



Fakultet strojarstva i brodogradnje
Sveučilišta u Zagrebu



Stručni skup studenata

„Mi imamo rješenja – vizije novih generacija za održivi, zeleni razvoj”

Učinkovitost dizalica topline zrak – voda i njihova primjena

Franjo Novosel

Matej Đuranović

Mentor: Dr. sc. Vladimir Soldo izv. prof.



Zagreb 08.09.2017.

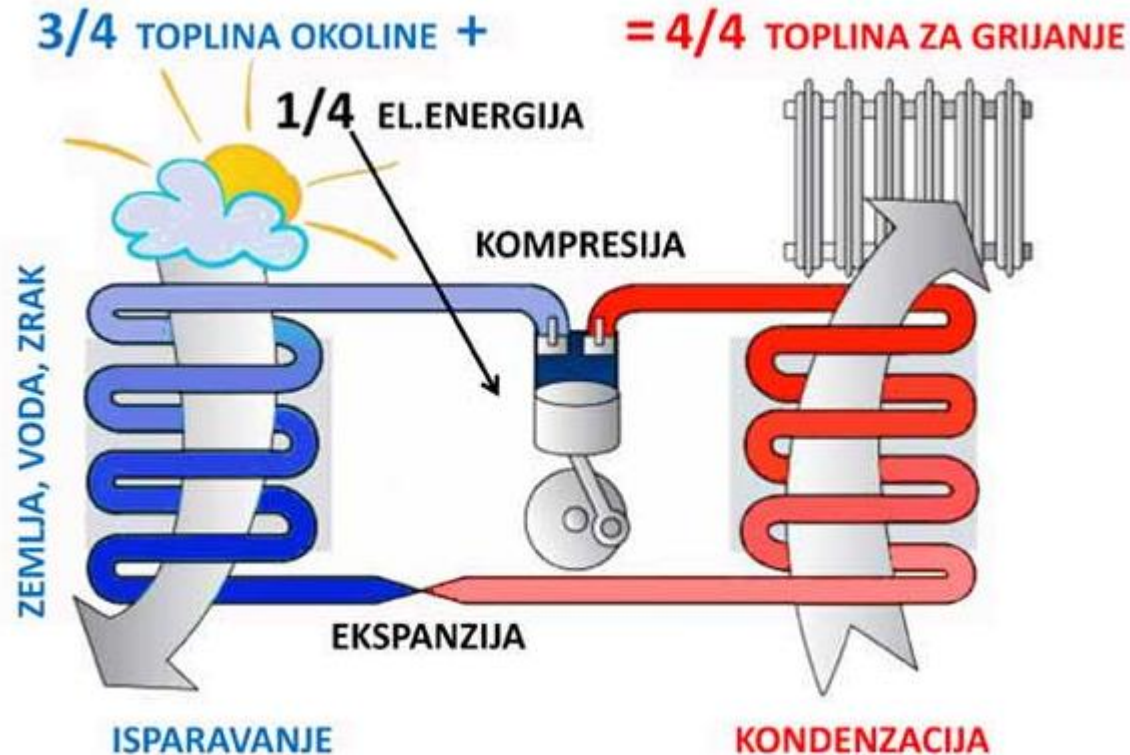
SADRŽAJ

1. Uvod
2. Dizalica topline zrak-voda princip rada
3. Tržište dizalica topline
4. Prednosti dizalice topline zrak-voda
5. Ograničenja u primjeni dizalice topline zrak-voda
6. Učinkovitost dizalice topline
7. Zaključak

1. Uvod

- Dizalice topline primjenjuju se u sustavima svih veličina, od onih najmanjih za grijanje stanova, pa sve do sustava koji služe za grijanje čitavih naselja – niskotemperaturni sustavi grijanja
- Primjena dizalica topline u svrhu grijanja u Europi je počela 1939. godine, kada je u Zürichu izvedeno postrojenje za grijanje Gradske vijećnice, izvor energije je riječna voda, uređaj je i danas u pogonu
- U Lučkom terminalu u Splitu 1979. godine ugrađena je jedna od prvih domaćih dizalica topline učinka grijanja 2x375 kW (45°C/40°C), te učinka hlađenja 600 kW (12°C/7°C). Uređaj je proizvela splitska tvrtka Termofriz. Koristila se za grijanje/hlađenje putničkog terminala, a koristila je morsku vodu kao toplinski spremnik
- Smjernica DIREKTIVE 2009/28/EZ EUROPSKOG PARLAMENTA I VIJEĆA o promicanju uporabe energije iz obnovljivih izvora svrstava dizalice topline u obnovljive izvore energije u ovisnosti o minimalnoj vrijednosti sezonskog toplinskog množitelja

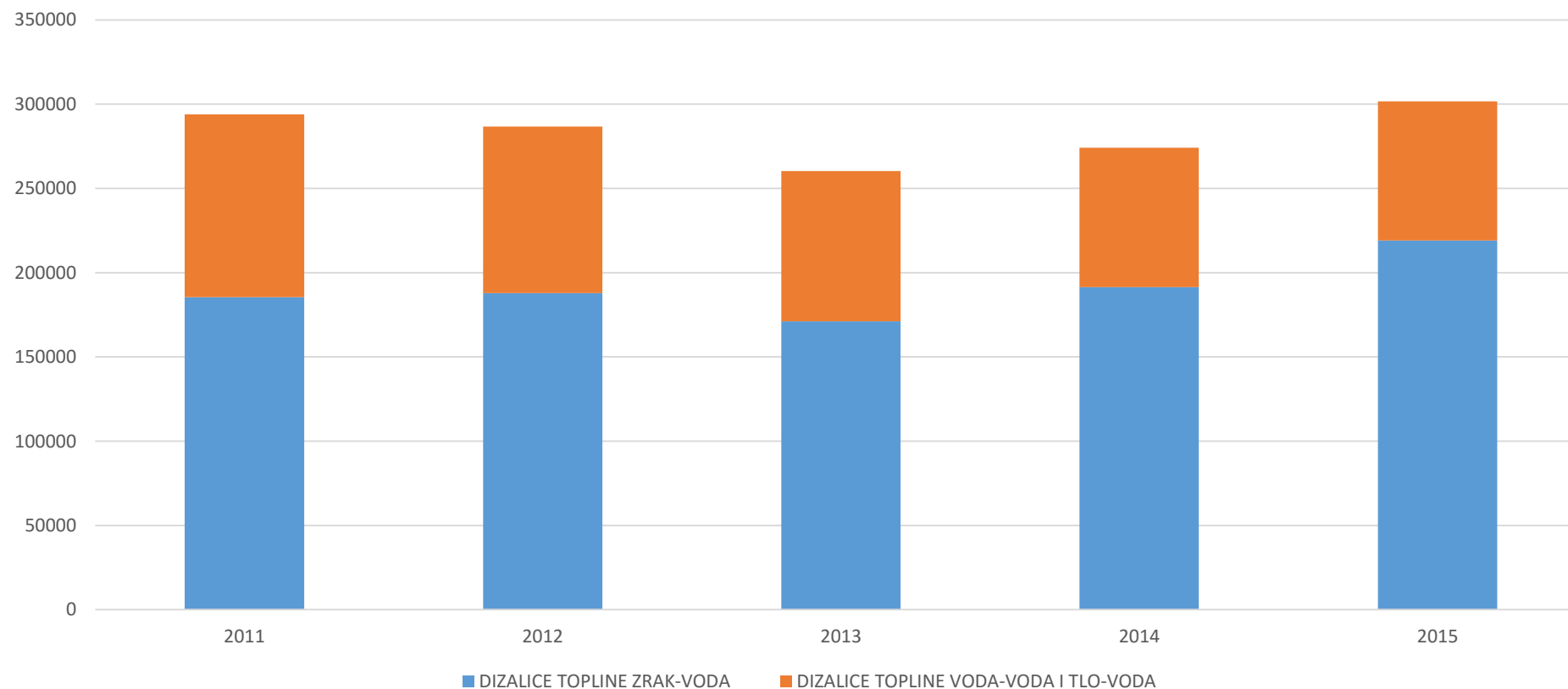
2. Dizalica topline zrak-voda princip rada



- Okolišni zrak - najveći i najpristupačniji ogrjevni spremnik topline za dizalice topline
- Loša strana zraka kao izvora topline su varijacije njegove temperature, što znatno utječe na toplinski množitelj dizalice topline odnosno učinkovitost

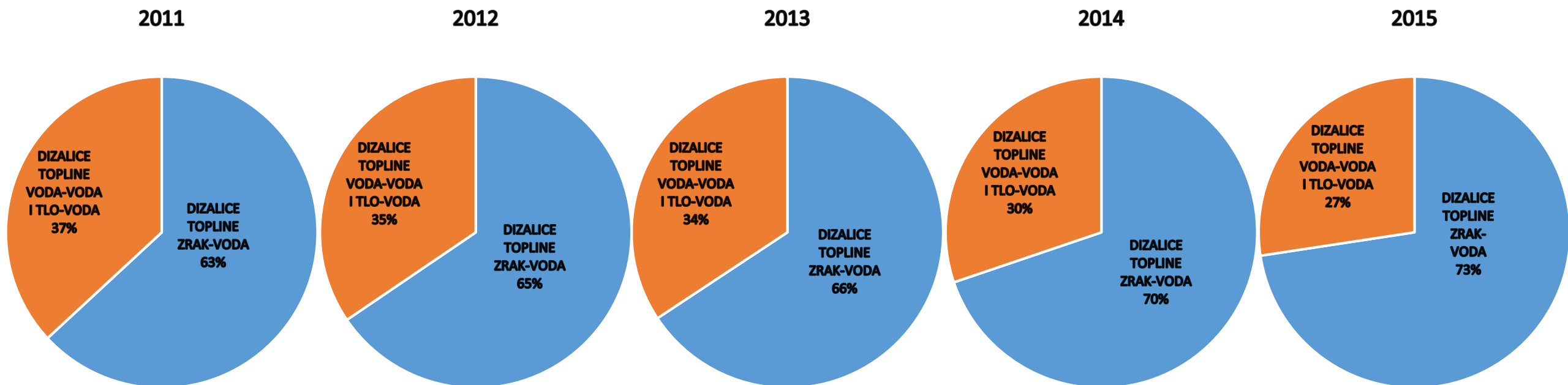
3. Tržište dizalica topline

➤ Broj instaliranih dizalica topline u EU (izvor: EurObserv'ER)



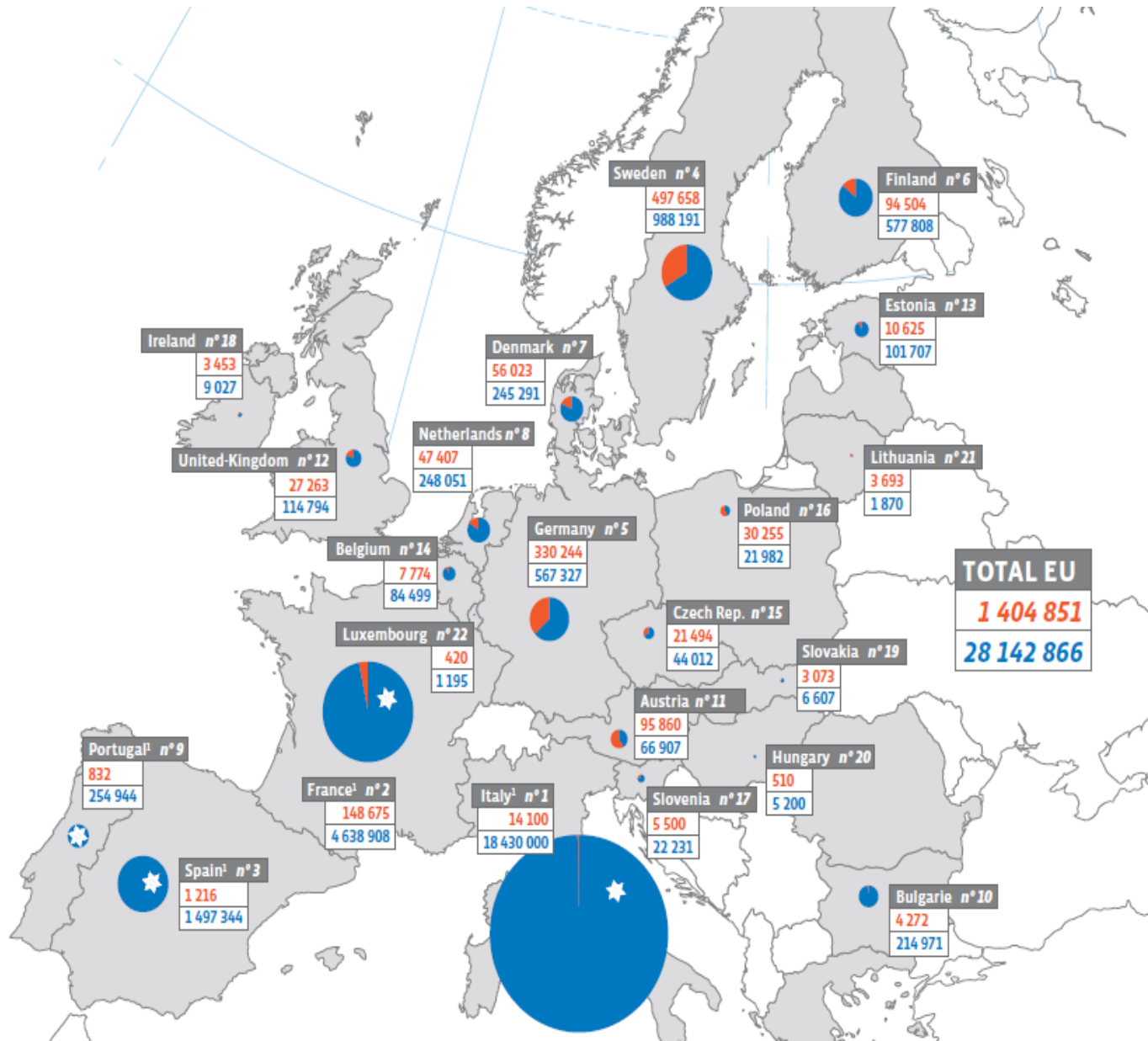
3. Tržište dizalica topline


➤ Udio instaliranih geotermalnih i aerotermalnih dizalica topline u EU (izvor: EurObserv'ER)



3. Tržište dizalica topline

➤ Ukupan broj dizalica topline u pogonu 2015 godine
(izvor: EurObserv'ER)

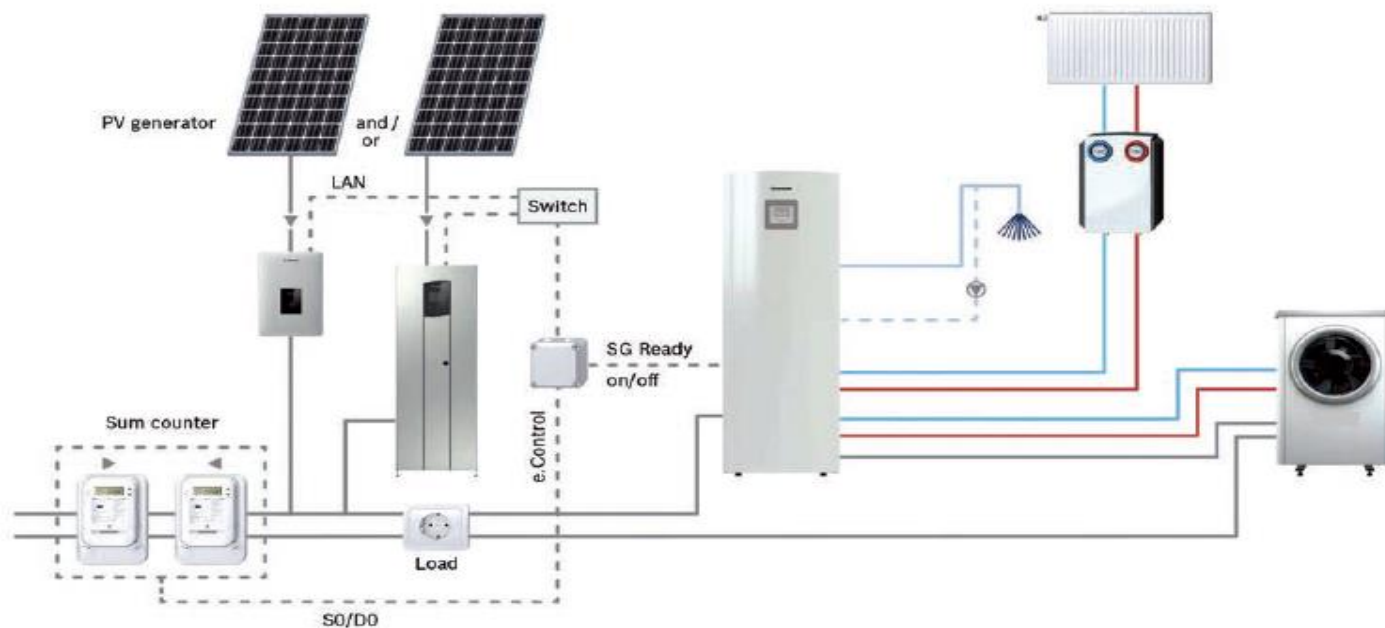


- Aerotermalne dizalice topline
( uključeni i split-klima uređaji odnosno dizalice topline koje se koriste samo za hlađenje)
- Geotermalne dizalice topline

4. Prednosti dizalice topline zrak-voda

- Grijanje obnovljivim izvorom energije – do 75% toplinske energije uzima se iz okoline što ima za posljedicu smanjivanje mjesečnih odnosno sezonskih troškova za grijanje
- Uporabom dizalice topline smanjuje se emisija CO₂ prema okolini do 60%
- Mogućnost hlađenja – osigurana toplinska ugodnost tijekom cijele godine s istim sustavom
- Relativno mali investicijski troškovi u odnosu na druge izvedbe dizalica topline → idealno za primjenu u obiteljskim kućama i manjim zgradama (rekonstrukcija ili novogradnja)

4. Prednosti dizalice topline zrak-voda



➤ „Zero-energy building” – visoka razina toplinske izolacije, visoka energetska učinkovitost, korištenje obnovljivih izvora energija, energetska neovisnost u smislu proizvodnje energije na samoj zgradi, min. potrošnja energije i emisije → fotonaponske ćelije + dizalica topline (mali kapaciteti)

➤ PRIMJER: Obiteljska kuća

- Solarna elektrana 9,6 kW_{el}
- Dizalica topline zrak voda $\Phi_{gr} = 6$ kW
- Korisna površina 146 m²
- God. proizvodnja el energije veća od potrošnje

5. Ograničenja u primjeni dizalice topline zrakovoda

- Potreban je srednje/niskotemperaturni režim grijanja (do 55°C)
- Primjena na zgradama koje imaju dobru toplinsku izolaciju
- Potrebna veća površina ogrjevnih tijela - kod postojećih zgrada u slučaju zamjene sustava grijanja i prijelaza na dizalicu topline potrebno je povećati površinu ogrjevnih tijela ako se ne poboljšava toplinska zaštita ovojnice zgrade
- Veći investicijski trošak – bolji uvjeti kreditiranja ovakvih investicija

5. Ograničenja u primjeni dizalice topline zrakovoda

- Smanjivanjem temperature okoline smanjuje se toplinski množitelj i ogrjevni učinak dizalice topline (poboljšano primjenom EVI tehnologije)
- U većini slučajeva obavezna primjena dodatnog izvora grijanja (ekonomičan rad do $\vartheta_{ok} = -5/-10 \text{ °C}$)
- Zaleđivanje isparivača - naslage leda najveće pri temperaturi zraka oko 0 °C (odleđivanje isparivača svakih 1,5 do 2 sata)

6. Učinkovitost dizalice topline

- Ovisi o raznim parametrima (temperatura izvora i ponora topline, klimatski uvjeti, izvedba sustava, ovojnica zgrade i dr.)
- Direktno utječe na isplativost i utjecaj na okoliš
- Izračun u jednoj radnoj točki (toplinski tok / električna snaga) ili u više radnih točaka (toplinska energija / električna energija)

Toplinski množitelj ili faktor grijanja dizalice topline (ε_{gr} ili COP) – za iskazivanje energetske razreda dizalice topline

$$\varepsilon_{gr} = COP = \frac{\Phi_{kond}}{P_{el}}$$

Φ_{kond} - ogrjevni učin, P_{el} - el. snaga komponenti (kompresor, regulacija, ventilatori, pumpe...)

Godišnji toplinski množitelj dizalice topline ($\varepsilon_{gr,G}$ ili SPF) – proračun godišnje isporučene i primarne energije

$$\varepsilon_{gr,G} = SPF = \frac{\sum(Q_{GR} + Q_{PTV})}{E_{SUS}}$$

Q_{GR}, Q_{PTV} - godišnja korisno predana toplinska energija za grijanje i pripremu PTV-a,

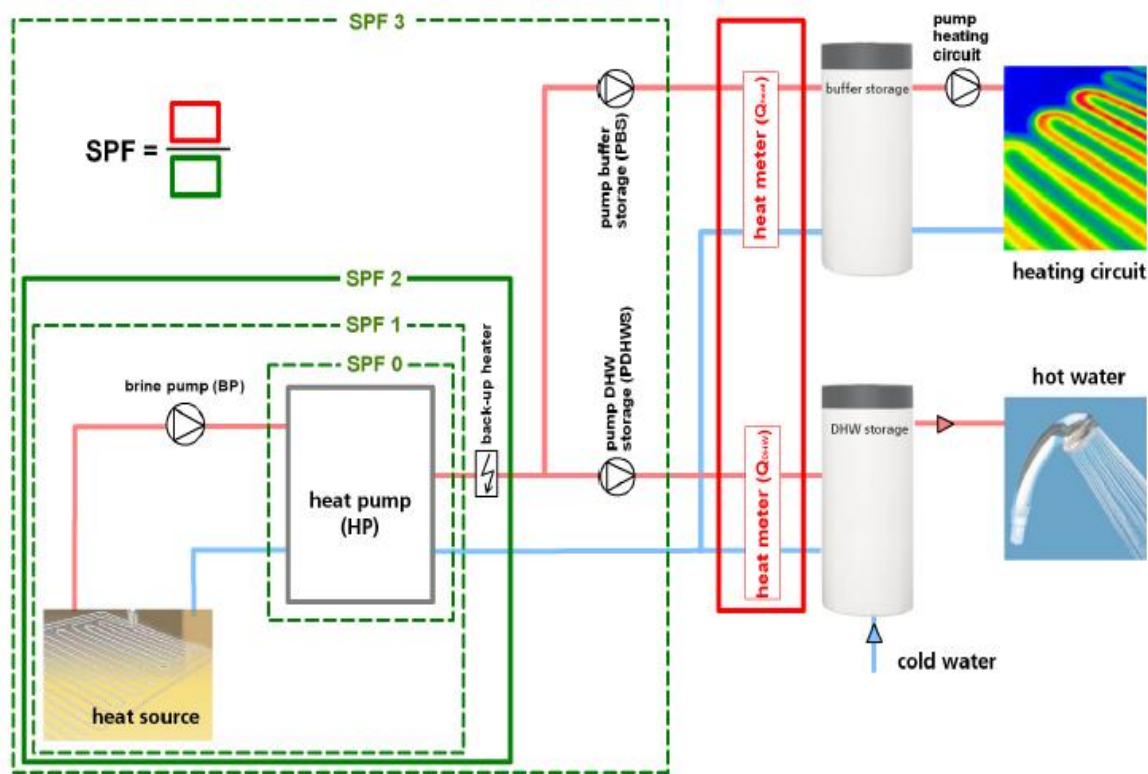
E_{SUS} - godišnja el. energija za pogon sustava dizalice topline

6. Učinkovitost dizalice topline

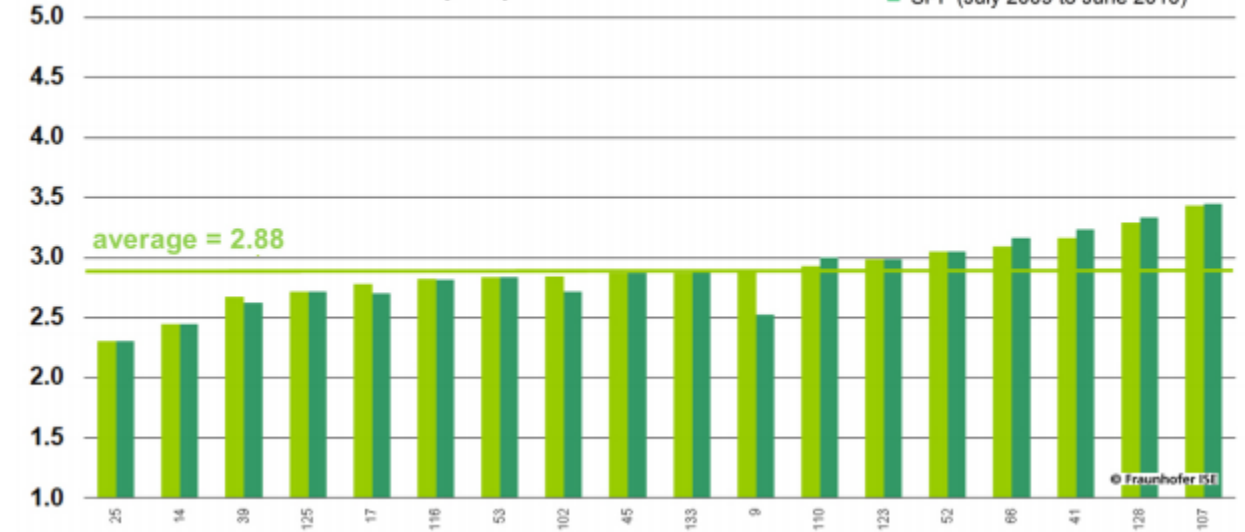
- Određivanje učinkovitosti mjerenjem na izvedenim instalacijama → najprecizniji način određivanja učinkovitosti, omogućuje optimiranje parametara za postizanje maksimalne učinkovitosti na svakom pojedinom sustavu
- Studija "Heat pump efficiency", institut Fraunhofer (2005 – 2010 godine) → određivanje učinkovitosti na izvedenih 110 sustava s dizalicama topline u Njemačkoj. Instalirani kapaciteti 5-11 kW na obiteljskim kućama, geotermalne i aerotermalne dizalice topline

6. Učinkovitost dizalice topline

➤ Definirane granice sustava u Fraunhofer studiji



SPF individual air source heat pumps

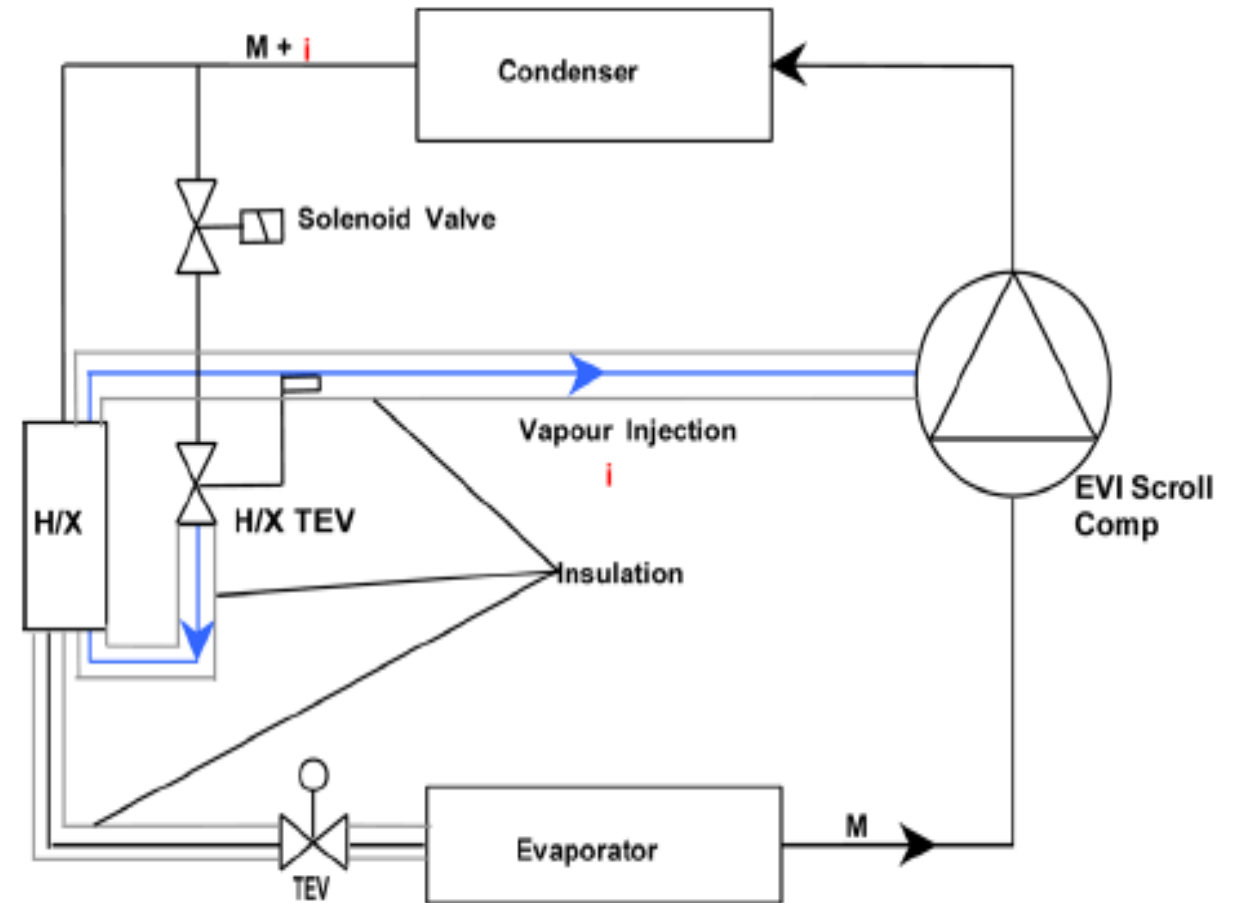


➤ Mjerenjem određena godišnja učinkovitost dizalica topline zrak-voda u Fraunhofer studiji

6. Učinkovitost dizalice topline

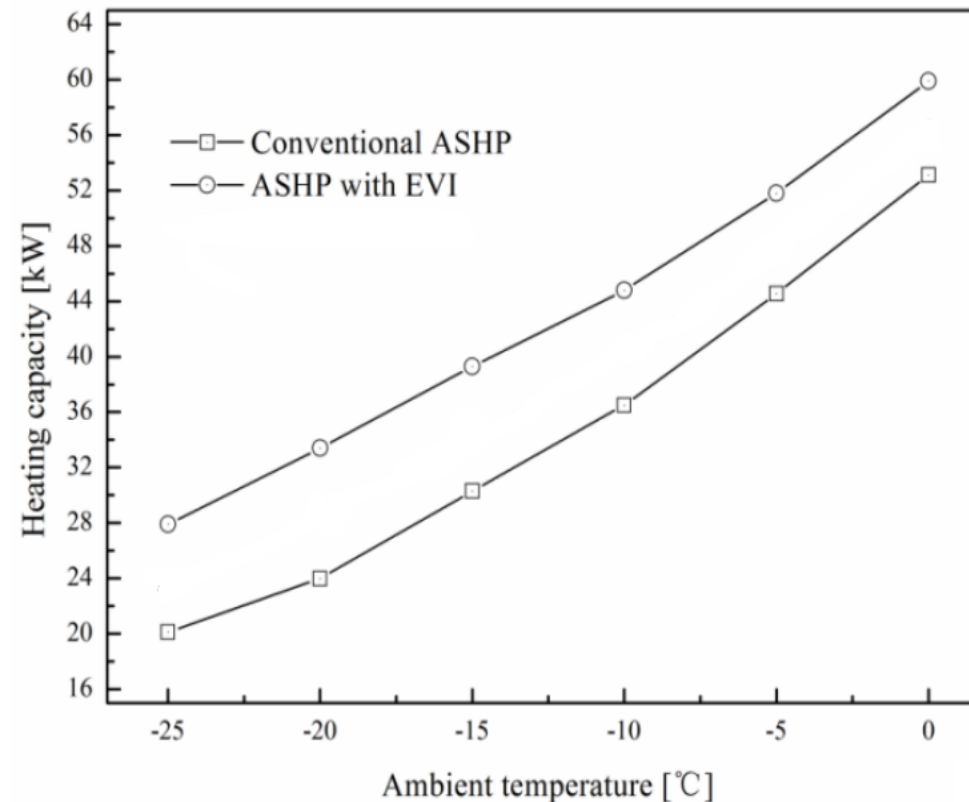
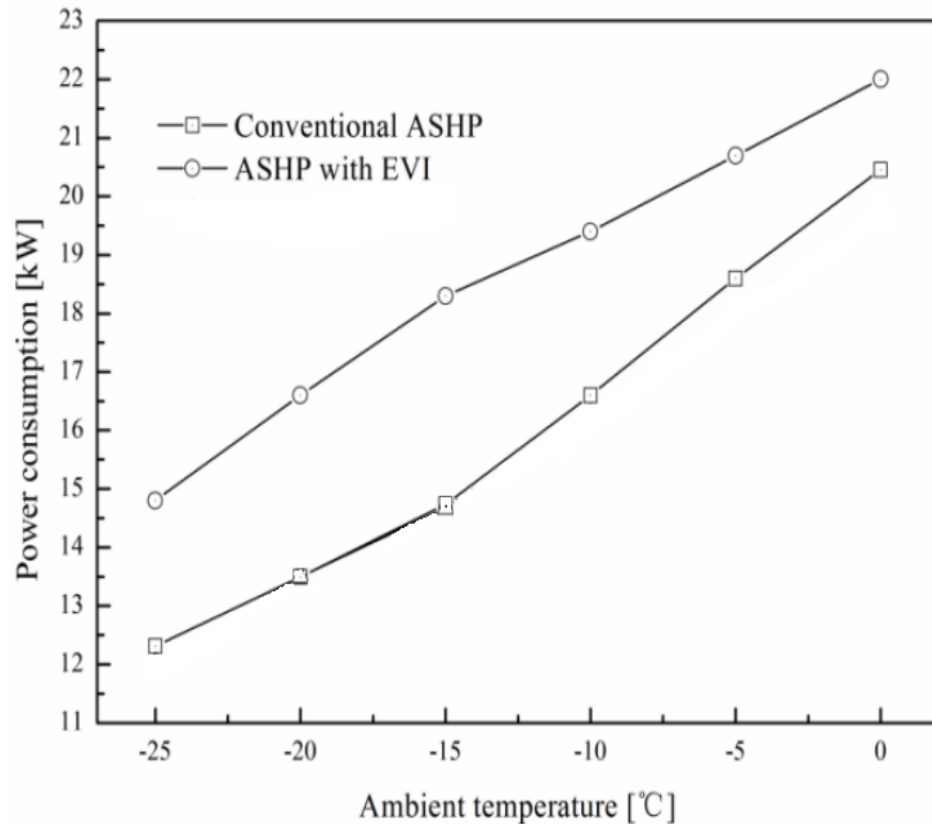
Sustav za ubrizgavanje pare tijekom kompresije (eng. EVI)

- Poboljšanje faktora grijanja
- Primjena u područjima hladnije klime
- Smanjenje izlazne temperature nakon kompresije



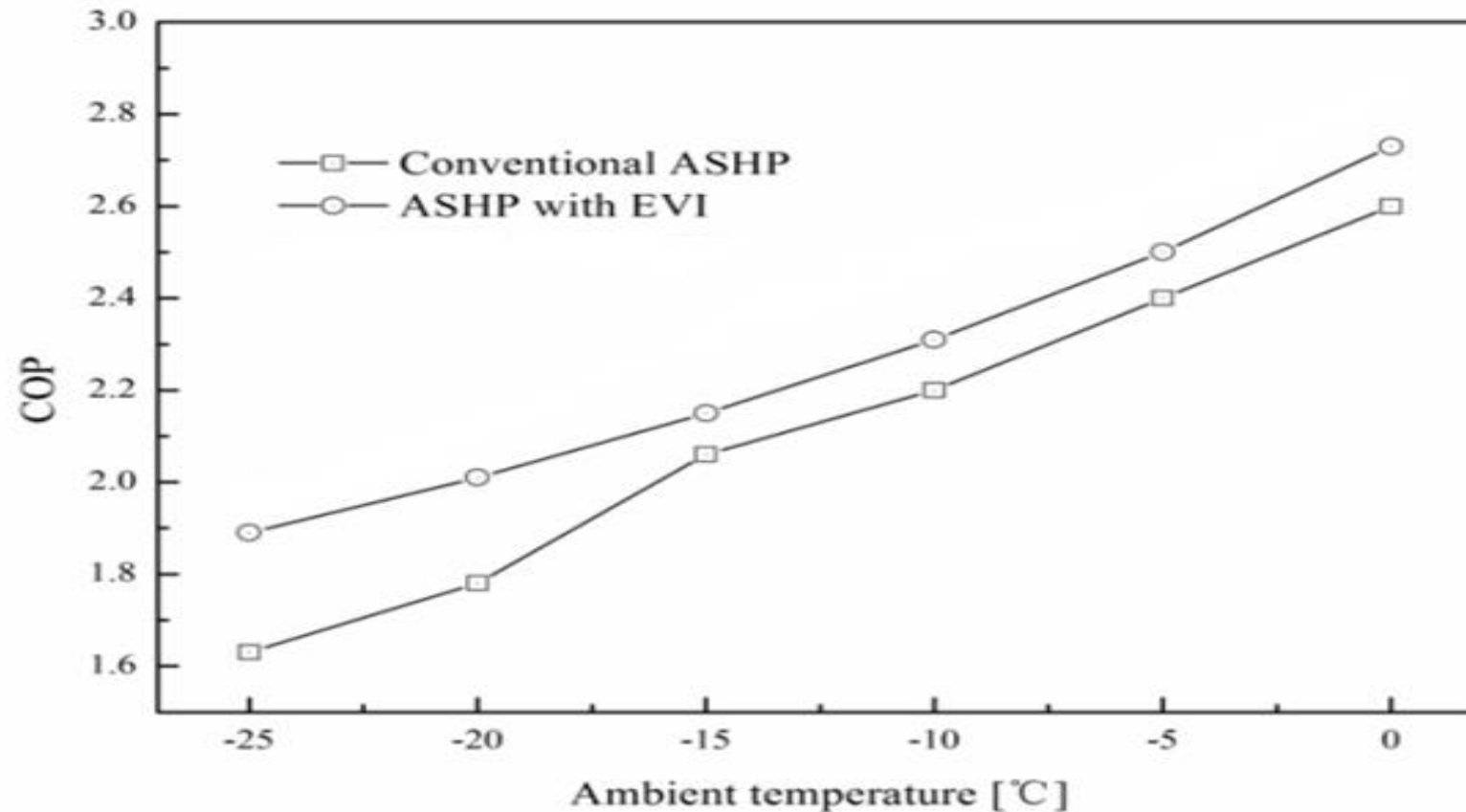
6. Učinkovitost dizalice topline

- Prikaz mjerenih rezultata snage kompresore i ogrjevnog učinka dizalice topline s i bez sustava za ubrizgavanje pare tijekom kompresije u ovisnosti o vanjskoj temperaturi



6. Učinkovitost dizalice topline

- Prikaz mjerenih rezultata faktora grijanja dizalice topline s i bez sustava za ubrizgavanje pare tijekom kompresije u ovisnosti o vanjskoj temperaturi



6. Učinkovitost dizalice topline

➤ Norme za određivanje učinkovitosti

EN 15316-4-2 – korisnost cijelog sustava proizvodnje (SPF)

EN 14511 – COP i EER

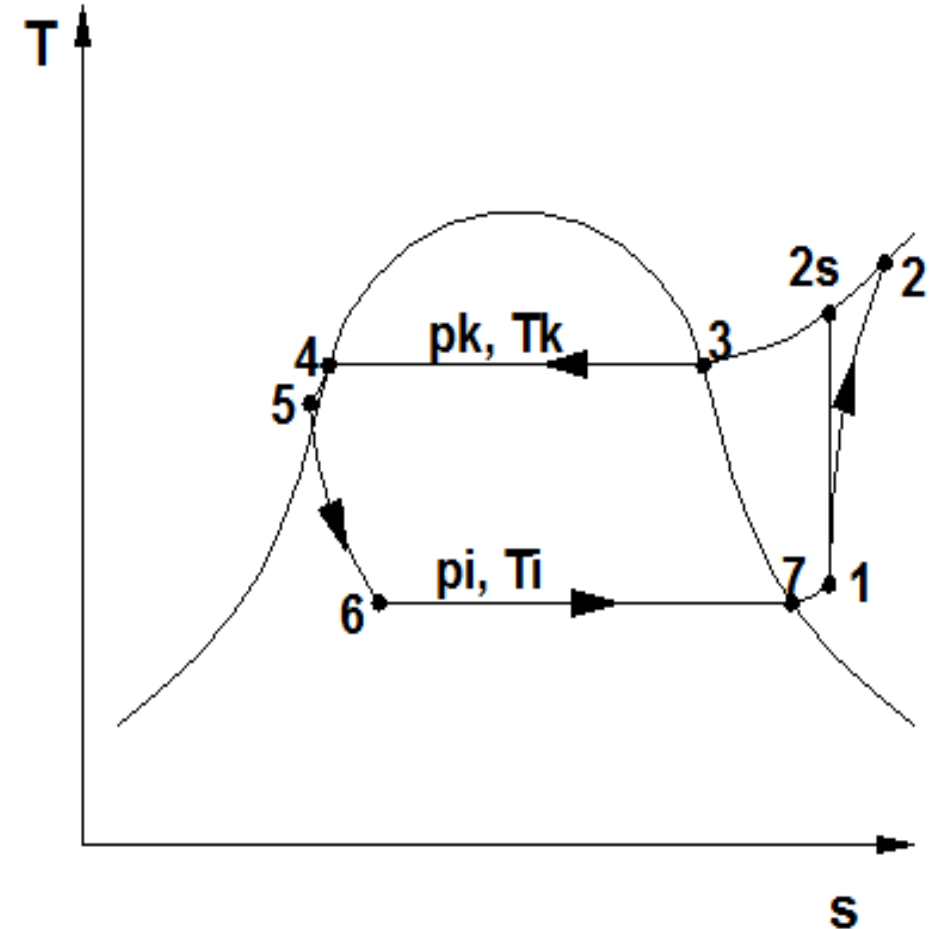
EN 14825 – SCOP i SEER

- Nedostaci postojećih proračunskih metoda -ne opisuju rad dizalice topline u realnim uvjetima gdje prevladava parcijalno opterećenje i prisutna je nestacionarnost, on-off režim rada, nije definiran proračun za hlađenje (EN 15316-4-2), neusklađene granice sustava, ulazni podaci laboratorijskih ispitivanja, ne temelje se na krugu radne tvari nego na krugu toplinskog izvora i ponora
- Simulacije – bolje opisuju dinamiku rada sustava s dizalicom topline, potrebni složeni i skupi računalni alati, detaljno modeliranje sustava

6. Učinkovitost dizalice topline

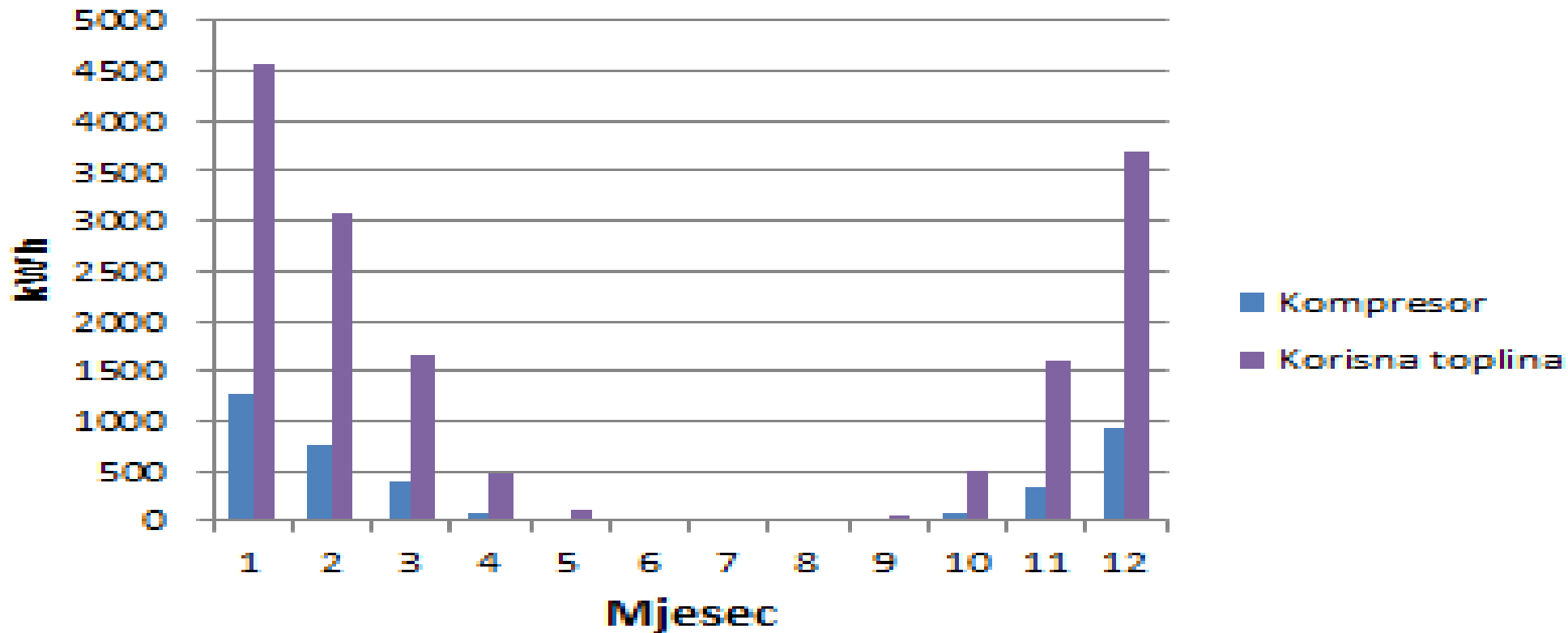
Nova proračunska metoda (razvoj na FSB-u)

- satni proračun– ulazni klimatski podaci i toplinsko opterećenje zgrade za svaki sat u godini
- promatranje kruga radne tvari
- izračun veličina stanja radne tvari ovisno (tlak i temperatura kondenzacije/isparavanja, entalpija, maseni protok) u ovisnosti o temperaturi toplinskog izvora i ponora, opterećenju...
- Izračun utrošene električne energije za svaku komponentu sustava (ventilatori, pumpe, sustav odleđivanja, regulacija..)
- detaljniji uvid u rad sustava i pojedinih komponenti



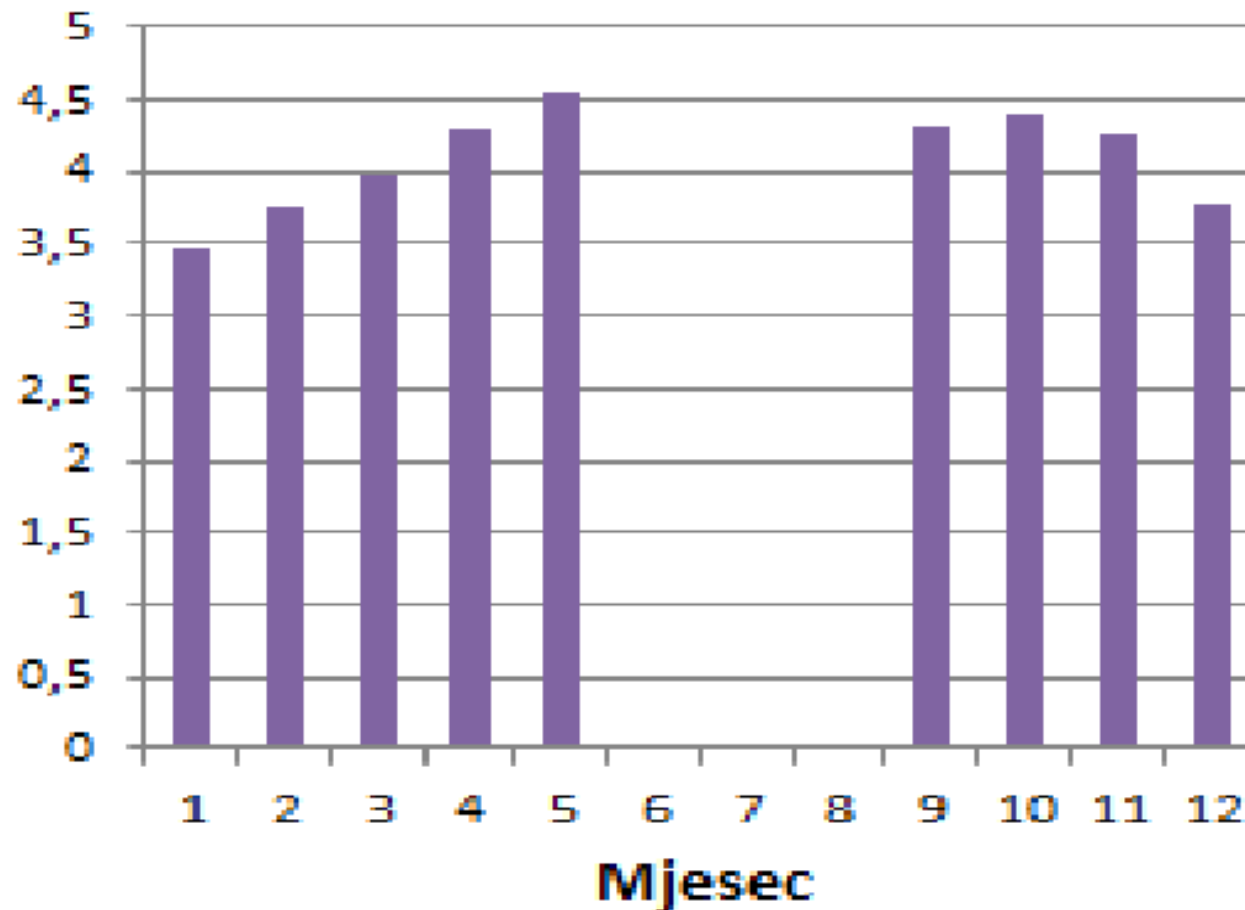
6. Učinkovitost dizalice topline

- Prikaz korisno predane topline i potrošnje električne energije kompresora po mjesecima prema novoj proračunskoj metodi



6. Učinkovitost dizalice topline

➤ Prikaz mjesečne učinkovitosti dizalice topline prema novoj proračunskoj metodi



■ Učinkovitost dizalice topline

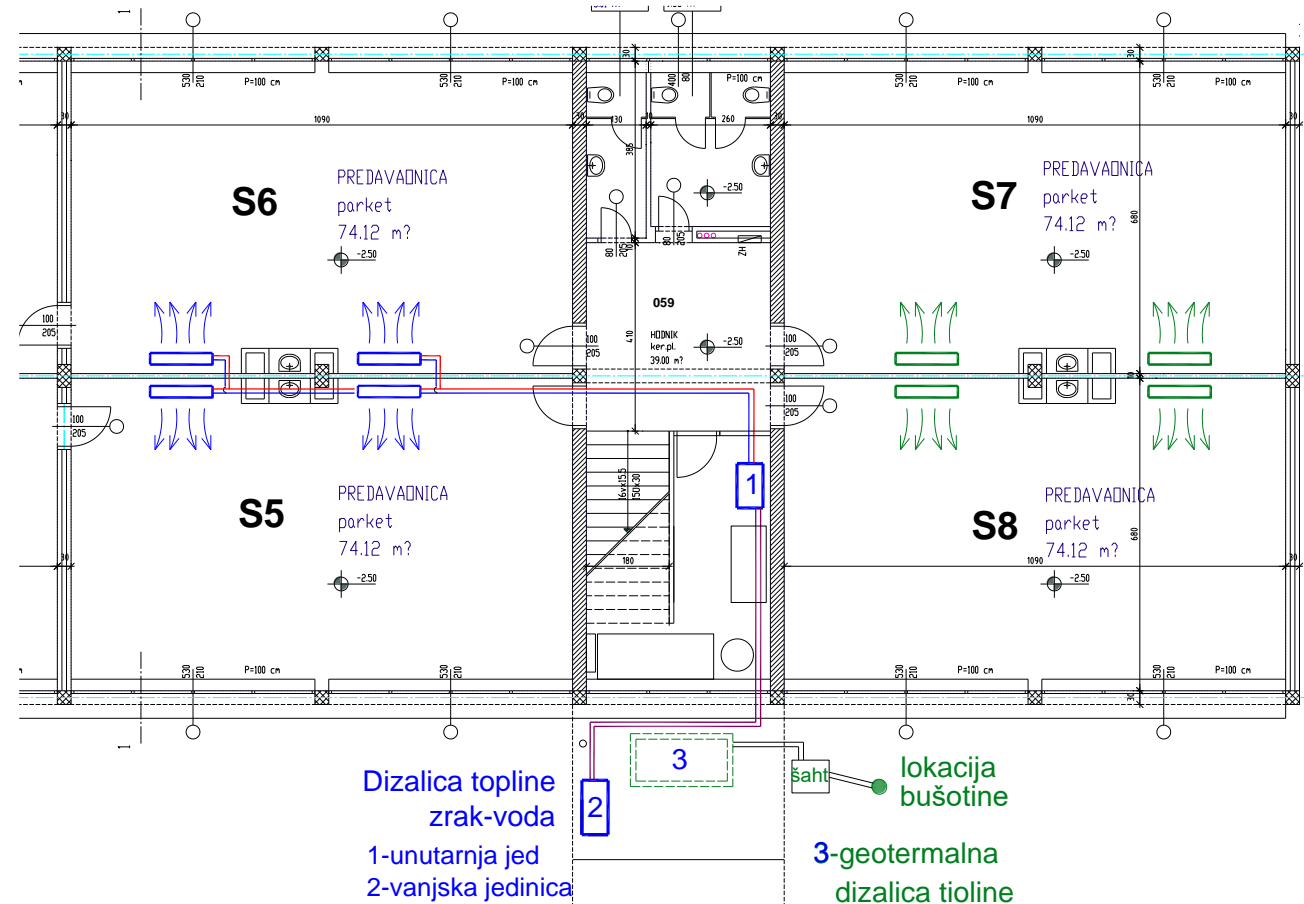
Prosječni SPF $\approx 3,77$

6. Učinkovitost dizalice topline

➤ Pilot projekti na FSB-u

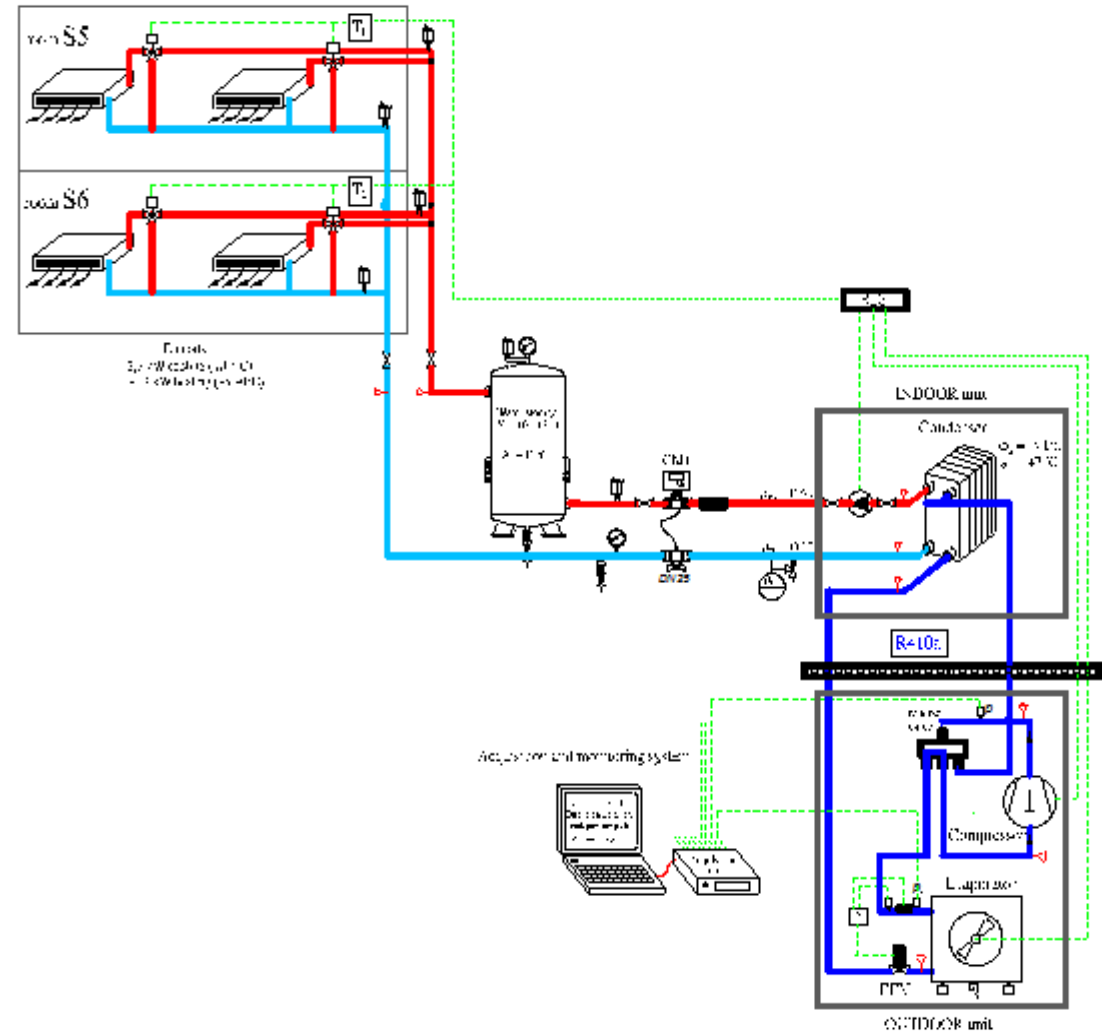
a) Grijanje/hlađenje učionica S5 i S6 –
dizalica topline zrak voda

b) Grijanje/hlađenje učionica S7 i S8 –
geotermalna dizalica topline



6. Učinkovitost dizalice topline

- Određivanje učinkovitosti mjerenjem na izvedenim instalacijama → najprecizniji način određivanja učinkovitosti, omogućuje optimiranje parametara za postizanje maksimalne učinkovitosti na svakom pojedinom sustavu
- Pilot projekt na FSB-u s dizalicom topline zrak-voda → mjerenje parametara rada dizalice topline, određivanje godišnje učinkovitosti dizalice topline i valorizacija nove proračunske metode



8. Zaključak

- Dizalice topline zrak -voda koriste se za niskotemperaturno grijanje – optimalan rad dizalica topline s temperaturom polazne vode do 55 °C za grijanje i do 7 °C za hlađenje.
- Pogonski troškovi u odnosu na konvencionalne sustave grijanja su niži od 10% do 40% za plinsko grijanje i 25% do 65% za grijanje putem lož ulja.
- Grijanje i hlađenje putem dizalice topline skraćuje period povrata ulaganja
- Iskustva iz europskih zemalja ukazuju da će i u Hrvatskoj doći do ekspanzije u primjeni dizalica topline u sustavima grijanja i hlađenja
- Za postizanje maksimalne učinkovitosti dizalice topline neizbježno je kvalitetno:
 1. Projektiranje sustava
 2. Izvođenje sustava
 3. Upravljanje sustavom
 4. Održavanje sustava



Fakultet strojarstva i brodogradnje
Sveučilišta u Zagrebu



HVALA NA PAŽNJI !