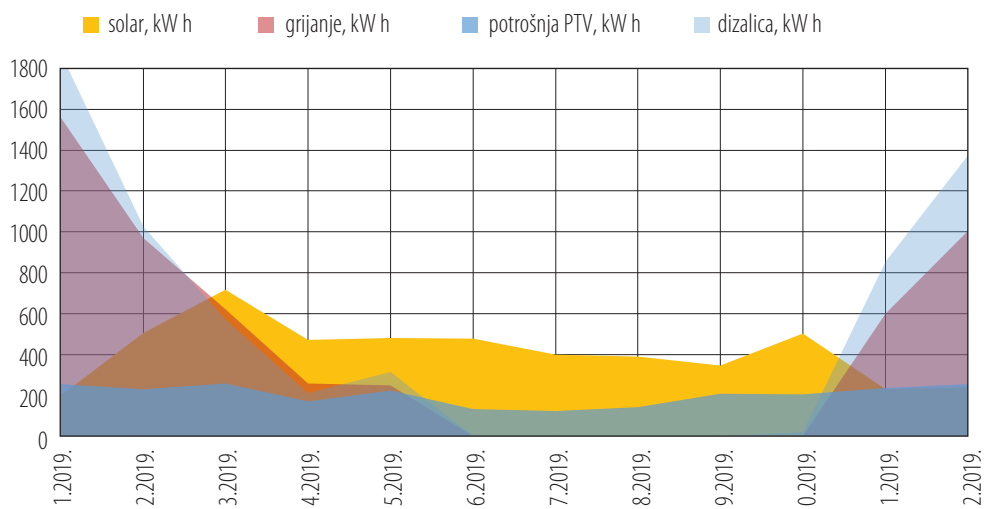
ljeti proizvode jako puno energije na visokim temperaturama koje se trenutno ne mogu adekvatno iskoristiti. No, takvi su uređaji još uvijek jako skupi te ih se u kućanstvima još ne isplati ugrađivati.

Na Slici 8 prikazano je kretanje COP-a dizalice topline za grijanje, PTV i ukupno kroz godine korištenja. Trenutni ukupni SCOP dizalice topline (grijanje i PTV) je 4,6, SCOP samo grijanja je 4,7 dok je SCOP samo PTV 2,7. Ovdje se može uočiti pad COP-a dizalice topline krajem 2018. kada smo podigli zadanu temperaturu PTV-a sa 47 °C na 55 °C. Ukupni COP dizalice topline se nije tako značajno smanjio budući dizalica topline radi puno više u režimu grijanja prostora u odnosu na zagrijavanje PTV-a, a PTV ipak većinom zagrijavaju solarni kolektori.

Iz ovog je dijagrama također lijepo vidljivo da nema puno smisla stavljati dizalice topline na visokotemperaturna/radijatorska grijanja, jer njihov COP u stvarnosti neće biti zadovoljavajući, tj. trošit će se previše električne energije na grijanje.

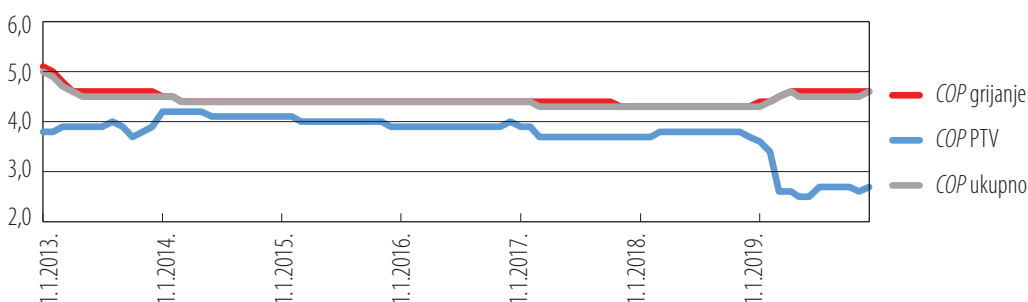
**Slika 7**

**Raspodjela proizvodnje i potrošnje toplinske energije u 2019.**

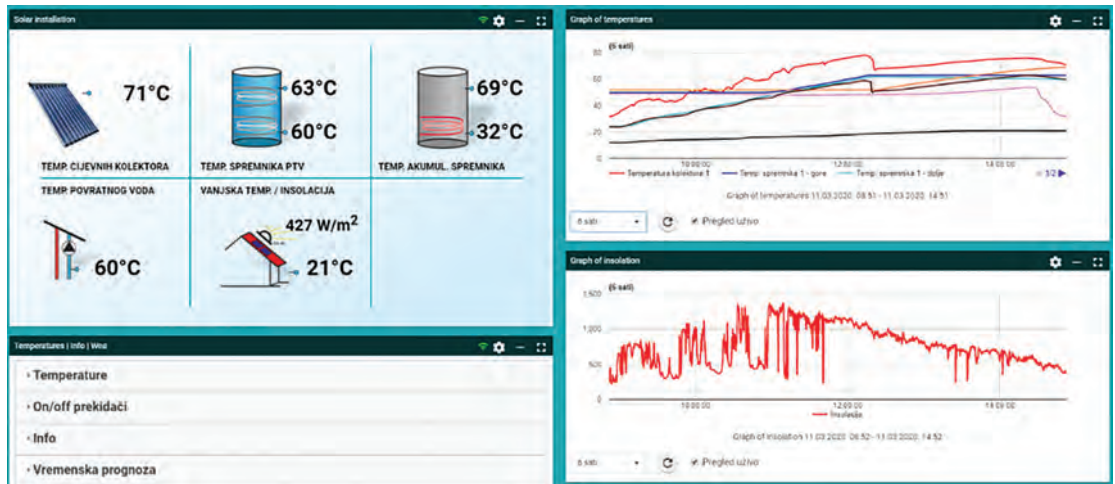


**Slika 8**

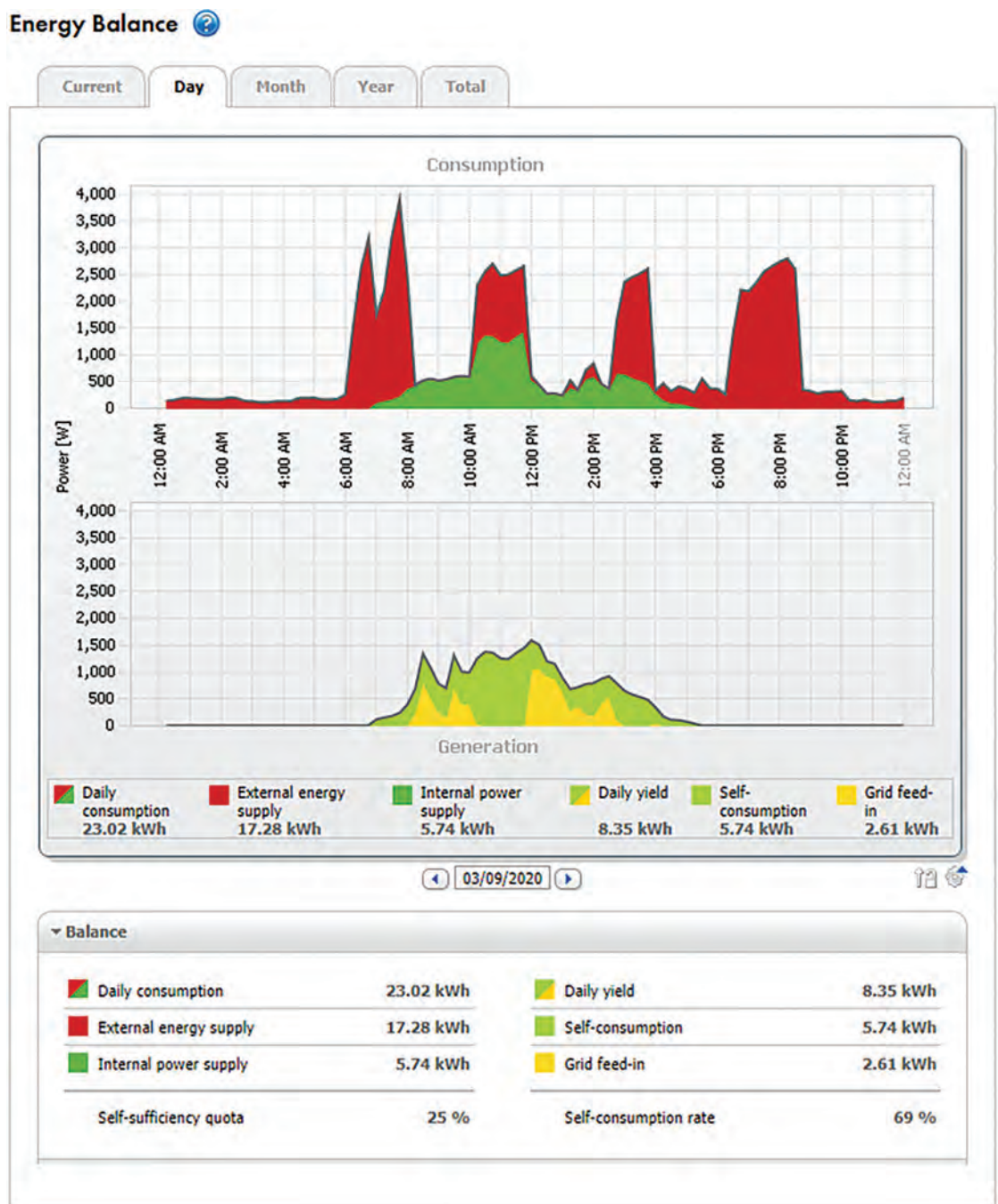
**Učinkovitost dizalice topline od 2013. do 2019.**



**Slika 9**  
Mjerenje temperature vode u spremnicima i kolektorima



**Slika 10**  
Mjereni  
parametri rada  
fotonaponske  
elektrane





Temperatura vode u spremnicima prati se preko web-portala na koji je spojena solarna regulacija te prema tome možemo još optimirati potrošnju energije u ovisnosti o trenutnom vremenu (solarni dobitci), Slika 9.

Od nedavno smo ugradili i solarnu elektranu 3,1 kWp čije dobitke i još važnije odnos stvarne trenutne potrošnje i dobivene sunčeve energije također možemo pratiti preko web-portala te također optimizirati potrošnju kućanstva (Slika 10).

### RASPODJELA GODIŠNJIH TROŠKOVA KUĆANSTVA

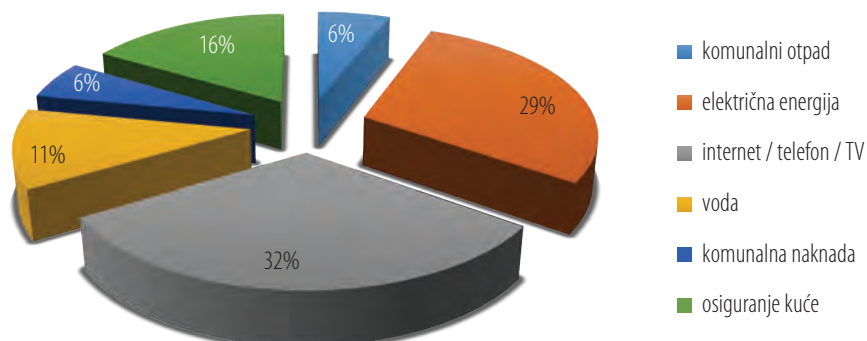
U nastavku su Slikom 11 dani fiksni troškovi našeg kućanstva u 2019. godini. Iz dijagrama se vidi da na električnu energiju za grijanje, pumpe, rekuperatore, ali i rasvjetu, hladnjak, ledenicu, kuhanje, peglanje i TV otpada samo 29 % svih fiksnih troškova.

Raspodjela potrošnje električne energije (29 % od ukupnih troškova) prikazana je na Slici 12. Analiza pokazuje da je na dizalicu topline u 2019. potrošeno (28 % + 4 % bunarska

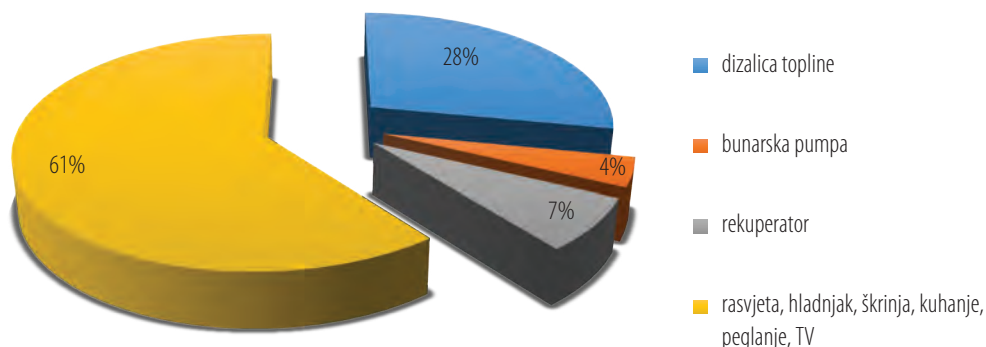
pumpa) ukupno 32 % od ukupne potrošnje električne energije kućanstva. Također, važan podatak je da je u trošku električne energije visoka tarifa zastupljena sa 61 %, a niska sa 39 %. To je posljedica trošenja niske, jeftine tarife električne energije kod grijanja.

Obzirom na nove izvore „besplatne“ energije moramo se početi učiti novim „režimima“ korištenja kućanstva. Do sada smo se trudili trošiti što manje skupe električne energije preko dana, a što više jeftinije niže tarife, no odsad ćemo trošiti što više solarne energije da se što manje predaje u mrežu, a što više ostane kod kuće, na mjestu potrošnje. Život u kući po niskoenergetskim principima uz maksimalno iskorištavanje obnovljive energije iz okoliša je moguć. Istina, zahtjeva određenu prilagodbu te optimiranje potrošnje energije. Ovo posljednje ne bi bilo moguće bez detaljnog praćenja energetske tokova ugrađene opreme za grijanje, hlađenje i ventilaciju, a i bez mjerenja ne bi mogli ni kvantitavno pokazati koliko smo dobru odluku donijeli 2007. godine. ■

**Slika 11**  
Godišnji troškovi kućanstva



**Slika 12**  
Raspodjela potrošnje električne energije u 2019.



# DIZALICE TOPLINE - TEMELJ NAPREDNIH GViK SUSTAVA

 **Silvano Sušilović, dipl. ing. stroj.**  
Đakovo

Izreka kaže da je svaki novi početak izazov. Suočavanjem s jednim takvim izazovom, osnovao sam poduzeće 1994. godine sa sjedištem u Đakovu, s glavnom zadaćom izrade strojarskih projekata. Do kraja desetljeća izradili smo stotine projekata i ovladali raznim strojarskim tehnologijama: nisko temperaturni i kondenzacijski kotlovi, podno grijanje, jednocjevno radijatorsko grijanje, toplinske podstanice, prozračivanje sa zonskim regulacijama, adijabatsko i kompresorsko hlađenje. Osobno sam već bio umoran od količine posla i nezadovoljan malim napretkom u struci. Istražujući nove mogućnosti GViK tehnologija došao sam i do dizalica topline.

Prva spoznaja o dizalicama topline pojavila se prije 20-ak godina. Tehničke karakteristike bile su znatno oskudnije od današnjih modernih sustava, a naročito s izvorima topline u vanjskom zraku. Tadašnje raspoložive tehnologije mogle su se primijeniti u bivalentnim sustavima s drugim izvorima topline (zrak-zrak i zrak-voda) ili kao monovalentni sustavi (voda-voda i tlo-voda).

Želja za projektiranjem sustava s dizalicama topline zahtijevala je istraživanje u smjeru novih tehnologija GViK sustava koji će biti prilagođeni mogućnostima rada dizalica topline. Glavna polja učenja bila su: termički aktivne plohe za grijanje i hlađenje, distribucija zraka u prostoru s povećanjem efikasnosti prozračivanja i niskim energetske troškovima, regulacijski sustavi prostora i energetike orijentirane na korisnika.

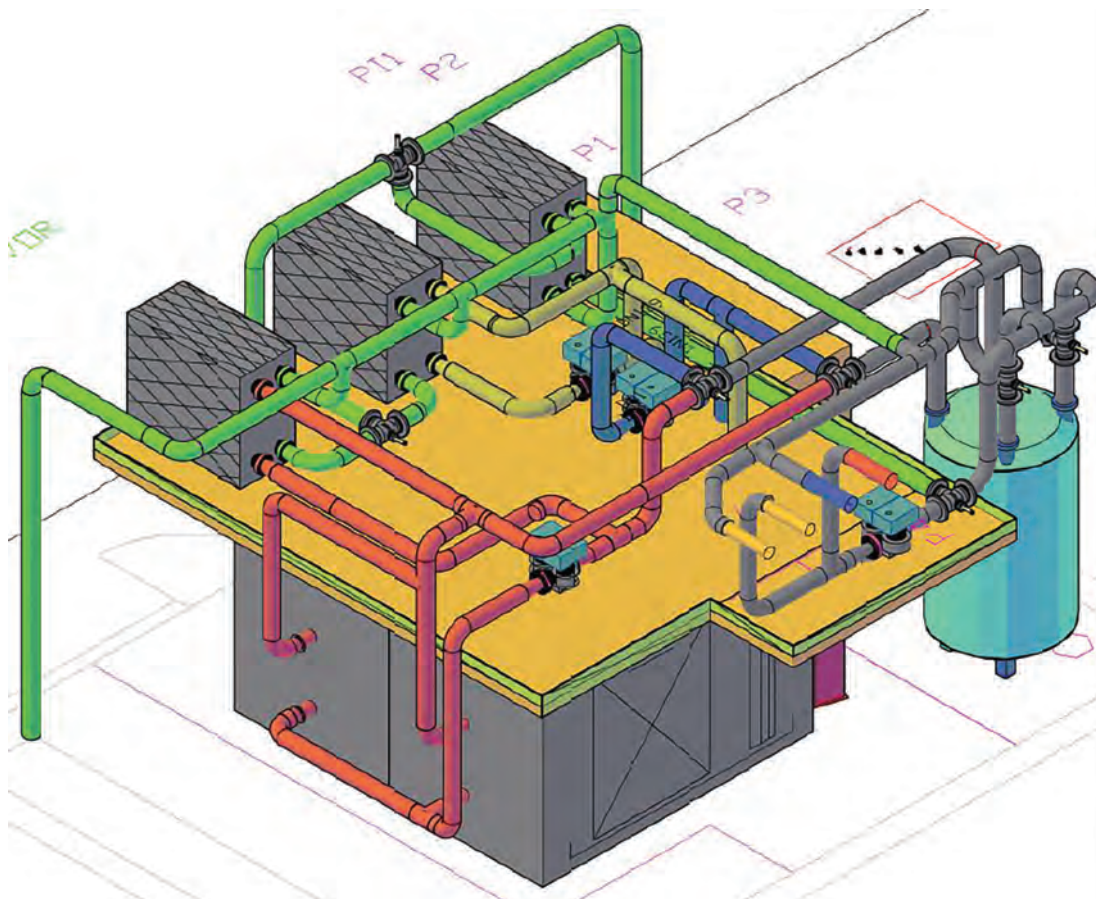
Bilo je teško gledati lijepe tehničke mogućnosti u njemačkim katalozima i nemati podršku u distribuciji opreme u Hrvatskoj.

Trgovci nisu imali interes prodavati i servisirati opremu koju nitko ne projektira i ne kupuje. Sasvim razumljivo, međutim netko je morao početi. Trebalo je informirati investitore o novim tehnologijama. Svaki investitor je pitao: „A gdje to radi?“, a moj odgovor je bio iskren i loš za investitora: „U Njemačkoj!“

Nije lako projektantu iz provincije zainteresirati investitore i trgovce za nove tehnologije. U većem središtu, kao Zagreb, vjerojatno bi se sve ranije i lakše odvijalo.

Prvi projekt, ozbiljan i velik, dogovoren je 2002. godina: zgrada Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku ukupne površine 18.000 m<sup>2</sup>. Dvije dizalice topline voda-voda svaka ogrjevne snage 300 kW, pasivno hlađenje bunarskom vodom, 3.600 tona termički aktivne betonske konstrukcije, stropno, zidno i podno grijanje i hlađenje, 240 zračnih zona ukupnog kapaciteta 108.000 m<sup>3</sup>/h, osjetnici prisutnosti, adijabatsko hlađenje, centralni sustav nadzora i upravljanja. Zbog istražnih arheoloških radova

**Slika 1**  
Izometrijski prikaz  
dizalice topline  
voda-voda za  
grijanje i hlađenje  
Poljoprivrednog  
fakulteta u Osijeku



i potrebe prilagodbe arhitektonskog rješenja realizacija je odgođena do 2011. godine.

Ipak, prijelomni trenutak u širenju ideje o dizalicama topline bio je projekt obiteljske kuće u Osijeku 2004. godine. Dizalica topline voda-voda ogrjevnog snage 20 kW, termički aktivan betonski strop i podna ploha od 300 m<sup>2</sup>, pasivno hlađenje bunarskom vodom, prozračivanje s rekuperacijom toplinske energije i kompresorskim hlađenjem zraka. Za vrijeme projektiranja i realizacije obavljeno je stotine razgovora sa svim sudionicima i zainteresiranima. Dano je mnogo odgovora na brojna pitanja zašto i kako. Suradnja investitora, distributera, serviseri i izvođača dovode objekt do uspješnog završetka. Rezultat: pozitivni odjek i novi zainteresirani investitori.

Projekt nove zgrade nuklearne medicine u KBC Osijek iz 2004. godine ostao je u „ladici“ jer je investitor odustao od gradnje. Prvi put sam projektirao razvod vode za grijanje i hlađenje ploham (strop i pod) u inačici s tri cijevi. Dvije polazne i jedna povratna cijev. Glavni izvor i ponor topline je bila hibridna dizalica topline zrak - voda ogrjevnog snage 150 kW, s dodatnim kondenzatorom za četverocijevni sustav, koji sam prilagodio trocijevnom sustavu zgrade. Zračni dio dizalice topline bio je

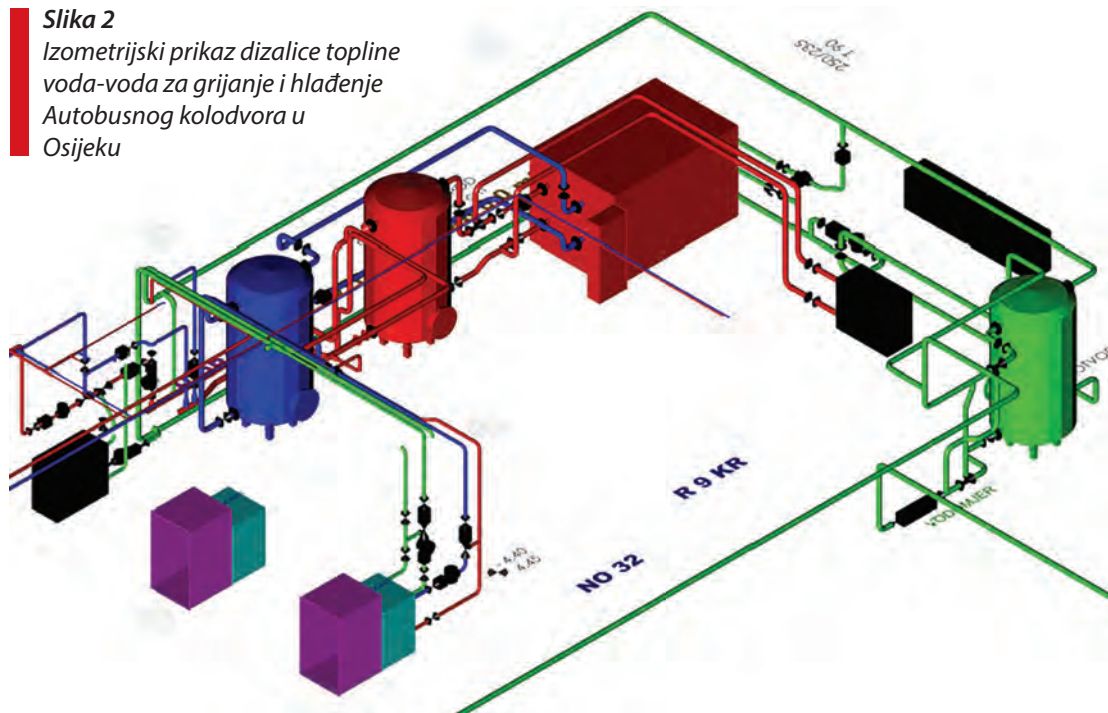
potpomognut adijabatskim hladnjakom za visoki SEER i pasivnim hlađenjem vode na 16 °C bez rada kompresorska. Polazni vod grijanja 35 °C. Zgrada je imala 40 % unutrašnjih prostorija bez vanjskog zida, koje je trebalo hladiti cijelu godinu. Sustav je omogućavao povrat topline unutar zgrade s COP/EER vrijednostima oko 10!

Novi poticaj projektiranju desio se 2007. godine s pojavnom malih kućnih dizalica topline zrak-voda. Projektirao sam stambeni objekt u Đakovu s vlastitom energetikom za svaki stan.

Iste godine projektiran je i Autobusni kolodvor u Osijeku s tehnologijom dizalice topline voda-voda ogrjevnog snage 350 kW. Pasivno hlađenje bunarskom vodom podne plohe i zraka u klima komorama (protok zraka 50.000 m<sup>3</sup>/h). Izlazna temperatura dovodnog zraka 17 - 18°C (kod stanja vanjskog zraka 34 °C/40 % RV) bez rada kompresora.

Udio projekata kućnih instalacija u kojima sam projektirao dizalice topline rastao je od 5 % 2005. godine do 60 % 2009. godine. „Stvar“ je već bila u pokretu, javnost informirana, a investitori sami zainteresirani za projektiranje novih rješenja.

**Slika 2**  
Izometrijski prikaz dizalice topline  
voda-voda za grijanje i hlađenje  
Autobusnog kolodvora u  
Osijeku



Prethodno navedeni objekti bili su novogradnje. Projektirao sam i obnove starih zgrada sa sustavima dizalica topline i modernim GViK rješenjima. Jedan od većih je dvorac Pejačevića u Virovitici (nekad zvan i Vrata Slavonije) površine 3000 m<sup>2</sup>. Godina projektiranja je 2012., a u pogonu je od ljeta 2019. Dvije dizalice topline zrak-voda za unutrašnju ugradnju svaka ogrjevnog snage 70 kW s paralelnim grijanjem i hlađenjem. Termički aktivna podna ploha, ventilokonvektori, zonska regulacija CO<sub>2</sub>, vlažnosti i temperature. Klima komore s adijabatskim hladnjakom i integriranom dizalicom topline zrak-zrak dovodne temperature zraka +26 °C kod vanjske temperature -15 °C. Protok zraka od 14.000 m<sup>3</sup>/h. Sustav energetike i kompletnog upravljanja GViK sustava iz jedne ruke.

Na realizaciju čekaju dvorac baruna Trenka u Pakracu, gimnazija „Ruđer Bošković“ u Dubrovniku, Benediktinski samostan na otoku Sv Marije na Mljetu, kuća Vlahe Bukovca u Cavtatu itd.

Primjena dizalica topline u industriji vrlo je zastupljena u Europi, ali nažalost ne i u Hrvatskoj. Izradio sam idejno rješenje hlađenja i grijanja parnog kondenzata za tvornicu papira u Belišću primjenjujući visokotemperaturnu dizalicu topline. Protok kondenzata je 80 m<sup>3</sup>/h dolazne temperature 90 °C. Hlađenje kondenzata na dizalici topline je sa 61 °C na 56 °C te ponovno zagrijavanje s 90 °C na 95 °C, COP 4,8, maksimalna izlazna temperatura 125 °C, ogrjevnog snage dizalice topline

voda-voda je 160 kW. Glavnu snagu sustava od 2620 kW sam riješio povratom toplinske energije. Istražujući rješenja za ovaj projekt saznao sam o dizalicama sa interesantnim karakteristikama: izlazna temperatura 160 °C, Jule-ov proces s argonom, teorijski COP 10,4, ogrjevnog snage 2,5 MW po jedinici...

Održao sam predavanje na 1. Zagrebačkom energetsom tjednu 2009. godine i prezentirao niz shema sustava i principa rada iz mojih projekata. Prišao mi je dobar prijatelj i pitao: „Dobro Silvano, to što se tiče tehnike razumijem, ali kako uspijevaš nagovoriti investitore na povećane troškove investicije?“. Zahvalio sam prijatelju na odličnom pitanju i napravio sam prezentaciju „Razgovor s investitorom“. Uobičajeno sam koristio 200-tinjak slika za takav razgovor. Pomoću slika, shema i dijagrama sam lakše objasnio investitoru sve nepoznate vezane uz njegov objekt i odgovorio na sva njegova pitanja, pa i na ona koja nije postavio. Uspješnost takvog razgovora je preko 90 % u smislu prihvaćanja predloženih projektantskih rješenja. U prezentaciji sam izdvojio najčešće korišteni dio materijala i prezentirao 10-tak puta. Najvažnije je objasniti investitoru uporabnu vrijednost instalacije, a onda cijena nije upitna. Ovo je presudni projektantski korak, od kojeg ovisi projektni zadatak.

Analizirajući pogonske troškove strojarne instalacije uvidio sam trend prebacivanja najvećeg strojarne troška s energije grijanja na energiju prozračivanja. Zgrade su dobivale sve bolju toplinsku izolaciju, dok unutrašnja

toplinska opterećenja rastu korištenjem novih uredskih tehnologija. Snaga hlađenja postaje veća od snage grijanja i do nekoliko puta! Dizalice topline zrak-voda rade s boljim SCOP/SEER vrijednostima, na većem rasponu vanjskih temperatura zraka, i sve bolje su prilagođene monovalentnim pogonim za potrebe grijanja i hlađenja. Odabir veličine dizalice topline sve češće uvjetuje snaga hlađenja, a ne snaga grijanja.

Potrebe za prozračivanjem rastu zbog sve većeg opterećenja prostora s ljudima, enterijerom i uređajima. Prosječna poslovna zgrada ima danas razdiobu strojarskog pogonskog troška grijanje – hlađenje – prozračivanje: 10 % – 20 % – 70 %. Zato sam napravio prezentaciju „Uspjeh leži u zraku“, u kojoj dajem naglasak na problematiku prozračivanja i moguća tehnička rješenja.

Često sam isticao, na prezentacijama i tijekom razgovora, koliko je važno projektirati dobar sustav, a ne samo izabrati dobre elemente sustava. Dobra usporedba u prirodi

je ugljik u dijamantu i grafitu, koja slikovito govori o organizaciji elemenata unutar sustava. U tom razmišljanju regulacija ima konačnu riječ i učinak na dobrotu sustava. Nagovaram investitora na sustave energetike, distribucije i regulacije „iz jedne ruke“. Tako se dobiva veća sigurnost pogona, brža detekcija i otklanjanje smetnji te veće zadovoljstvo korisnika. Mnogi govore i danas da su dizalice topline skupe! Ne slažem se s tom izjavom, a dokaz su moji investitori, koji su sami investirali u ovako skupe instalacije u preko 90 % mojih projekata bez poticaja države ili fondova. Projektant mora biti precizan u izračunu potreba grijanja i hlađenja te dimnezioniranja sustava, da ne bi odbio investitora zbog visoke vrijednosti investicije. Učenje i stjecanje iskustva nezamjenjivi su alat projektanta, a poseban doprinos tome ima razmjena iskustva s kolegicama i kolegama iz struke, jer nas suradnja i razgovor najbrže mogu unaprijediti. Upravo na to pozivam zainteresirane kolege i ovim člankom. ■

## SUFINANCIRANJE PROJEKATA S DIZALICAMA TOPLINE U PROIZVODNIM INDUSTRIJAMA

### Najava poziva Povećanje energetske učinkovitosti i korištenja obnovljivih izvora energije u proizvodnim industrijama (referentni broj: KK.04.1.1.02)

#### Svrha poziva:

Svrha poziva je poduprijeti provedbu mjera energetske učinkovitosti i/ili mjera za korištenje obnovljivih izvora energije koje će u proizvodnim pogonima dovesti do smanjenja potrošnje isporučene energije. Uz mjere energetske učinkovitosti i/ili ugradnje opreme za korištenje obnovljivih izvora energije u proizvodnim pogonima, projektni prijedlog može uključivati i mjere energetske obnove zgrada pratećih proizvodnih pogona, koje su isključivo povezane s proizvodnim procesima industrijske i/ili proizvodno-gospodarske namjene.

#### Prijavitelji i financijska alokacija:

Prijavitelji u sklopu ovog Poziva mogu biti mikro, mala, srednja i velika privatna poduzeća registrirana za obavljanje djelatnosti iz područja proizvodne industrije koja uključuju sve proizvodne i prerađivačke djelatnosti u skladu s Nacionalnom klasifikacijom djelatnosti.

Ukupno raspoloživi iznos bespovratnih sredstava za dodjelu u okviru ovog Poziva iznosi 266.000.000,00 HRK.

Najniža dopuštena ukupna vrijednost bespovratnih sredstava i koji mogu biti dodijeljeni za financiranje prihvatljivih izdataka pojedinačnog projektnog prijedloga u sklopu Poziva iznosi 350.000,00 kuna, a najviša dopuštena ukupna vrijednost bespovratnih sredstava iznosi 20.000.000,00 kuna. Udio bespovratnih sredstava se kreće od 45 do 85% u ovisnosti o kategoriji prijavitelja i projektnih aktivnosti.

#### Sufinanciranje je moguće osigurati za:

- Aktivnosti pripreme dokumentacije projektnog prijedloga i ostale projektno-tehničke dokumentacije.



- Energetsku obnovu - energetska učinkovitost i obnovljivi izvori energije u proizvodnim pogonima te energetska obnova zgrada.
- Aktivnosti upravljanja projektom i administracije te aktivnosti informiranja i vidljivosti.

U sklopu poziva dizalice topline prepoznate su kao obnovljivi izvor za proizvodnju toplinske i/ili rashladne energije, energije za grijanje sanitarne i/ili tehnološke vode te energije za grijanje i hlađenje prostora (sufinanciranje dizalica topline zrak-zrak, voda-zrak i zemlja-zrak u postupku savjetovanja nisu bile prihvatljive u okviru ovog poziva).

Poziv je raspisan u sklopu Operativnog programa „Konkurentnost i kohezija 2014-2020 temeljem Sporazuma o partnerstvu između Republike Hrvatske i Europske komisije te je obuhvaćen tematskim ciljem 4 „Podržavanje prelaska na niskougljično gospodarstvo u svim sektorima“.

Poziv se odnosi na sljedeće proizvodne industrije: industriju željeza i čelika, industriju obojenih metala, kemijsku industriju, industriju stakla, keramike i građevinskog materijala, rudarstva, tekstilnu industriju, kožno prerađivačku i odjevnu industriju, industriju papira i tiskarstva, strojarsku industriju i ostale metalne industrije te ostale industrije koje isključuju proizvodnju hrane i pića i duhansku industriju.

Otvaranje poziva očekuje se u kolovozu 2020. godine.

# KASKADNA VISOKOTEMPERATURN DIZALICA TOPLINE U INDUSTRIJI MLIJEKA

Željko Celić, dipl. ing. stroj.  
Zagreb

Pred nešto manje od četiri godine, u mljekari Dukat u Zagrebu ugrađena je visokotemperaturna dizalica topline za zagrijavanje tehnološke tople vode. Dizalica topline kao toplinski izvor koristi otpadnu toplinu postojećeg rashladnog sustava koja se do tada evaporativnim kondenzatorima predavala u okolinu. Uređaj proizvodi toplu vodu temperature do 80 °C koja u djelu proizvodnog procesa mijenja tehnološku paru. Tehnološka para se za potrebe procesa proizvodi u parnim kotlovima na prirodni plin. Stoga omjer cijene prirodnog plina i električne energije određuje i isplativost investicije. Osim smanjenja potrošnje prirodnog plina, ušteda se ostvaruje i smanjenjem utroška vode koja se koristi za hlađenje evaporativnih kondenzatora s obzirom na to da dio topline kondenzacije preuzima dizalica topline. Ostvarena učinkovitost dizalice topline u režimu grijanja, kroz tri i pol godine rada, iznosi oko 5. Projekt je ostvaren uz sufinanciranje Fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost.

## OPIS RASHLADNO-OGRIJEVNOG POSTROJENJA S KASKADNOM DIZALICOM TOPLINE

Na postojeći rashladni proces (Slika 1) s radnom tvari R717, koji se koristi za hlađenje mlijeka i mliječnih proizvoda industrijskog postrojenja (temperatura isparavanja -10 °C, temperatura kondenzacije 35 °C), dodan je još jedan kompresijski krug, tj. još jedna kaskada (temperatura isparavanja 33 °C, temperatura kondenzacije 80 °C). Kaskadni uređaj koristi se kao rashladno-ogrjevni proces. U istom trenutku uređaj se koristi za hlađenje mlijeka, ali i kao visokotemperaturna dizalica topline za zagrijavanje vode na temperaturu 80 °C.

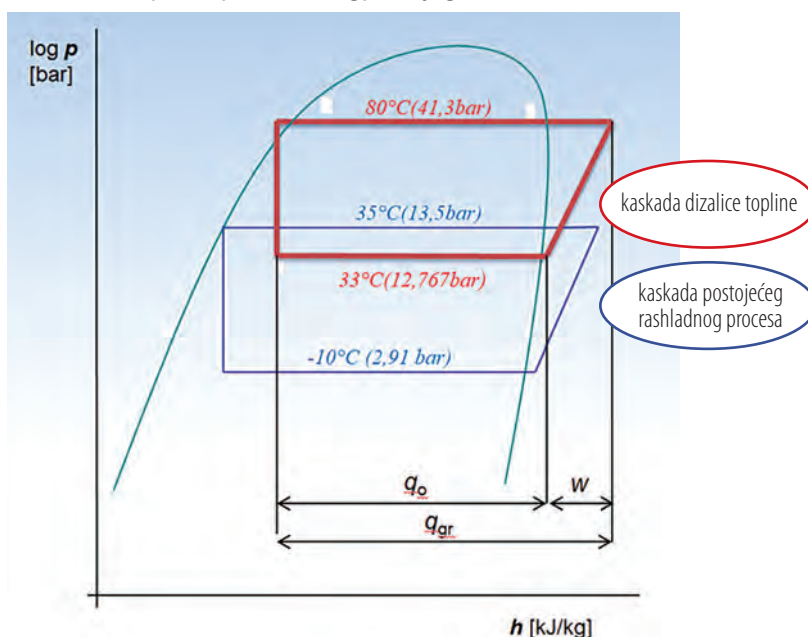
Toplina kondenzacije rashladnog procesa, koja se prije ugradnje navedenog sustava, preko evaporativnih kondenzatora predavala okolini kao otpadna toplina, ugradnjom kaskadnog kondenzatora/isparivača u gornjoj kaskadi koristi se kao izvor topline i preko novog kompresijskog kruga podiže se na višu temperaturnu razinu. Nazivna vrijednost kaskadnog izmjenjivača iznosi 811 kW. Privedena električna snaga dvama frekventno reguliranim klipnim kompresorima iznosi 186 kW (Slika 2) te se na visokotemperaturnom kondenzatoru gornje kaskade ostvaruje toplinski tok od 997 kW (Slika 3). Pri tome nazivni toplinski množitelj dizalice topline iznosi

$COP = 5,3$ . Voda koja se koristi za tehnološke potrebe procesa (pasterizacija) prvo se zagrijava na kondenzatoru te se potom dogrijava na izmjenjivaču s pregrijanim parama radne tvari („desuperheater“) do projektne temperature od 80 °C. Temperatura pregijane pare amonijaka na kraju drugog stupnja kompresije iznosi približno 140 °C te je to ujedno ulazno stanje u amonijaka u „desuperheater“.

### PARAMETRI RADA KASKADNE DIZALICE TOPLINE I OSTVARENE UŠTEDE

Za akumulaciju toplinske energije proizvedene na dizalici topline koristi se spremnik volumena 27.000 litara s prikazom temperature tople vode po visini spremnika (Slika 4). Povrat ohlađene vode iz procesa ili sustava grijanja te polaz prema dizalici topline nalazi se u donjem dijelu spremnika, dok se polaz tople vode prema potrošačima, kao i povrat

**Slika 1**  
Shematski prikaz procesa u log-p-h dijagramu



**Slika 2**  
Klipni kompresori dizalice topline

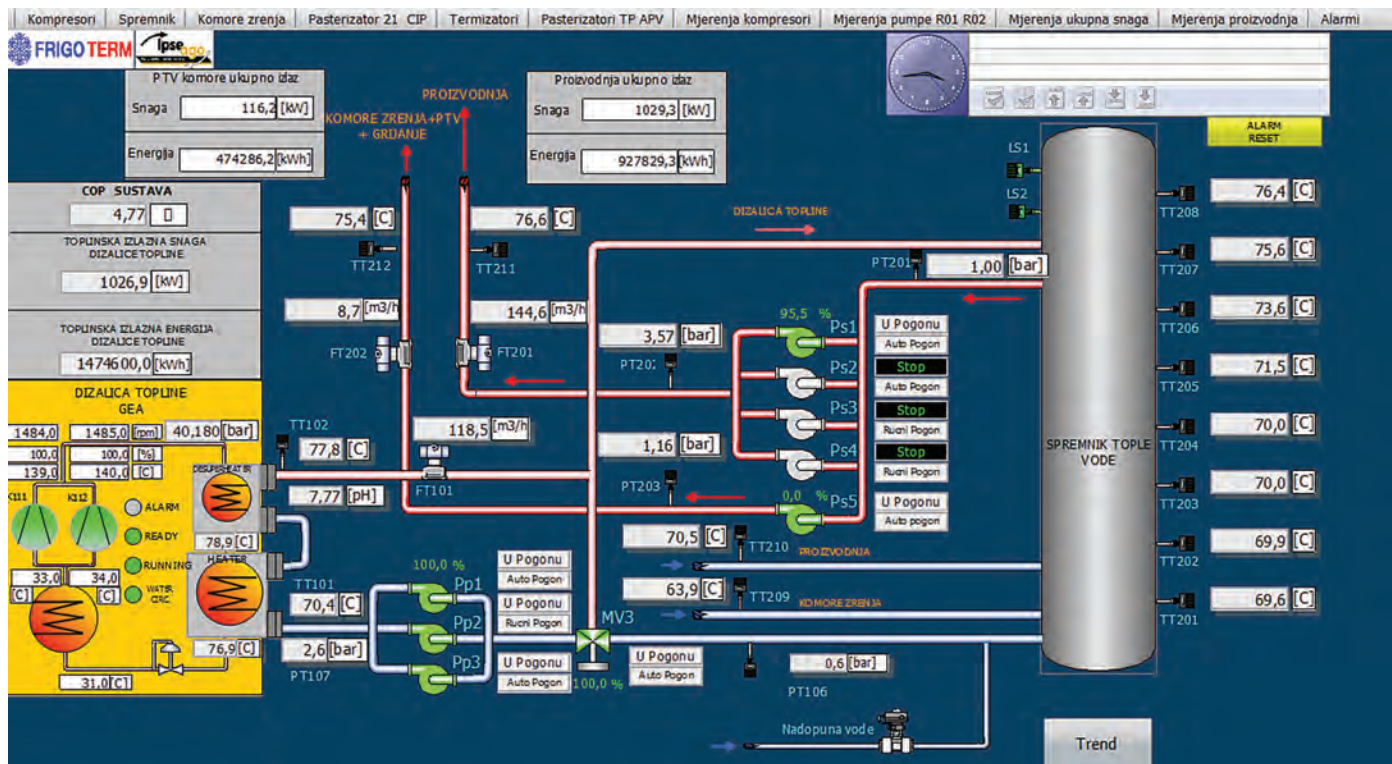
**Slika 3**  
Kondenzator i isparivač dizalice topline



| Osnovni podaci dizalice topline |           |
|---------------------------------|-----------|
| Proizvođač                      | GEA       |
| Godina izvedbe                  | 2016.     |
| Tip                             | kaskadna  |
| Učink grijanja                  | 997 kW    |
| Temperatura grijane vode        | 80 °C     |
| Radna tvar                      | R717/R717 |

## Slika 4

### Dizalica topline u radu - vizualizacija procesa



**Tablica 1**

Pregled ostvarenih ušteta u radu s dizalicom topline

| godina  | isporučena toplinska energija dizalicom topline, kWh | električna energija za pogon dizalice topline, kWh | SCOP | ušteta (kn) |
|---------|--|--|------|-------------|
| 2016.   | 2.096.237  | 409.157  | 5,12 | 535.839     |
| 2017.   | 3.985.073  | 783.527  | 5,09 | 734.046     |
| 2018.   | 3.601.773  | 723.014  | 4,98 | 629.036     |
| 2019.   | 3.424.104  | 680.469  | 4,98 | 849.298     |
| UKUPNO: | 13.107.187   | 2.596.167  | 5,05 | 2.748.219   |

zagrijane vode s dizalice topline, nalazi u gornjem dijelu spremnika. Spremnik tople vode omogućava pokrivanje i većih snaga od nominalnog toplinskog kapaciteta dizalice topline, kao što prikazuje mjerno sučelje na Slici 4. Topinski tok prema potrošačima je preko 1.140 kW dok dizalica puni spremnik s .1026 kW pri potpunom opterećenju, što je također više od nominalnog toplinskog kapaciteta.

Na vizualizaciji procesa moguće je u svakom trenutku vidjeti toplinski tok koji predaje dizalica topline, toplinski tok koji se odvodi iz spremnika, ukupno proizvedenu i potrošenu energiju te ostale parametre procesa poput protoka, temperature, tlaka itd.

Sofisticirana mjerna oprema ugrađena na dizalici topline omogućuje bilanciranje toka energije, mjerenje parametara procesa te učinkovitosti sustava na godišnjoj razini. U vremenu od srpnja 2016. godine do zaključno s prosincem 2019. godine kaskadna visokotemperaturna dizalica topline isporučila je 13.107 MWh toplinske energije. Pri tome je sustavu privedena ukupna električna energija za pogon kompresora i pomoćnih komponenti u iznosu 2.596 MWh. Sustav je u vremenu od 3,5 godina rada postigao prosječnu učinkovitost SCOP u iznosu od 5,05. Ukupna ušteta iznosi 2,75 mil kuna. Uštete iskazane u štetnim emisijama u okoliš iznose 2.275 tona CO<sub>2</sub>. U Tablica 1 dani su rezultati rada dizalice topline po godinama. ■





**RASHLADNICI VODE I GLIKOLA S PRIRODNOM RADNOM TVARI**  
**DIZALICE TOPLINE**  
**OPREMA ZA RASHLADNE SUSTAVE**



**Frigo Plus**

**Smart & Natural Cooling**

**Frigo Plus d.o.o.**

Prepuštovečka ulica 19, Soblinec  
10360 Sesevete, Croatia

OiB: 29619031071

Tel: +385 1 2020 010

Fax: +385 1 2003 801



Go Green with us

[www.frigo-plus.hr](http://www.frigo-plus.hr)

## UPRAVLJANJE PLITKOM GEOTERMALNOM ENERGIJOM U URBANIZIRANIM PODRUČJIMA



Projekt MUSE (2018. - 2021.) istražuje resurse i moguće sukobe interesa povezane s korištenjem plitke geotermalne energije u europskim urbanim područjima i dostavlja geoznanstvene podatke o podzemlju dionicima putem korisničke internetske informacijske platforme programa GeoERA.



### **KLJUČNE PORUKE**

- korištenje plitkog geotermalnog potencijala može značajno ubrzati prijelaz na europskih gradova prema samodostatnoj i dekarboniziranoj ekonomiji
- učinkovito i održivo korištenje plitke geotermalne energije zahtijeva integrativne koncepte upravljanja i politike
- potrebno je prikupiti i uskladiti postojeća znanje i strategije za prijenos u druge urbane regije



### **OČEKIVANI REZULTATI**

- MUSE pruža sveobuhvatnu bazu znanja o kartiranju, upravljanju resursima i mogućim sukobima oko korištenja koji se odnose na plitku geotermalnu energiju u urbanim područjima. Ovo također uključuje setove prostornih podataka koji će biti objavljeni na informacijskoj platformi programa GeoERA kao ogledni primjeri za moderne internetske informacijske sustave o upotrebi plitke geotermalne energije.
- MUSE također razvija strategije upravljanja koje bi osigurale učinkovito i održivo korištenje plitke geotermalne energije te minimizirale utjecaj na okoliš. Rezultati mogu služiti kao podrška strategijama poput akcijskih planova za korištenje obnovljivih izvora energije i održivi razvoj.



### **PRIMJERI IZ PRAKSE**

- Razvijene metode i pristupi testirat će se i vrjednovati, uz doprinos lokalnih dionika, u 14 urbanih pilot područja širom Europe koja su reprezentativna za različite klimatske i geološke uvjete.
- Rezultati projekta predstavljat će sveobuhvatnu zbirku metoda, pristupa i alata koji se mogu prenijeti u različita urbanizirana područja u Europi i usvojiti od strane drugih organizacija.



### **PARTNERSTVO**

Geološki instituti i službe iz 16 europskih zemalja surađuju u sklopu projekta MUSE s ciljem poticanju korištenja plitke geotermalne energije u urbanim područjima.



### **FINANCIRANJE**

MUSE je financiran iz programa GeoERA, u sklopu istraživačkog programa EU Horizon 2020, čiji je glavni cilj pridonijeti optimalnoj upotrebi resursa i kvalitetnom upravljanju podzemljem. GeoERA program obuhvaća projekte iz primijenjenih geoznanosti kojima se pristupa kroz četiri teme: geoenergija, podzemne vode, sirovine i informacijska platforma.



### **VIŠE INFORMACIJA**

Mrežna stranica projekta: <https://geoera.eu/projects/muse3/>

Voditeljica komunikacije: dr. sc. Staša Borović, Hrvatski geološki institut, [sborovic@hgi-cgs.hr](mailto:sborovic@hgi-cgs.hr)

Osnovne informacije o hrvatskom pilot području: [https://geoera.eu/wp-content/uploads/2019/06/MUSE\\_Factsheet\\_04\\_Zagreb.pdf](https://geoera.eu/wp-content/uploads/2019/06/MUSE_Factsheet_04_Zagreb.pdf)



projektiranje i nadzor  
u graditeljstvu

PROJEKTIRANJE  
I NADZOR  
ELEKTROTEHNIČKIH  
I STROJARSKIH  
INSTALACIJA  
U GRADITELJSTVU

TEHNIČKA  
SAVJETOVANJA

KONZULTANTSKE  
USLUGE

ISPITIVANJA  
ELEKTRIČNIH  
INSTALACIJA

PREGLED  
I ISPITIVANJE  
SUSTAVA ZAŠTITE  
OD MUNJE

ISPITIVANJA  
SUSTAVA GRIJANJA  
HLAĐENJA  
I VENTILACIJE

SUDSKA  
VJEŠTAČENJA  
U ELEKTROTEHNICI  
I STROJARSTVU

ENERGETSKI  
PREGLEDI  
VELIKIH PODUZEĆA  
I CERTIFICIRANJE  
ZGRADA

TERMOVIZIJA  
U ZGRADARSTVU,  
ENERGETICI  
I ELEKTROTEHNICI

ISPITIVANJA  
ZRAKOPROPUSNOSTI  
OVOJNICE ZGRADA  
(BLOWER DOOR  
TEST)

H5 d.o.o. je osnovana 2009g. s kontinuiranim razvojem i rastom poslovanja uz izvršavanje usluga usklađenih s važećom zakonskom regulativom. Uz suradnju sa drugim stručnjacima i pravnim subjektima izvršavamo usluge za privatne investitore kao i za javna poduzeća i institucije iz područja:

- Industrijskih objekata (za preradu i skladištenje prehrambenih i neprehrambenih proizvoda)
- Postrojenja sa pitkim i otpadnim vodama
- Stambene zgrade
- Javne zgrade (bolnice, škole, vrtići, itd)
- Poslovne zgrade i trgovine

**Bjelovarska 23A; 10360 Sesevete; OIB 24374623263; MB 02437503**  
**Tel: 01 2042481; fax: 01 2063771; e-mail: hpet@hpet.hr; www.hpet.hr**



# Dizalicu topline se mora osjetiti. Ne čuti.

Split dizalica topline Vitocal 200-S – izarzito tiha zahvaljujući naprednoj konstrukciji Advanced Acoustic Design

Moderna i povoljna alternativna za novogradnju i modernizaciju. [www.viessmann.hr](http://www.viessmann.hr)

Viessmann d.o.o. Hrvatska  
10020 Zagreb | Telefon +385 1 6593 650

**VIESSMANN**