

Rješenja za grijanje i hlađenje u sadašnjosti i budućnosti

QUO VADIS

DIZALICE TOPLINE

prof. dr. sc.
Vladimir Soldo
dipl. ing.
dr. sc.
Luka Boban
mag. ing. mech.

Dizalice topline smatraju se visokoučinkovitim sustavima za proizvodnju toplinske i rashladne energije. Koriste se za grijanje, hlađenje i pripremu potrošne tople vode u zgradarstvu i industrijskim procesima. Primjenjuju se u svim veličinama, od onih najmanjih za grijanje stanova pa sve do onih za grijanje i hlađenje cijelih naselja.

Korištenje dizalica topline uvelike je motivirano činjenicom da u ukupnoj izmijenjenoj toplini manji dio otpada na uloženu energiju, a veći dio na obnovljivu energiju iz okoliša. Najbolju učinkovitost dizalice topline iskazuju kada se koriste u niskotemperaturnim i srednjotemperaturnim sustavima grijanja s temperaturama polaznog voda do 55 °C, ali njihova primjena je moguća i za visokotemperaturne režime, do temperatura polaznog voda od 90 °C. Kada je u pitanju industrijska primjena, komercijalno dostupne dizalice topline omogućuju temperature polaznog voda i do 140 °C, ali zahtijevaju visokotemperaturne toplinske izvore zbog

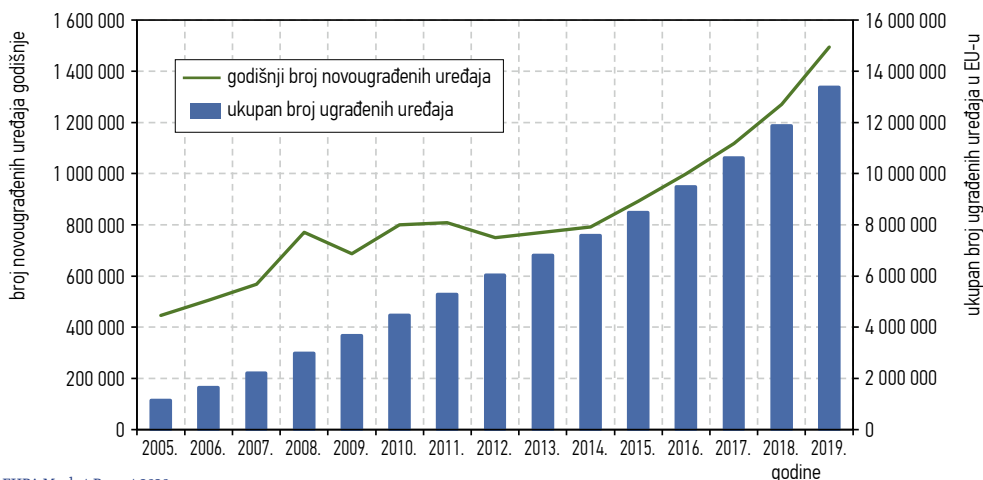
ograničenja razlike temperature toplinskih spremnika (30 - 90 °C).

TRENUTAČNO STANJE TRŽIŠTA

Tržište dizalica topline već niz godina bilježi progresivan porast broja ugrađenih jedinica na razini Europske unije. Prema podacima Europskog udruženja za dizalice topline (EHPA), u posljednjih pet godina zabilježen je prosječni godišnji porast broja ugrađenih uređaja od 12% (il. 1).

Ti se podaci odnose na dizalice topline čija je primarna funkcija grijanje prostora i priprema potrošne tople vode. Sustavi zrak - zrak

► **Ilustracija 1**
Godišnji broj novougrađenih i ukupni broj ugrađenih dizalica topline u zemljama EU21



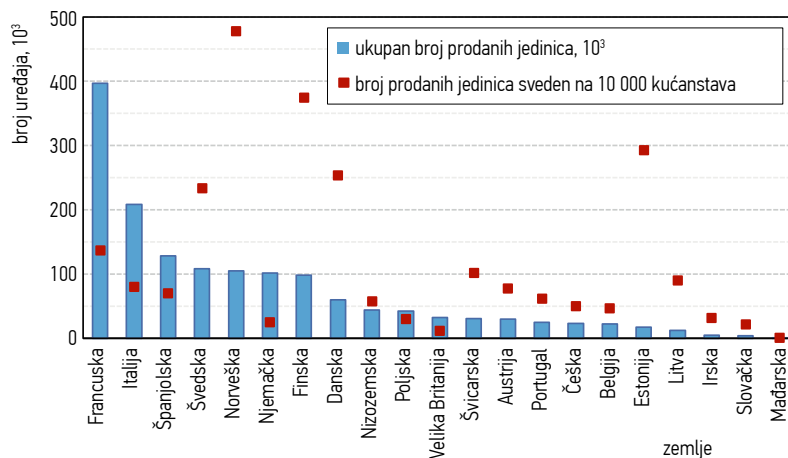
izvornik: EHPA Market Report 2020

koji se koriste samo za hlađenje nisu obuhvaćeni tom statistikom, dok je broj dizalica topline zrak - zrak s mogućnošću grijanja i hlađenja korigiran sukladno klimatskim značajkama pojedine zemlje. U izradi tog izvješća sudjelovalo je više zemalja, pri čemu je važno napomenuti da sustav prikupljanja nije jednoznačan u svim zemljama (il. 2). Tako Španjolska ne bilježi broj sustava s promjenjivim volumenom radne tvari (VRF), Švedska ne bilježi broj sustava zrak - zrak itd. Ipak, podaci predstavljaju važan alat za praćenje trendova i tržišta dizalica topline.

Gotovo 90% uređaja prodano je u deset vodećih zemalja prema ukupnom broju novougrađenih dizalica topline, a popis predvode Francuska, Italija, Španjolska, Švedska i Njemačka. Nešto drugačiji kontekst stanja tržišta oslikava se iz specifične prodaje uređaja svedene na broj kućanstava. Prema tom broju, koji oslikava zastupljenost rješenja na pojedinom tržištu sustava grijanja i hlađenja, predvodnici su zemlje Sjeverne Europe: Norveška, Švedska, Estonija, Finska i Danska.

Primjena dizalica topline s rekuperacijom topline iz otpadnog zraka karakteristična je za zemlje s većim brojem stupanj-dana grijanja, odnosno zemlje hladnije klime (npr. Norvešku, Švedsku, Finsku). Značajan je broj i dizalica topline koje se koriste isključivo za pripremu PTV-a u zemljama Sjeverne i Srednje Europe. Dizalice topline tlo - voda i voda - voda bilježe stabilan broj ugrađenih sustava godišnje, ali zbog ekspanzije zračnih dizalica topline na manjim građevinama njihov udio u ukupnom broju je u blagom padu. Ipak, važno je istaknuti da analiza tržišta ukazuje na to da se sustavi s tlom i vodom izvode sa sve većim toplinskim učinkom što, uz stabilan broj izvedenih sustava, pozitivno utječe na količinu proizvedene topline za grijanje i hlađenje uz primjenu tih sustava. Velik udio manjih uređaja izravna je posljedica sve većeg broja energetski učinkovitih građevina, bez obzira na to radi li se o energetskoj obnovi ili novogradnjama, gdje dizalice topline zauzimaju značajan udio na tržištu sustava grijanja, hlađenja i pripreme PTV-a. Tako njemačko Savezno udruženje za dizalice topline (BWP) iznosi podatak da je njihova zastupljenost u novogradnjama u Njemačkoj oko 49% (il. 3). Procjene za Francusku govore o zastupljenosti dizalica topline u novogradnjama od 50% za grijanje i 70% za pripremu PTV-a te 20% za grijanje i 60% za pripremu PTV-a pri energetskoj obnovi zgrada.

Kontinuirani porast tržišta proizlazi iz više čimbenika: tehničkog razvoja koji omo-



▲ Ilustracija 2

Ukupno broj prodanih dizalica topline po zemljama i sveden na 10 000 kućanstava

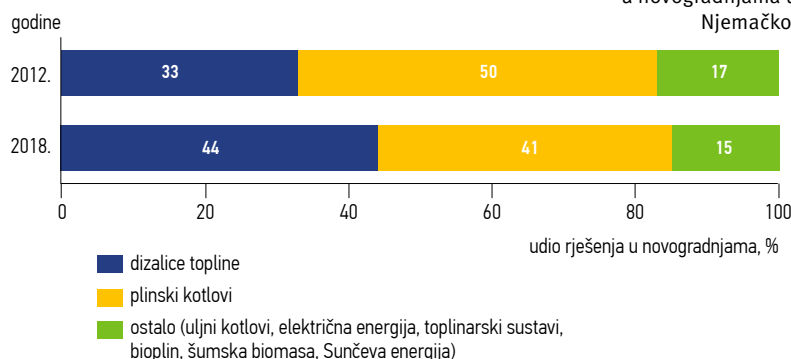
gućava primjenu dizalica topline za veće rasponje vanjskih temperatura, uvođenja legislative motivirane energetskom tranzicijom koja uvjetuje energetski učinkovitije zgrade i primjenu obnovljivih izvora, porastom aktivnosti u građevinarstvu i, u konačnici, većom financijskom konkurentnošću dizalica topline zbog sve većeg udijela na tržištu.

POGLED U BUDUĆNOST - EUROPSKA I NACIONALNA REGULATIVA

Velika učinkovitost pretvorbe energije i korištenje udjele obnovljive energije iz okoliša kod dizalica topline omogućuje energetske uštede i smanjenje emisija ugljičnog dioksida u odnosu na sustave s fosilnim gorivima. Mogućnost smanjenja emisije CO₂ ovisi o strukturi elektroenergetskog sustava kao izvora energije za pogon i samoj učinkovitosti uređaja. Vjetar u leđa dizalicama topline je niz direktiva u sklopu paketa 'Čista energija za sve Europljane' kojima je cilj osigurati regulatorne preduvjete za energetsku tranziciju. Upravo zato su Direktivom 2009/28/EC o promicanju uporabe energije iz obnovljivih izvora dizalice topline svrstane u obnovljive izvore prema minimalnoj vrijednosti pro-

▼ Ilustracija 3

Udio pojedinog rješenja u sustavima grijanja u novogradnjama u Njemačkoj



izvornik: 'Opportunities and Risks for Germany's Heating Industry in a Competitive Global Environment', PricewaterhouseCoopers

sječne sezonske učinkovitosti sustava (pokazatelj SPF ili SCOP). Posebno je značajna Direktiva 2010/31/EC o energetske učinkovitosti zgrada koja je uvela pojam gotovo nula energetskih zgrada (nZEB) i koja je proteklih godina transponirana u nacionalna zakonodavstva članica EU-a.

Konkretno, u Hrvatskoj je na snazi odluka da sve nove zgrade od 1. siječnja 2021. godine moraju biti zgrade gotovo nulte energije. Ovisno o kategoriji zgrade, propisan je maksimalni iznos primarne energije za grijanje, hlađenje, ventilaciju i rasvjetu te minimalni iznos od 30% potrebne energije iz obnovljivih izvora.

Europski zeleni plan (The European Green Deal - COM 2020) glavni je strateški razvojni dokument za EU i temelj nastojanja postizanja klimatske neutralnosti do 2050. godine. Zahtijeva smanjenje emisija stakleničkih plinova do 60%, a veliki doprinos ambicioznim ciljevima očekuje se upravo u energetici, s obzirom na to da se samo za grijanje i hlađenje troši otprilike 51% finalne energije i ostvaruje 27% ukupnih emisija CO₂. Očekuje se da će dizalice topline ulogu u budućem energetske sustavu ostvariti u sklopu nekoliko elemenata Europskog zelenog plana, a prije svega u elementima opskrbe čistom energijom, čiste industrije i energetske obnove uz učinkovitu upotrebu energije i resursa.

Niz strateških dokumenata ide na ruku dizalicama topline. Nova industrijska strategija za Europu (COM(2020) 102 Final) naglašava da će smanjenje emisija plinova biti moguće samo uz načelo 'energetska učinkovitost na prvome mjestu' te sigurnu i dostatnu opskrbu niskougljične energije po konkurentnim cijenama. To za sobom povlači planiranje i ulaganje u tehnologije, kapacitete i infrastrukturu proizvodnje takve energije te bolje povezivanje europskih energetskih sustava kako bi se integriralo što više obnovljivih izvora. Upravo dizalice topline pozitivno utječu na integraciju drugih obnovljivih izvora jer omogućuju visokoučinkovitu pretvorbu električne u toplinsku energiju. Njihova važnost, i onih velikih i onih malih kapaciteta, naglašena je u Strategiji za integraciju energetskog sektora (COM(2020) 299 Final) kojom se predviđa povećanje elektrifikacije kod krajnjih korisnika za potrebe grijanja i to u komercijalnom sektoru do 80% i u stambenom sektoru do čak 70% do 2050. godine. Danas je taj udio na razini EU-a izme-

đu 5 i 10%. Dokument 'Val obnove za Europu - ozelenjivanje zgrada, otvaranje radnih mjesta, poboljšanje života' (COM(2020) 662 Final) naglašava proces obnove zgrada kao temelj ubrzanja integracije obnovljivih izvora i šire uporabe otpadne topline. Dodatno, koncept pametnih zgrada smješta upravo dizalice topline u srce novog modela u kojem je moguće povezati proizvodnju električne energije fotonaponskim sustavima, spremnike topline i elektromobilnost kako bi zgrade počele proizvoditi energiju umjesto da su isključivo mjesto potrošnje. Oba procesa predstavljaju izravan doprinos dekarbonizaciji grijanja i hlađenja. Iako strateški dokumenti daju okvir za primjenu dizalica topline, trenutačno stanje i trendovi ukazuju na to da će biti potrebni hrabriji koraci prema zelenim tehnikama kako bi energetika koja uzrokuje 75% emisija postala niskougljična, a Zeleni plan ostvaren.

UČINKOVITOST

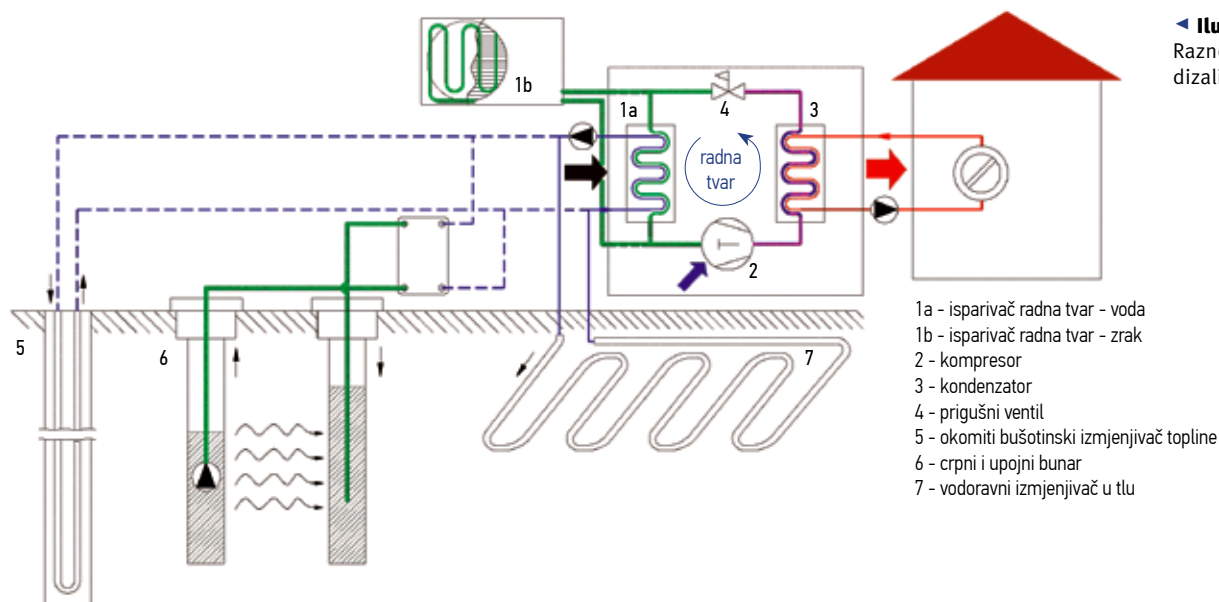
Svojstva toplinskog spremnika uvelike utječu na rad dizalice topline, a to su prije svega kapacitet toplinskog izvora, promjenjivost temperature tijekom godine te investicijski i pogonski troškovi korištenja pojedinog oblika spremnika. Najčešća podjela toplinskih izvora je na okolini zrak, tlo, vodu i otpadnu toplinu (il. 4).

Sezonska učinkovitost sustava (SPF ili SCOP) ključni je pokazatelj rada dizalica topline koji omogućuje usporedbu njihove energetske učinkovitosti u odnosu na sustave koji koriste fosilna goriva (plin, ulje). To je omjer ukupne isporučene toplinske i utrošene električne energije za pogon sustava:

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

Učinkovitost dizalice topline ovisi o brojnim parametrima kao što su promjenjive temperature toplinskog izvora i ponora, izvedba sustava, način regulacije i vođenja procesa, meteorološki uvjeti i potrebe za grijanjem i hlađenjem te, u konačnici, navike korisnika. Proračun godišnjeg faktora učinkovitosti prema nazivnim radnim točkama (HRN EN 14 511 ili HRN EN 14 825) dan je u HRN EN 15 316-4-2. Realni uvjeti, pri čemu dominira rad pri parcijalnom opterećenju, uzrokuju odstupanja od proračunskih vrijednosti pa je praćenje rada izvedenih sustava vrijedan pokazatelj njihove učinkovitosti ovisno o uvjetima primjene i izvedbi.

◀ **Ilustracija 4**
Razne izvedbe
dizalica topline



Smjernice za izračun dobivene obnovljive energije iz dizalica topline, prezentirane u sklopu odluke Europskog parlamenta (2013/114/EU), definiraju minimalne dozvoljene i pretpostavljene vrijednosti SPF-a u ovisnosti o toplinskom izvoru i geografskoj lokaciji (il. 5). S obzirom na to da pretpostavljene vrijednosti SPF-a nisu dovoljno detaljno razrađene po članicama, u točki 3.12 potiču se članice EU-a na nacionalno-regionalni pristup razvoja detaljnih procjena SPF-a korištenjem jasne i pouzdane metodologije.

Vrijednosti sezonske učinkovitosti dizalica topline u režimu grijanja dosežu prosječne vrijednosti 3 - 4,5. Primjenom u industriji sezonska učinkovitost dizalica topline može biti manja, ako se govori o visokotemperaturnoj primjeni, ali može i dosezati vrlo velike vrijednosti, reda veličine 5 - 6, ako su energetski tokovi, vrijeme i režimi rada pogodni za rekuperaciju dijela topline.

U praksi nedostaju sustavi koji su opremljeni mjernom opremom kako bi se u realnom okruženju valorizirale dizalice topline, a sustavni pristup toj problematici dosta je zahtjevan. Kao najbolji primjer praćenja rada izvedenih sustava mogu se navesti aktivnosti istraživača s njemačkog Instituta Fraunhofer, koji su u nekoliko projekata vrednovali sezonsku učinkovitost sustava u 240 obiteljskih kuća (za posljednji projekt koji traje od 2015. godine još nema objavljenih rezultata).

PERSPEKTIVA PRIMJENE

Dizalice topline omogućuju učinkovito grijanje, hlađenje i pripremu PTV-a uz iskori-

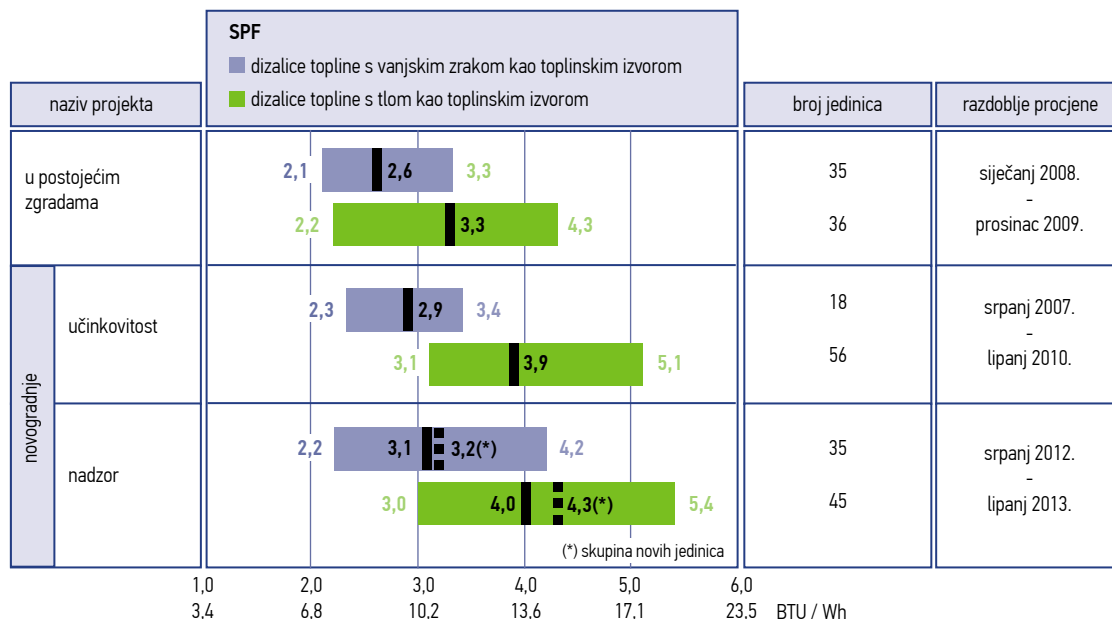
štavanje obnovljive energije iz okoliša. Ipak, sustavi s dizalicama topline investicijski su zahtjevniji od onih s konvencionalnim izvorima, pogotovo ako se radi o obnovi postojećih objekata i sustava. Razdoblje povrata investicije značajno ovisi izvedbi sustava i o omjeru cijene električne energije i konkurentnih goriva (fosilnih ili biomase) i kreće se u rasponu 7 - 15 godina. Dulja razdoblja povrata karakteristična su za energetske učinkovitije, ali za izvedbu zahtjevnije sustave koji iskorištavaju obnovljivu energiju iz tla ili vode. Omjer cijene električne energije i plina (ili drugih goriva) izravno utječe na pogonske uštede. Na razini EU-a cijene električne energije osjetno su više od cijena plina, a ako se svedu na kWh isporučene energije, omjer troška veći od sezonskog toplinskog množitelja izravno poništava koristi učinkovitije pretvorbe energije u dizalicama topline. Omjer cijena električne energije i plina (ili drugih goriva) izravno utječe na pogonske uštede, a formiranje cijene pojedinog izvora uvelike ovisi o nejednoliku nametnutim porezima i naknadama.

Neovisno o kupovnoj moći i veličini tržišta, subvencioniranje i porezne olakšice pri prelasku na obnovljive izvore, a time i na dizalice topline, najsnažniji su alat kojim određena zemlja može utjecati na tržišni udio pojedinog rješenja. Bez određene financijske potpore, primjena dizalica topline ograničena je na investitore koji se ne vode nužno isključivo ekonomskim parametrima i na područja gdje ne postoji mogućnost ekonomičnog iskorištavanja nekog drugog energenta. Porast aktivnosti u građevinar-

**► Ilustracija 5**

Trenutačna
sezonska
učinkovitost
dizalica topline
zrak - voda i tlo -
voda

izvornik: Miara i dr.:
"Years of Heat Pumps
Monitoring in Germany.
Outcomes of several
Monitoring Campaigns,
From Low-energy Houses
to Un-retrofitted Single-
family Dwellings", 2017.



stvu pozitivno djeluje na rast tržišta dizalica topline, a u sklopu tih aktivnosti važan tržišni segment tiče se planirane intenzivnije obnove zgrada. Na razini EU-a fond postojećih zgrada koje će proći obnovu značajno je veći od fonda novogradnji, što znači da većinu zgrada koja će se koristiti 2050. godine čine upravo one koje su već izgrađene. U sklopu programa za poboljšanje energetske karakteristika zgrada svakako treba, osim ovojnice, poticati i zamjenu izvora topline, ogrjevnih i rashladnih tijela.

U konačnici, za opće prihvaćanje dizalica topline odgovorna je i sama struka koja mora izvoditi sustave prema primjerima dobre inženjerske prakse i jasno komunicirati sve njihove prednosti, ali i ograničenja. Primjer jasne i jednoznačne komunikacije jesu energetske oznake definirane u Direktivi 2009/125/EZ o eko-dizajnu, gdje je napravljena jasna distinkcija između konvencionalnih sustava koji nose energetske oznake A za minimalni omjer primarne i konačne energije od 0,92, dok su energetske oznake koje zadovoljavaju moderne dizalice topline A+ i više, s obzirom na sezonski toplinski množitelj (SCOP). Osim energetske učinkovitosti i ekonomskih pokazatelja, nužno je komunicirati i njihove druge prednosti u vidu osiguranja grijanja i hlađenja s istim uređajem, postizanja velike toplinske ugodnosti, pojednostavljenja instalacija u zgradi s obzirom na pogonsku električnu energiju i postavljanje temelja za aktivno sudjelovanje potrošača u budućem integriranom energetskom sustavu.

HRVATSKA ISKUSTVA

U Hrvatskoj je svakim danom sve veći broj dizalica topline koje se instaliraju u praksi i diljem zemlje mogu se pronaći reprezentativni sustavi. Ne postoje službeni podaci o instaliranim sustavima i kapacitetima, ali prema procjenama, slično kao i u drugim zemljama, udio dizalica topline u novim građevinama iznosi približno 50%. Programi subvencioniranja na razini Hrvatske postoje i periodički se objavljuju u okviru aktivnosti Fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost i to u sklopu programa namijenjenih energetske obnovi zgrada i korištenju obnovljivih izvora za potrebe grijanja i hlađenja. Na žalost, svi su mogli posvjedočiti propuštenoj prigodi da se u program subvencija za područja pogođena potresom, uz kondenzacijske kotlove, subvencioniraju i drugi izvori grijanja pa i dizalice topline. Bio bi to dobar pokazatelj javnosti da je moguće smanjiti, a u dogleđnoj budućnosti i ukloniti fosilna goriva iz stare jezgre Zagreba.

U Hrvatskoj već drugu godinu djeluje Hrvatsko udruženje za dizalice topline, osnovano s ciljem promocije njihovog korištenja u sustavima grijanja i hlađenja u svim segmentima društva i podizanja standarda projektiranja, izvedbe i održavanja sustava budući da su one za dio stručne javnosti još razmjerno novo rješenje. Otvoreno je za tvrtke i stručnjake različitih profila, ali i za opću javnost kako bi se u što većem broju kvalitetno primijenile dizalice topline, uz druga srodna rješenja koja omogućuju održivi razvoj i racionalno raspolaganje domaćim prirodnim resursima. ■