

# Direktni i indirektni sustav toplinske podstanice za toplovodno grijanje građevine s priključkom na vrelovod

---

**Kresonja, David**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University North / Sveučilište Sjever**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:271795>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-04-02**



*Repository / Repozitorij:*

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište  
Sjever**

**Diplomski rad br. 108/STR/2024**

**Direktni i indirektni sustav toplinske podstanice za  
toplovodno grijanje građevine s priključkom na vrelovod**

**David Kresonja, 4170/336**

Varaždin, srpanj 2024. godine





# Sveučilište Sjever

Odjel za strojarstvo

Diplomski rad br. 108/STR/2024

## Direktni i indirektni sustav toplinske podstanice za toplovodno grijanje građevine s priključkom na vrelovod

**Student**

David Kresonja, 4170/336D

**Mentor**

Prof.dr.sc. Ante Čikić

Varaždin, srpanj 2024. godine

# Prijava diplomskog rada

## Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za strojarstvo

STUDIJ diplomski sveučilišni studij Strojarstvo

PRISTUPNIK Kresonja David

MATIČNI BROJ 4170/336D

DATUM 18. lipnja 2024.

KOLEGIJ KGH sustavi

NASLOV RADA Direktni i indirektni sustav toplinske podstanice za toplovodno grijanje  
građevine s priključkom na vrelovod

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Direct and indirect system of thermal substation for hot water heating  
of the building with connection to high-temperature hot water pipe

MENTOR prof.dr.sc. Ante Čikić

ZVANJE redoviti profesor

ČLANOVI POVJERENSTVA

1. doc.dr.sc. Zlatko Botak- predsjednik povjerenstva
2. prof.dr.sc. Ante Čikić
3. doc.dr.sc. Tomislav Veliki
4. doc.dr.sc. Tanja Tomić- rezervni član
- 5.

## Zadatak diplomskog rada

BROJ 108/STR/2024

OPIS

Potrebno je projektirati toplinsku podstanicu za grijanje stambene građevine. U podstanici se razmjenjuje energija toplinske snage 2,8 MW iz vrelovoda temperaturnog režima rada 130/90°C i predtlaka 5 bar na sekundarni toplifikacijski sustav temperaturnog režima rada tople vode 80/60°C. Toplinsku stanicu sa svim pogonskim, regulacijsko kontrolnim, signalnim, sigurnosnim, dilatacijskim, regulacijsko upravljačkim elementima, sklopovima i uređajima treba predvidjeti u dva tipa:

a) direktni sustav i

b) indirektni sustav (1. pločasti izmjenjivači topline, 2. cijevni izmjenjivači topline).

Također je u oba slučaja potrebno predvidjeti akumulacijsku pripremu tople potrošne vode sa izoliranim spremnicima volumena 2 x 3000 litara. Statički tlak sekundarnog sustava (grijanje građevine) iznosi pstat. = 1,8 bar. Toplinski potrošači sekundarnog sustava su: Q1 = 1,0 MWh (dtw1 = 10°C, tw,max = 70°C), Q2 = 0,8 MWh (dtw2 = 15°C, tw,max = 80°C), Q3 = 0,7 MWh (dtw3 = 20°C, tw,max = 70°C). Grijanje stambenog objekta se provodi od početka listopada do sredina travnja sezone grijanja kod promjenjivih vanjskih mikroklimatskih uvjeta na lokaciju Osijek. Izraziti energetske ekonomičnost postrojenja i potrošnju toplinske energije tijekom sezone grijanja uvažavajući promjenjivost vanjske temperature zraka tijekom sezone grijanja. Prosječna unutarnja temperatura zraka odnosa protoka iznosi 21°C. Izraditi radovi i nacrte za direktni i indirektni sustav.

ZADATAK URUČEN

24.06.2024.

POTPIS MENTORA

KOPRIVNICA  
SVEUČILIŠTE SJEVER  
SJEVER

*[Signature]*

## **Predgovor**

Ovaj diplomski rad predstavlja ukupan rezultat mog dosadašnjeg školovanja. Područje termotehnike, kojim se bavi ovaj diplomski rad, mali je dio strojarstva, ali taj mali dio je neizmjerljivo velik i kompleksan. Upravo zbog toga razloga izabrao sam diplomski rad iz ovog područja jer je izazovan i pruža priliku za cjeloživotno napredovanje.

Želim izraziti svoju duboku zahvalnost profesoru Anti Čikiću na pružanoj podršci i konkretnim savjetima iz struke koje mi je bilo zadovoljstvo slušati. Također, zahvaljujem se svom nastavnom i nenastavnom osoblju Sveučilišta Sjever, posebice nekolicini profesora koji su me svojim iskustvima inspirirali za rad u struci.

Dodatno, zahvaljujem se upravi i djelatnicima tvrtke "iC artprojekt d.o.o." koji su mi pružili znanje iz realnog sektora te mi omogućili da svakodnevno napredujem kao inženjer.

I na kraju, zahvalio bih se troje ljudi bez kojih ništa ne bi bilo moguće – svojoj majci, ocu i sestri. Veliko Vam hvala.

## Sažetak

Ovim diplomskim radom prikazan je postupak projektiranja toplinske podstanica direktnog tipa i dvije toplinske podstanice indirektnog tipa za toplovodno grijanje stambenih objekata preko vrelovodne mreže na lokaciji Osijek.

U uvodnom dijelu rada čitatelju su predstavljena osnovna načela rada toplinskih podstanica, te je detaljnije definiran pojam toplinske podstanice i njezina primjena u grijanju objekata.

Središnji dio rada bavi se tematikom postupaka dimenzioniranja svih armaturnih komponenata toplinskih podstanica, način regulacije armaturnih komponenata, uz navedeno predviđena je konkretna dispozicija svakog tipa podstanice zasebno, te je provedena detaljna ekonomska analiza svakog sustava na temelju konkretnih podataka za sezonu grijanja 2023/2024. godinu prema dostupnim informacijama o cijenama energenata.

Naposlijetku u zaključnom dijelu rada odabran je jedan od tri obrađena koncepta toplinskih podstanica kao najoptimalnije rješenje izvedbe podstanice na navedenoj lokaciji pri zadanim parametrima. Konkretni razlog odabira točno tog tipa toplinske podstanice kao najoptimalnijeg rješenja detaljno je obrazložen.

Uz sve navedeno dodatno je priložena sva dokumentacija odabrane opreme zajedno s hidrauličkim shemama i dispozicijama triju koncepta toplinskih podstanica koje su obrađene kao praktični dio ovog diplomskog rada.

**Ključne riječi:** toplinska podstanica, indirektni sustav toplinske podstanice, direktni sustav toplinske podstanice, toplovodno grijanje, vrelovod, projektiranje sustava grijanja, izmjenjivači topline, dispozicija toplinske podstanice, BIM, Autodesk Revit, ekonomska analiza, hidraulička shema, regulacija toplovnog sustava

## Summary

This thesis presents the design process for one direct type and two indirect type thermal substations for district heating of residential buildings through the high-temperature hot water network in Osijek.

In the introductory part of the work, the reader is introduced to the basic principles of the operation of thermal substations, and the concept of a thermal substation and its application in building heating is defined in more detail.

The central part of the work deals with the procedures for sizing all valve components of the thermal substations, the regulation methods of these components, and includes a specific layout for each type of substation. Additionally, a detailed economic analysis of each system is conducted based on concrete data for the 2023/2024 heating season, using available information on energy prices.

Finally, in the concluding part of the work, one of the three processed concepts of thermal substations is selected as the optimal solution for the specified location under the given parameters. The specific reason for choosing this particular type of thermal substation as the most optimal solution is thoroughly explained.

All relevant documentation for the selected equipment, along with hydraulic schemes and layouts for the three substation concepts processed as the practical part of this thesis, is appended.

**Keywords:** thermal substation, indirect thermal substation system, direct thermal substation system, district heating, high-temperature hot water, heating system design, heat exchangers, thermal substation layout, BIM, Autodesk Revit, economic analysis, hydraulic scheme, district heating system regulation.



## Popis korištenih kratica

|                        |   |
|------------------------|---|
| <b>K</b>               | Kelvin – mjerna jedinica SI sustava za temperaturu        |
| <b>SI</b>              | Međunarodni sustav jedinica                               |
| <b>°C</b>              | Celzijus – mjerna jedinica za temperaturu                 |
| <b>kg</b>              | kilogram – mjerna jedinica SI sustava za masu             |
| <b>J</b>               | Džul – mjerna jedinica SI sustava za energiju             |
| <b>W</b>               | Vat - mjerna jedinica SI sustava za snagu                 |
| <b>DIN</b>             | Deutsches Institut für Normung                            |
| <b>m<sup>2</sup></b>   | Metar kvadratni - mjerna jedinica SI sustava za površinu  |
| <b>m<sup>3</sup></b>   | Metar kubni - mjerna jedinica SI sustava za volumen       |
| <b>l</b>               | litar – 10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup>                   |
| <b>s</b>               | Sekunda - mjerna jedinica SI sustava za vrijeme           |
| <b>m</b>               | Metar - mjerna jedinica SI sustava za duljinu             |
| <b>mm</b>              | Milimetar - 10 <sup>-3</sup> metara                       |
| <b>m/s</b>             | Metar u sekundi - mjerna jedinica SI sustava za brzinu    |
| <b>v</b>               | Brzina (m/s)  |
| <b>DN</b>              | Nazivni promjer cijevi                                    |
| <b>kW</b>              | Kilowatt - 10 <sup>3</sup> vata                           |
| <b>mW</b>              | Megawatt - 10 <sup>6</sup> vata                           |
| <b>Q</b>               | Toplinski kapacitet (W)                                   |
| <b>cp</b>              | Specifični toplinski kapacitet (J/kgK)                    |
| <b>m</b>               | Maseni protok (kg/s)                                      |
| <b>V</b>               | Volumni protok (m <sup>3</sup> /s)                        |
| <b>ρ</b>               | Gustoća (kg/m <sup>3</sup> )                              |
| <b>D</b>               | Promjer (m)   |
| <b>λ</b>               | Faktor trenja (-)   |
| <b>k</b>               | Apsolutna hrapavost (m)                                   |
| <b>m<sub>uk</sub></b>  | Ukupni maseni protok fluida u danom sistemu (kg/s)        |
| <b>T<sub>ul</sub></b>  | Temperatura polaza (K)                                    |
| <b>T<sub>iz</sub></b>  | Temperatura povrata (K)                                   |
| <b>ΔT</b>              | Razlika polazne i povratne temperature (K)                |
| <b>ΔP</b>              | Pad tlaka (kPa)   |
| <b>T<sub>ul1</sub></b> | Ulazna temperatura primarne strane izmjenjivača (K)       |
| <b>T<sub>iz1</sub></b> | Izlazna temperatura primarne strane izmjenjivača (K)      |
| <b>T<sub>ul2</sub></b> | Ulazna temperatura sekundarne strane izmjenjivača (K)     |
| <b>T<sub>iz2</sub></b> | Izlazna temperatura sekundarne strane izmjenjivača (K)    |
| <b>ΔT<sub>m</sub></b>  | Logaritamska srednja temperaturna razlika (K)             |
| <b>F</b>               | Temperaturni korelacijski faktor (-)                      |
| <b>P</b>               | Termalna efikasnost (-)                                   |
| <b>R</b>               | Omjer toplinskog kapaciteta (-)                           |
| <b>U</b>               | Koeficijent prijelaza topline (W/m <sup>2</sup> K)        |
| <b>A</b>               | Potrebna površina prijenosa topline (m <sup>2</sup> )     |
| <b>NTU</b>             | Broj prijenosnih jedinica (-)                             |
| <b>T<sub>sp</sub></b>  | Srednja temperatura primarne strane izmjenjivača (K)      |
| <b>T<sub>ss</sub></b>  | Srednja temperatura sekundarne strane izmjenjivača (K)    |
| <b>Pa</b>              | Paskal - mjerna jedinica SI sustava za tlak               |
| <b>kPa</b>             | Kilo Paskal – 10 <sup>3</sup> Paskala                     |
| <b>bar</b>             | 10 <sup>5</sup> Paskala                                   |
| <b>Pas</b>             | Paskal sekunda - mjerna jedinica SI sustava za viskoznost |
| <b>v</b>               | Kinematička viskoznost (m <sup>2</sup> /s)                |

|  |   |
|--|---|
| <b><math>\mu</math></b>                        | Dinamička viskoznost (Pas)  |
| <b>P</b>                                       | Primarna strana izmjenjivača  |
| <b>S</b>                                       | Sekundarna strana izmjenjivača  |
| <b><math>D_v</math></b>                        | Vanjski promjer cijevi (m)  |
| <b><math>D_U</math></b>                        | Unutarnji promjer cijevi (m)  |
| <b><math>S_t</math></b>                        | Debljina stijenke cijevi (m)  |
| <b><math>\alpha</math></b>                     | Konvekcijski prijenos topline ( $W/m^2K$ )                                      |
| <b><math>\lambda</math></b>                    | Toplinska vodljivost ( $W/m K$ )  |
| <b>Cu</b>                                      | Kemijski simbol bakra   |
| <b>Pr</b>                                      | Prandtlov broj (-)  |
| <b>Re</b>                                      | Renoldsov broj (-)  |
| <b>Nu</b>                                      | Nusseltov broj (-)  |
| <b>Ltp</b>                                     | Korak rasporeda cijevi (m)  |
| <b>n</b>                                       | Broj cijevi   |
| <b><math>D_s</math></b>                        | Unutarnji promjer oklopa cijevnog izmjenjivača topline (m)                      |
| <b><math>D_{ctl}</math></b>                    | Promjer kruga kroz središta najudaljenijih cijevi snopa cijevi izmjenjivača (m) |
| <b><math>P_{bo}</math></b>                     | Bruto površina unutar oklopa cijevnog izmjenjivača (m)                          |
| <b><math>P_{no}</math></b>                     | Neto površina unutar oklopa cijevnog izmjenjivača (m)                           |
| <b><math>P_u</math></b>                        | Unutarnja površina prijenosa topline cijevi ( $m^2$ )                           |
| <b><math>P_v</math></b>                        | Vanjska površina prijenosa topline cijevi ( $m^2$ )                             |
| <b><math>P_{sr}</math></b>                     | Efektivna srednja površina prijenosa topline ( $m^2$ )                          |
| <b><math>R_v</math></b>                        | Vrijednost otpora nečistoće na vanjskoj strani cijevi ( $m^2K/W$ )              |
| <b><math>R_u</math></b>                        | Vrijednost otpora nečistoće na unutarnjoj strani cijevi ( $m^2K/W$ )            |
| <b><math>V_{H_2O}</math></b>                   | Volumen vode u sistemu ( $m^3$ )  |
| <b>L</b>                                       | Duljina (m)   |
| <b>Npl</b>                                     | Broj ploča pločastog izmjenjivača topline (-)                                   |
| <b>k</b>                                       | Oznaka priključka pločastog izmjenjivača topline (-)                            |
| <b>Dp</b>                                      | Dimenzija priključka pločastog izmjenjivača topline (-)                         |
| <b><math>L_v</math></b>                        | Visina pločastog izmjenjivača topline (mm)                                      |
| <b><math>L_p</math></b>                        | Razmak između priključaka pločastog izmjenjivača topline (mm)                   |
| <b><math>W_p</math></b>                        | Širina pločastog izmjenjivača topline (mm)                                      |
| <b>Rf</b>                                      | Otpor nečistoća pločastog izmjenjivača topline ( $m^2K/W$ )                     |
| <b><math>D_H</math></b>                        | Hidraulički promjer (m)   |
| <b><math>\zeta</math></b>                      | Koeficijent otpora (-)  |
| <b><math>k_v</math></b>                        | Karakteristika djelomično otvorenog ventila (-)                                 |
| <b><math>k_{vs}</math></b>                     | Karakteristika potpuno otvorenog ventila (-)                                    |
| <b><math>k_{v \text{ Min}}</math></b>          | Minimalna karakteristika djelomično otvorenog ventila (-)                       |
| <b><math>k_{v \text{ Max}}</math></b>          | Maksimalna karakteristika djelomično otvorenog ventila (-)                      |
| <b>G</b>                                       | Protok (l/s)  |
| <b><math>\Delta P_{\text{sek krug}}</math></b> | Pad tlaka u sekundarnom krugu (kPa)   |
| <b><math>\Delta P_{\text{vent}}</math></b>     | Pad tlaka ventila (kPa)   |
| <b><math>\beta</math></b>                      | Autoritet ventila (-)   |
| <b>HEX</b>                                     | Oznaka izmjenjivača (-)   |
| <b>P</b>                                       | Oznaka pumpe (-)  |
| <b><math>V_e</math></b>                        | Volumen širenja (l)   |
| <b><math>V_a</math></b>                        | Ukupni volumen vode u sistemu (l)   |
| <b>n</b>                                       | Postotno širenje vode   |
| <b><math>p_e</math></b>                        | Konačni tlak sistema (bar)  |
| <b>br.</b>                                     | Broj  |
| <b><math>P_p</math></b>                        | Efektivna površina prijenosa topline ( $m^2$ )                                  |
| <b><math>t_{pl}</math></b>                     | Debljina ploče (mm)   |
| <b><math>P_{iz}</math></b>                     | Snaga izmjenjivača (kWh)  |

|                        |  |
|------------------------|--|
| <b>T<sub>pr</sub></b>  | Temperatura prostorije (K)                 |
| <b>T<sub>sr</sub></b>  | Prosječna dnevna temperatura (K)           |
| <b>T<sub>pro</sub></b> | Projektna temperatura grijanja (K)         |
| <b>η</b>               | Stupanj efikasnosti (%)                    |
| <b>PTV</b>             | Potrošna topla voda                        |
| <b>COP</b>             | Coefficient of Performance                 |
| <b>EUR</b>             | Euro - oznaka novčane valute               |
| <b>EX</b>              | Ekspanzijska posuda                        |
| <b>HS</b>              | Hidraulička skretnica                      |
| <b>UJ</b>              | Upravljačka jedinica                       |
| <b>HVAC</b>            | Heating, Ventilation, and Air Conditioning |
| <b>BIM</b>             | Building Information Modeling              |

# Sadržaj

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 1.     | Uvod.....  | 1  |
| 2.     | Armaturne komponente .....   | 3  |
| 2.1.   | Dimenzioniranje razvoda cjevovoda .....                              | 3  |
| 2.1.1. | <i>Izračun volumnog protoka radne tvari.....</i>                     | 4  |
| 2.1.2. | <i>Definiranje radnog raspona brzine strujanja i pada tlaka.....</i> | 5  |
| 2.1.3. | <i>Odabir standardne dimenzije cjevovoda.....</i>                    | 5  |
| 2.1.4. | <i>Proračun stvarne brzine strujanja i pada tlaka.....</i>           | 6  |
| 2.1.5. | <i>Proračun temperature povrata glavnog cjevovoda.....</i>           | 8  |
| 2.2.   | Izmjenjivači topline .....   | 10 |
| 2.3.   | Cijevni izmjenjivač topline .....                                    | 11 |
| 2.3.1. | <i>Toplinski kapacitet cijevnog izmjenjivača topline.....</i>        | 12 |
| 2.3.2. | <i>Logaritamska srednja temperaturna razlika .....</i>               | 13 |
| 2.3.3. | <i>Temperaturni korelacijski faktor.....</i>                         | 14 |
| 2.3.4. | <i>Provjera broja oklopa .....</i>                                   | 16 |
| 2.3.5. | <i>Koeficijent prijelaza topline .....</i>                           | 17 |
| 2.3.6. | <i>Određivanje potrebne površine prijenosa topline.....</i>          | 24 |
| 2.3.7. | <i>Određivanje volumena vode.....</i>                                | 24 |
| 2.3.8. | <i>Određivanje pada tlaka u cijevnom izmjenjivaču topline.....</i>   | 25 |
| 2.4.   | Pločasti izmjenjivači .....  | 26 |
| 2.4.1. | <i>Proračun 300 kW pločastog izmjenjivača topline.....</i>           | 28 |
| 2.4.2. | <i>Proračun 2500 kW pločastog izmjenjivača topline.....</i>          | 35 |
| 2.5.   | Hidrauličke skretnice.....   | 38 |
| 2.6.   | Odabir razdjelnika i sabirnika .....                                 | 39 |
| 2.7.   | Kalorimetar.....   | 41 |
| 2.8.   | Izračun padova tlaka u sistemu grijanja .....                        | 43 |
| 2.9.   | Odabir troputnih ventila .....                                       | 45 |
| 2.10.  | Odabir balansirajućih ventila .....                                  | 48 |
| 2.11.  | Odabir cirkulacijskih pumpi .....                                    | 50 |
| 2.12.  | Odabir ekspanzijskih posuda.....                                     | 52 |
| 2.13.  | Odabir sigurnosnih ventila .....                                     | 55 |
| 3.     | Regulacija .....   | 56 |
| 3.1.   | Komponente regulacije .....  | 58 |
| 3.2.   | Regulacija miješanjem .....  | 61 |
| 3.3.   | Regulacija direktnog tipa toplinske podstanice.....                  | 63 |
| 4.     | Dispozicija opreme .....   | 64 |
| 4.1.   | Revit .....  | 64 |
| 4.2.   | Pregled dispozicija podstanica .....                                 | 65 |
| 5.     | Ekonomska analiza sistema grijanja .....                             | 67 |
| 5.1.   | Usporedba troška rada toplinske podstanice prema energentu .....     | 71 |
| 6.     | Zaključak.....   | 73 |
| 7.     | Literatura.....  | 74 |
| 8.     | Popis slika .....  | 76 |

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 9.  | Popis tablica .....   | 77 |
| 10. | Prilozi .....   | 78 |
| 1)  | Tehničke specifikacije pločastog izmjenjivača topline 300 kW [7].....                       | 78 |
| 2)  | Tehničke specifikacije pločastog izmjenjivača topline 2500 kW [8].....                      | 78 |
| 3)  | Tehničke specifikacije hidrauličke skretnice HS-1 [7] .....                                 | 78 |
| 4)  | Tehničke specifikacije hidrauličke skretnice HS-2 [7] .....                                 | 78 |
| 5)  | Tehnička specifikacija za razdjelnik/sabirnik DN350 [10].....                               | 78 |
| 6)  | Tehnička specifikacija za razdjelnik/sabirnik DN300 [10].....                               | 78 |
| 7)  | Tehnička specifikacija pumpi P1 & P2 [17] .....   | 78 |
| 8)  | Tehnička specifikacija pumpe P3 [17] .....  | 78 |
| 9)  | Tehnička specifikacija pumpe P4 [17] .....  | 78 |
| 10) | Tehnička specifikacija pumpe P5 [17] .....  | 78 |
| 11) | Tehnička specifikacija pumpe P6 [17] .....  | 78 |
| 12) | Tehnička specifikacija pumpe P7 [17] .....  | 78 |
| 13) | Tehnička specifikacija pumpi P8 & P9 [17] .....   | 78 |
| 14) | Tehnička specifikacija ekspanzijske posude EX-1 [7].....                                    | 78 |
| 15) | Tehnička specifikacija upravljačke jedinice UJ-1 & UJ-2 [7] .....                           | 78 |
| 16) | Tehnička specifikacija ekspanzijske posude EX-PTV [7] .....                                 | 78 |
| 17) | Tehnička specifikacija ekspanzijske posude EX-2 [7].....                                    | 78 |
| 18) | Tehnička specifikacija ekspanzijske posude EX-3 [7].....                                    | 78 |
| 19) | Tehnička specifikacija sigurnosnih ventila [18].....  | 78 |
| 20) | Hidraulička shema indirektnog sustava grijanja i PTV-a (cijevni izmjenjivač) [autor]<br>78  |    |
| 21) | Hidraulička shema indirektnog sustava grijanja i PTV-a (pločasti izmjenjivač) [autor]<br>78 |    |
| 22) | Hidraulička shema direktnog sustava grijanja i PTV-a [autor].....                           | 78 |
| 23) | Dispozicija indirektnog sustava grijanja i PTV-a (cijevni izmjenjivač) [autor] .....        | 78 |
| 24) | Dispozicija indirektnog sustava grijanja i PTV-a (pločasti izmjenjivač) [autor].....        | 78 |
| 25) | Dispozicija direktnog sustava grijanja i PTV-a [autor].....                                 | 78 |
| 26) | Izjava o autorstvu .....  | 78 |

# 1. Uvod

Sustav grijanje stambenih i poslovnih građevina predstavlja ključnu komponentu energetskog sustava svakog objekta. Jedan od mogućih načina izvedbe sustava grijanja objekata je korištenje toplinskih podstanica koje se priključuju na centralne stanice sustava grijanja.

Toplinske podstanice funkcioniraju kao međupostaje između centralne stanice koja proizvodi toplinsku energiju i krajnjih korisnika koji tu energiju koriste za grijanje prostora i PTV (pripremu potrošne tople vode). Upotrebom jedne centralne toplinske stanice sa više toplinskih podstanica omogućava se centralizirano upravljanje i distribuciju toplinske energije, što doprinosi učinkovitijem i ekonomičnijem sustavu grijanja.

Postoje dva osnovna tipa toplinskih podstanica direktni i indirektni tip. Ovisno o projektantskim uvjetima, te zahtjevima investitora oba tipa se mogu primijeniti u praksi. Toplinske podstanice se sastoje od različitih armaturnih komponenata koje omogućuju pravilan prijenos i distribuciju toplinske energije unutar sustava grijanja, uz pravilnu regulaciju sistema.

Jedan od najčešćih izvora energije toplinske podstanice je energija iz toplovodnog vrelovoda. Projektiranje toplinskih podstanica koje se priključuju na vrelovod iziskuje pažljivo razmatranje raznih parametara kako bi se osigurao učinkovit, pouzdan, ekonomičan i siguran rad sustava grijanja.

U nastavku ovog rada detaljno će se razmotriti direktni i dva indirektna tipa toplinskih podstanica priključenih na vrelovodnu mrežu na lokaciji Osijek. Obje izvedbe sustava toplinske podstanice imaju kapacitet 2,8 MWh. Temperaturni režimi koje je potrebno postići unutar toplinskih podstanica su 80/60°C, statički tlak sekundarnog sustava 1,8 bar, te se energija raspodjeljuje na toplinske potrošače različitih toplinskih kapaciteta: 1,0 MWh, 0,8 MWh i 0,7 MWh. Za svaki tip toplinske podstanice objašnjen je pravilan odabir svih armaturnih komponenata, te njihova uloga u sustavu hidrauličkom sustavu grijanja.

Grijanje objekta na lokaciji Osijek se provodi od početka listopada do sredine travnja što predstavlja radni period u godini u kojem toplinska podstanica radi.

Svrha ovog rada je analizirati prednosti i nedostatke direktnog i indirektnog sustava toplinske podstanice te predložiti optimalno rješenje koje će osigurati maksimalnu energetsku učinkovitost

i ekonomičnost. Cilj je pružiti cjelovitu sliku mogućih rješenja za grijanje stambenih zgrada, uzimajući u obzir energetske, ekonomske i sigurnosne aspekte sustava grijanja.

Struktura rada u nastavku organizirana je na sljedeći način: U prvom dijelu razmatraju se osnovni pojmovi i komponente toplinskih podstanica. Drugi dio posvećen je detaljnom opisu metodologije projektiranja, uključujući izbor i dimenzioniranje opreme. Treći dio analizira ekonomske aspekte i troškove svakog tipa sustava zasebno, dok četvrti dio pruža rezultate analize te uspoređuje direktni i indirektni sustav. Na kraju, rad završava zaključcima i preporukama za optimalno rješenje.

Izvori podataka korišteni u radu uključuju stručnu literaturu, tehničke specifikacije opreme, te relevantne norme i standarde. Podaci su prikupljeni putem pregledavanja dostupne literature, konzultacija s mentorom i stručnjacima iz industrije, te primjenom softverskih alata za projektiranje toplinskih sustava. Načini obrade podataka uključuju analitičke metode, simulacije i usporedbe različitih rješenja kako bi se odabrala najefikasnija opcija.

Kroz ovaj rad, čitatelj će biti uveden u kompleksnost projektiranja toplinskih podstanica, te će steći uvid u ključne faktore koji utječu na učinkovitost i ekonomičnost sustava grijanja.

## 2. Armaturne komponente

Armatura komponente toplinske podstanice sistema grijanja su uređaji i elementi koji omogućuju pravilan prijenos i distribuciju toplinske energije iz centralne stanice do podstanice pa sve do krajnjih korisnika, kao što su stambene ili poslovne zgrade.

Glavne armature komponente toplinske podstanice su

- Senzori i mjerni armaturni elementi
- Izmjenjivači topline
- Sigurnosna armatura
- Ventili i regulatori
- Cirkulacijske pumpe
- Ostala oprema

Način dimenzioniranja i odabira svih prethodno navedenih elemenata za 3 tipa toplinske podstanice objašnjen je u nastavku ovog poglavlja.

### 2.1. Dimenzioniranje razvoda cjevovoda

Pravilno dimenzioniranje cjevovoda prilikom projektiranja predstavlja ključan aspekt koji treba ispravno provesti kako bi se postigao što je efikasniji i ekonomičniji sustav grijanja. Pravilnim dimenzioniranjem cjevovoda osigurava se optimalna distribucija topline s minimalnim gubicima energije i tlaka u sistemu, što direktno pospješuje ekonomičnost sustava.

| Q(kW) | cp (J/kgK) | ΔT (K) | m (kg/s) | V(m <sup>3</sup> /s) | V(m <sup>3</sup> /h) | Odabrana brzina strujanja v (m/s) | D (m) | Odabrani standardni cjevovod | Vanjski promjer (mm) | Debljina stijenke (mm) | Unutarnji promjer (mm) | Stvarna brzina strujanja v (m/s) | Pad tlaka po metru (Pa/m) |
|-------|------------|--------|----------|----------------------|----------------------|-----------------------------------|-------|------------------------------|----------------------|------------------------|------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| 2800  | 4,2        | 40     | 16,67    | 0,02                 | 60,00                | 1,5                               | 0,12  | DN125                        | 139,7                | 4,05                   | 131,6                  | 1,23                             | 100                       |
| 2800  | 4,2        | 20     | 33,33    | 0,03                 | 120,00               | 1,5                               | 0,17  | DN200                        | 219,1                | 4,55                   | 210                    | 0,96                             | 35                        |
| 2500  | 4,2        | 40     | 14,88    | 0,01                 | 53,57                | 1,5                               | 0,11  | DN125                        | 139,7                | 4,05                   | 131,6                  | 1,09                             | 80                        |
| 2500  | 4,2        | 20     | 29,76    | 0,03                 | 107,14               | 1,5                               | 0,16  | DN150                        | 165,1                | 4,55                   | 156                    | 1,56                             | 128                       |
| 1000  | 4,2        | 60     | 3,97     | 0,00                 | 14,29                | 0,8                               | 0,08  | DN80                         | 88,9                 | 4,05                   | 80,8                   | 0,77                             | 75                        |
| 800   | 4,2        | 65     | 2,93     | 0,00                 | 10,55                | 0,8                               | 0,07  | DN65                         | 76,1                 | 3,65                   | 68,8                   | 0,79                             | 95                        |
| 700   | 4,2        | 50     | 3,33     | 0,00                 | 12,00                | 0,8                               | 0,07  | DN65                         | 76,1                 | 3,65                   | 68,8                   | 0,90                             | 120                       |
| 300   | 4,2        | 50     | 1,43     | 0,00                 | 5,14                 | 0,8                               | 0,05  | DN50                         | 60,3                 | 3,65                   | 53                     | 0,65                             | 90                        |
| 300   | 4,2        | 40     | 1,79     | 0,00                 | 6,43                 | 0,8                               | 0,05  | DN50                         | 60,3                 | 3,65                   | 53                     | 0,81                             | 137                       |
| 150   | 4,2        | 50     | 0,71     | 0,00                 | 2,57                 | 0,8                               | 0,03  | DN40                         | 48,3                 | 3,25                   | 41,8                   | 0,52                             | 80                        |

Napomena:  
 -Standardne dimenzije cjevovoda uzete su prema standardu DIN EN 10255  
 -Izračun pada tlaka izveden je po Colebrook-Whiteove Formuli

Tablica 1 Dimenzioniranje cjevovoda [autor]

U tablici 1. prikazan je provedeni postupak dimenzioniranja cjevovoda. Odabrani su čelični cjevovodi, te su dimenzionirani prema pravilima struke.

Postupak je u potpunosti objašnjen u nastavku ovog rada u nekoliko osnovnih koraka:



1. Izračun volumnog protoka radne tvari
2. Definiranje radnog raspona brzine strujanja i pada tlaka
3. Odabir standardne dimenzije cjevovoda
4. Proračun stvarne brzine strujanja i pada tlaka
5. Proračun temperature povrata glavnog cjevovoda

### 2.1.1. Izračun volumnog protoka radne tvari

Izračun volumnog protoka radne tvari temelji se na formuli za izračun prijenosa topline koja se prenosi prilikom promjene temperature nekog tijela:

$$Q = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T \quad (1)$$

Gdje je:

$Q$  = Toplinski učin (W)

$\dot{m}$  = maseni protok (kg/s)

$c_p$  = specifični toplinski kapacitet (J/kg · K)

U prvom koraku izračunava se maseni protok na temelju prethodno navedene formule za prijenos topline iz sljedećeg izraza:

$$Q = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T \rightarrow \dot{m} = \frac{Q}{c_p \cdot \Delta T} \quad (2)$$

Nakon dobivenog masenog protoka proračunava se volumni protok prema izrazu:

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho} \quad (3)$$

Gdje je:

$\dot{V}$  = volumni protok (m<sup>3</sup>/s)

$\dot{m}$  = maseni protok (kg/s)

$\rho$  = gustoća fluida (kg/m<sup>3</sup>) → gustoća vode ≈ 1000 kg/m<sup>3</sup>

### 2.1.2. Definiranje radnog raspona brzine strujanja i pada tlaka

Radni raspon brzine strujanja i pada tlak definiran je na temelju tablice 2 prikazane u nastavku. Dimenzioniranje razvodne mreže cjevovoda temelji se na uzimanju u obzir brzine strujanja i pada tlaka fluida unutar cjevovoda, s ciljem postizanja optimalne ravnoteže između početnih investicijskih troškova i operativnih troškova.

|                  |                                 |  |
|------------------|---------------------------------|--|
| do DN 80         | $\Delta p_R = 100 \text{ Pa/m}$ | $w = 0,25 \text{ do } 1,0^{(2)} \text{ m/s}$ |
| DN 100 do DN 200 | $\Delta p_R = 70 \text{ Pa/m}$  | $w = 0,9 \text{ do } 1,5^{(2)} \text{ m/s}$  |
| DN 250 do DN 500 | $\Delta p_R = 50 \text{ Pa/m}$  | $w = 1,2 \text{ do } 2,0^{(2)} \text{ m/s}$  |

Tablica 2 Smjernice za dimenzioniranje cjevovoda [1]

### 2.1.3. Odabir standardne dimenzije cjevovoda

Na temelju prethodno dobivenog volumnog protoka i prethodno definirane brzine izračunava se minimalni promjer cjevovoda po izrazu:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot \dot{V}}{\pi \cdot v}} \quad (4)$$

Gdje je:

$D$  = minimalni promjer cijevovoda (m)

$\dot{V}$  = volumni protok ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$v$  = brzina strujanja fluida (m/s)

Nakon svih prethodno provedenih proračuna definiranih u ovom poglavlju, odabira se standardna dimenzija čeličnih cjevovoda prema standardu DIN EN 10255. Određuje se unutarnji promjer cijevi te se izračunavaju stvarna brzina strujanja fluida u cjevovodu i stvarni pad tlaka po metru cjevovoda

#### 2.1.4. Proračun stvarne brzine strujanja i pada tlaka

Stvarna brzina strujanja fluida razlikuje se od prethodno definirane brzine strujanja fluida u poglavlju 2.1.2. Ova razlika proizlazi iz činjenice da su odabrani standardni cjevovodi s većim promjerom od izračunatog, što rezultira nižom brzinom unutar cjevovoda. Stvarna brzina mora se ponovno izračunati prema sljedećem izrazu:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot \dot{V}}{\pi \cdot v}} \rightarrow v = \frac{4 \cdot \dot{V}}{\pi \cdot D^2} \quad (5)$$

Pad tlaka u cjevovodu izračunan je prema Colebrook-Whiteov-oj formuli i Darcy-Weisbachov-oj formuli.

Colebrook-Whiteov-a formula predstavlja temelj za određivanje faktora trenja, koji je neophodan za izračun pada tlaka u turbulentnom strujanju fluida unutar cjevovoda. Faktor trenja kod turbulentnog strujanja unutar cjevovoda ovisi o apsolutnoj hrapavosti cjevovoda, te Reynoldsovu broju. Colebrook-Whiteov-a formula za izračun faktora trenja glasi:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log\left(\frac{k/D}{3,7} + \frac{2,51}{\text{Re} \sqrt{\lambda}}\right) \quad (6)$$

Gdje je:

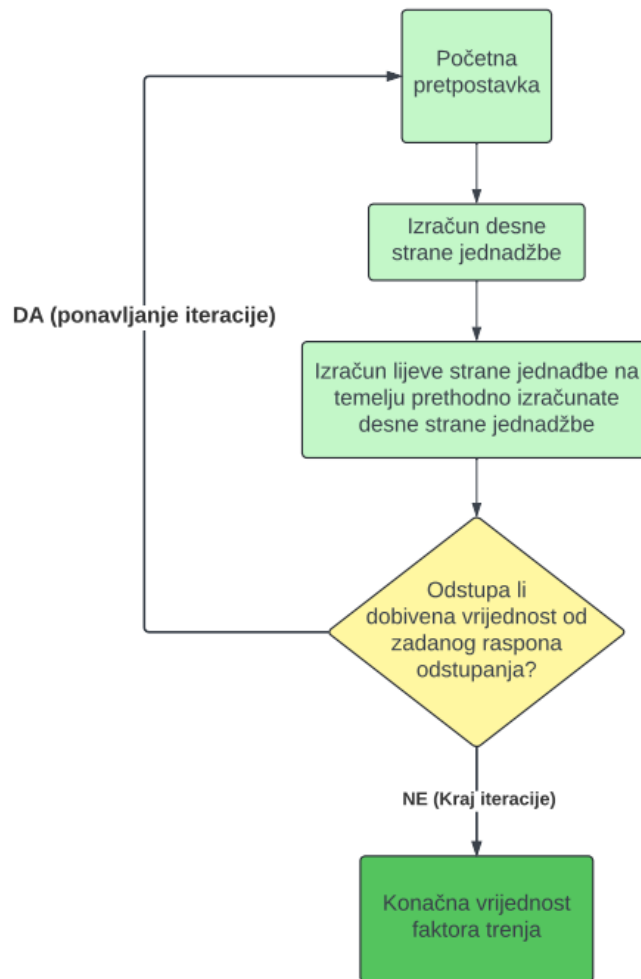
$D$  = promjer cjevovoda (m)

$\lambda$  = faktor trenja (-)

$k$  = apsolutna hrapavost cijevi (m)

Re=Reynoldsov broj (-)

Colebrook-Whiteov-a formula ima implicitni oblik pošto se faktor trenja pojavljuje s obje strane jednadžbe, te samim time mora biti riješena iterativnim postupkom u nekoliko koraka prikazanih u dijagramu tijekom na slici 2.1.



Slika 2.1 Dijagram tijeka rješavanja Colebrook - Whiteov-e formule [autor]

Dobiveni faktor trenja iz Colebrook-Whiteov-e formule uvrštava se u Darcy-Weisbachovu formulu i izračunava se pad tlaka po metru cjevovoda. Darcy-Weisbachov-a formula glasi:

$$\Delta P = \lambda \frac{L}{D} \cdot \frac{\rho v^2}{2} \quad (7)$$

Gdje je:

$D$  = promjer cijevovoda (m)

$\lambda$  = faktro trenja (-)

$\rho$  = gustoća fluida (kg/m<sup>3</sup>)

$v$ =brzina fluida (m/s)

### 2.1.5. Proračun temperature povrata glavnog cjevovoda

U ovome radu zadani je podatak o režimu rada sekundarnog kruga  $\leq 80/60^\circ C$  temperatura polaza uzeta je  $80^\circ C$ , a temperaturu povrata potrebno je izračunati prema formuli za očuvanje energije:

$$m_{uk} \cdot \Delta T = m_1 \cdot \Delta T_1 + m_2 \cdot \Delta T_2 + m_3 \cdot \Delta T_3 + \dots + m_n \cdot \Delta T_n \quad (8)$$

Gdje je:

- $m_{uk}$ : Ukupni maseni protok fluida u danom sistema.
- $\Delta T$ : Promjena temperature između povrata i polaza danog sistema.
- $m_n$ : Maseni protok fluida n grane sistema.
- $\Delta T_n$ : Promjena temperature između povrata i polaza n grane sistema.

Imamo dva različita razdjelnika i sabirnika u ovome radu pa prema tome imamo i različite temperature povrata koje je potrebno izračunati iz slijedećih podataka:

$$m_{uk} = 33,33 \text{ kg / s}$$

$$m_1 = 3.97 \text{ kg / s}$$

$$\Delta T_1 = 60 \text{ K}$$

$$m_2 = 2.93 \text{ kg / s}$$

$$\Delta T_2 = 65 \text{ K}$$

$$m_3 = 3.33 \text{ kg / s}$$

$$\Delta T_3 = 50 \text{ K}$$

$$m_4 = 1.43 \text{ kg / s}$$

$$\Delta T_4 = 60 \text{ K}$$

Iz navedenih podataka provodi se proračun temperature povrata za shemu direktnog sustava i shemu s cijevnim izmjenjivačem topline.

- Shema direktnog sustava:
  - Izračun  $\Delta T$  :

$$m_{uk} \cdot \Delta T = m_1 \cdot \Delta T_1 + m_2 \cdot \Delta T_1 + m_3 \cdot \Delta T + m_4 \cdot \Delta T_1$$

$$\Delta T = \frac{m_1 \cdot \Delta T_1 + m_2 \cdot \Delta T_1 + m_3 \cdot \Delta T + m_4 \cdot \Delta T_1}{m_{uk}}$$

$$\Delta T = 20.43 \text{ K}$$

- Izračun temperature povrata  $T_{ul_2}$  :

$$T_{iz_2} = 80 \text{ K}$$

$$\Delta T = T_{iz_2} - T_{ul_2} \rightarrow T_{ul_2} = T_{iz_2} - \Delta T$$

$$T_{ul_2} = 332.72 \text{ K} \rightarrow T_{ul_2} = 59.57 \text{ }^\circ\text{C}$$

Gdje je:

$$T_{iz_2} = \text{temperatura polaza}$$

$$T_{ul_2} = \text{temperatura povrata}$$

Kod sheme s pločastim izmjenjivačem topline sistem za PTV je odvojen s zasebnim izmjenjivačem te samim time on ne ulazi u proračun temperature povrata koji je izveden u nastavku:

- Izračun  $\Delta T'$  :

$$m_{uk}' = 29.86 \text{ kg/s}$$

$$m_{uk}' \cdot \Delta T' = m_1 \cdot \Delta T_1 + m_2 \cdot \Delta T_1 + m_3 \cdot \Delta T$$

$$\Delta T' = \frac{m_1 \cdot \Delta T_1 + m_2 \cdot \Delta T_1 + m_3 \cdot \Delta T}{m_{uk}'}$$

$$\Delta T' = 19.93 \text{ K}$$

- Izračun temperature povrata  $T_{ul_2}$  :

$$T_{iz_2}' = 80 \text{ K}$$

$$\Delta T' = T_{iz_2}' - T_{ul_2}' \rightarrow T_{ul_2}' = T_{iz_2}' - \Delta T'$$

$$T_{ul_2}' = 333.22 \text{ K} \rightarrow T_{ul_2}' = 60.07 \text{ }^\circ\text{C}$$

U cilju pojednostavnjenja procesa proračuna te uzimajući u obzir minimalnu devijaciju između izračunatih i postavljenih vrijednosti, zaokružiti će se obje vrijednosti povrata na  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ .

## 2.2. Izmjenjivači topline

Izmjenjivači topline su ključne termotehničke komponente koje se koriste za prijenos termalne energije između dva ili više fluida različitih fizikalnih i termalnih karakteristika. U većini izmjenjivača topline fluidi su odvojeni površinom za prijenos topline koja ujedno služi kao barijera koja sprečava međusobno miješanje fluida. Izmjenjivači topline nalaze svoju primjenu u procesnoj, energetsnoj, naftnoj, transportnoj industriji, koriste se u sustavima grijanja, hlađenja, rekuperacije, itd.

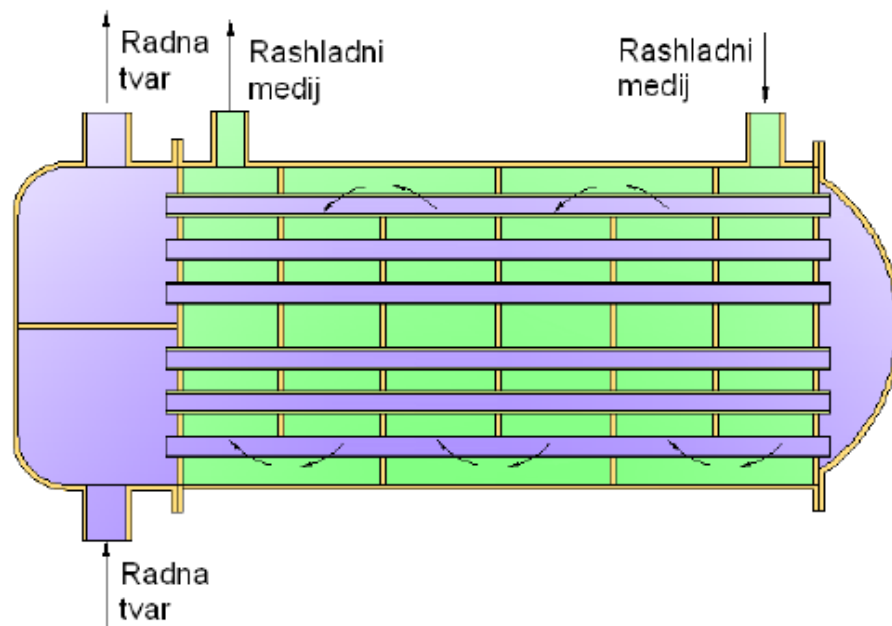
Postoje različite izvedbe izmjenjivača topline kao što su:

- Cijevni izmjenjivač topline
- Pločasti izmjenjivač topline
- Spiralni izmjenjivač topline
- Izmjenjivač topline s prisilnim protokom
- Regenerativni izmjenjivač topline
- Kondenzatori i isparivači

Od svih prethodno navedenih izmjenjivača najzastupljeniji su cijevni i pločasti izmjenjivači topline koji su i dio ovoga rada.

### 2.3. Cijevni izmjenjivač topline

Klasični cijevni tip izmjenjivača topline prikazan je na slici 2.2. Ovaj tip izmjenjivača topline dominantan je u sektoru procesne industrije. Koriste se zbog jednostavnosti dizajna i učinkovitosti prijenosa topline. Konstrukcijski gledano, ovaj tip izmjenjivača se sastoji od cilindričnog oklopa koji služi kao vanjska zaštita i skup cijevi smještenih unutar tog oklopa. Toplina se izmjenjuje između dva fluida koji su međusobno odvojeni. Jedan fluid teče unutar cijevi, a drugi teče oko cijevi koje se nalaze unutar oklopa izmjenjivača.



Slika 2.2 Cijevni izmjenjivač topline [2]

U nastavku proveden je proračun cijevnog izmjenjivača topline po Bell-ovoj metodi. Odabrani je protusmjerni tip izmjenjivača topline, s jednim prolazom. Zadani parametri za izračun cijevnog izmjenjivača topline su:

$$\rightarrow Q = 2,8MW = 2800 \text{ kW}$$

$$\rightarrow cp = 4,186 \text{ J/kgK}$$

Temperaturni režimi rada primarne strane:

$$\rightarrow Tul_1 = T_1 = 130 \text{ K}$$

$$\rightarrow Tiz_1 = T_2 = 90 \text{ K}$$

Temperaturni režimi rada sekundarne strane:

$$\rightarrow Tul_2 = t_1 = 60 \text{ K}$$

$$\rightarrow Tiz_2 = t_2 = 80 \text{ K}$$



Proračun je proveden kroz nekoliko osnovnih koraka:

1. Određivanje toplinskog kapaciteta ( $Q$ )
2. Izračun logaritamske srednje temperaturne razlike ( $\Delta T_m$ )
3. Izračun temperaturnog korelacijskog faktora ( $F$ )
4. Provjera broja oklopa
5. Određivanje koeficijenta prijelaza topline ( $U$ )
6. Određivanje potrebne površine prijenosa topline ( $A$ )
7. Određivanje volumena vode
8. Određivanje pada tlaka

### 2.3.1. Toplinski kapacitet cijevnog izmjenjivača topline

Određivanje toplinskog kapaciteta cijevnog izmjenjivača topline uobičajeno se provodi proračunom potrebnog toplinskog kapaciteta koji mora zadovoljiti cijevni izmjenjivač topline, ali u ovome radu zadan je kapacitet od 2800 kW, te stoga navedeni proračun nije potrebno izvesti. Formula za izračun potrebnog toplinskog kapaciteta glasi:

$$Q = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T \quad (9)$$

Gdje je:

- $Q$  - toplinski kapacitet (W),
- $\dot{m}$  - maseni protok fluida (kg/s),
- $c_p$  - specifični toplinski kapacitet fluida (J/kg·K),
- $\Delta T$  - temperaturna razlika između ulaza i izlaza fluida (K)

### 2.3.2. Logaritamska srednja temperaturna razlika

Logaritamska srednja temperaturna razlika je razlika temperatura između dva fluida koji sudjeluju u prijenosu topline unutar izmjenjivača topline. Temelji se na logaritamskoj funkciji i omogućava točnije izračune u usporedbi s aritmetičkom vrijednošću temperaturnih razlika.

Logaritamska srednja temperaturna razlika je posebno korisna kod analize učinkovitosti izmjenjivača topline jer uzima u obzir varijacije u temperaturnim razlikama duž izmjenjivača, pružajući precizniji prikaz stvarnih uvjeta prijenosa topline. Izračun logaritamske srednje temperaturne razlike provodi se prema izrazu:

$$\Delta T_m = \frac{(T_{ul_1} - T_{iz_2}) - (T_{iz_1} - T_{ul_2})}{\ln\left(\frac{T_{ul_1} - T_{iz_2}}{T_{iz_1} - T_{ul_2}}\right)} \quad (10)$$

Gdje je:

- $\Delta T_m$  - logaritamska srednja temperaturna razlika (K),
- $T_{ul_1}$  - temperatura primarnog fluida na ulazu (K),
- $T_{iz_1}$  - temperatura primarnog fluida na izlazu (K),
- $T_{ul_2}$  - temperatura sekundarnog fluida na ulazu (K),
- $T_{iz_2}$  - temperatura sekundarnog fluida na izlazu (K)

Prema prethodno navedenoj formuli dobiven je podatak da logaritamska srednja temperaturna razlika iznosi:  $\Delta T_m = 39.1523$  K

### 2.3.3. Temperaturni korelacijski faktor

Temperaturni korelacijski faktor, označen kao F, predstavlja bez dimenzijsku jedinicu koja se koristi za korekciju logaritamske srednje razlike temperatura kako bi se adekvatno uzeli u obzir ne idealni uvjeti strujanja fluida u stvarnim primjenama izmjenjivača topline. Temperaturni korelacijski faktor se dobiva na način da se prethodno odrede slijedeći faktori:

- Termalna efikasnost P
- Omjer toplinskog kapaciteta R
- Broj prijenosnih jedinica NTU

Termalna efikasnost dobiva se prema izrazu:

$$P = \frac{(T_{iz_2} - T_{ul_2})}{(T_{ul_1} - T_{ul_2})} \quad (11)$$

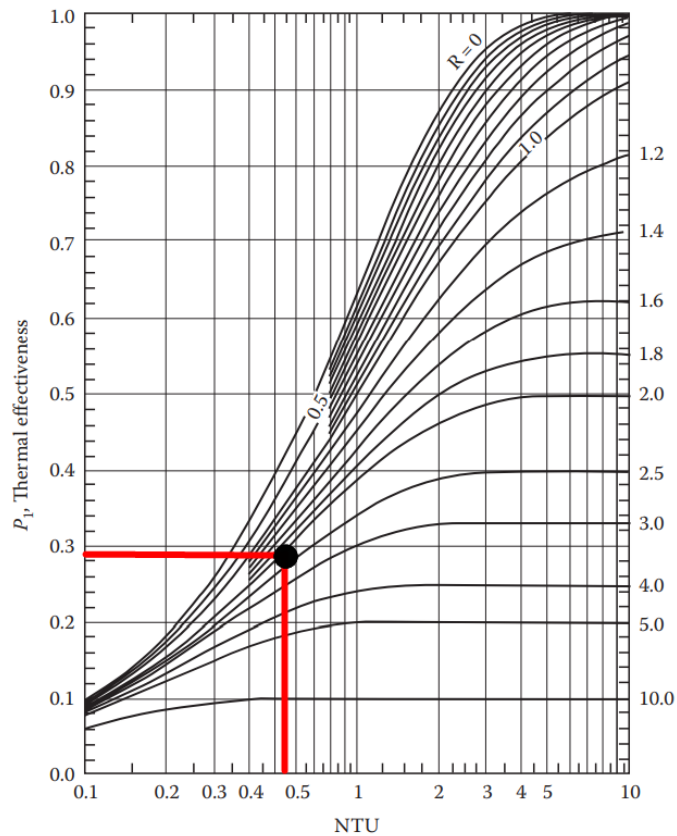
Iz prethodnog izraza dobivena je termalna efikasnost:  $P = 0.29$ .

Omjer toplinskog kapaciteta dobiva se prema izrazu:

$$R = \frac{(T_{ul_1} - T_{iz_1})}{(T_{iz_2} - T_{ul_2})} \quad (12)$$

Iz prethodnog izraza dobiven je omjer toplinskog kapaciteta:  $R = 2$

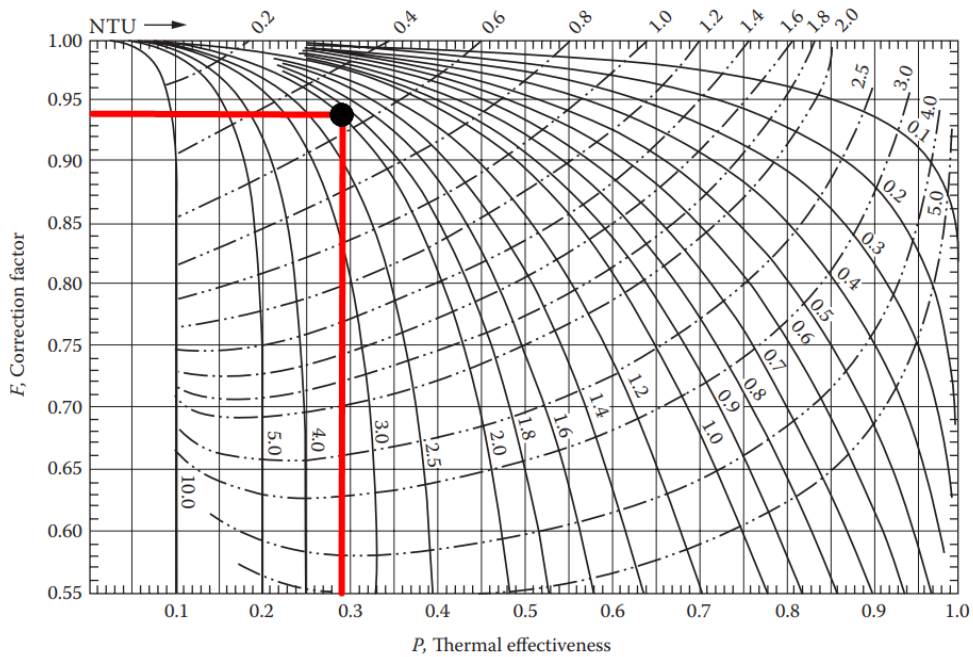
Na temelju prethodno dobivenih vrijednosti P i R određuje se broj prijenosnih jedinica grafičkom metodom. Grafička metoda se provodi prema grafu prikazanom na slici 2.3.



Slika 2.3 R-P-NTU graf za protusmjerni izmjenjivač [3]

Na temelju grafa određen je broj prijenosnih jedinica:  $NTU = 0.48$

Temperaturni korelacijski faktor  $F$  određuje grafičkom metodom prema grafu prikazanom na slici 2.4.



Slika 2.4 F-R-P-NTU graf za protusmjerni izmjenjivač topline [3]

Na temelju grafa određen je temperaturni korelacijski faktor:  $F = 0.94$

### 2.3.4. Provjera broja oklopa

U sljedećem koraku potrebno je provjeriti je li jedan oklop dovoljan za rad ovog cijevnog izmjenjivača topline. Ako izračun dobije vrijednost manja ili jednaka 1, tada je jedan oklop dovoljan za rad izmjenjivača topline. Ako se dobije vrijednost veće od 1, potrebno je povećati broj oklopa ili prilagoditi dizajn izmjenjivača topline.

Provjera se provodi prema izrazima:

$$\begin{aligned} 2 \cdot Tiz_2 &\geq Tul_2 + Tiz_1 \\ 2 \cdot Tiz_1 &\leq Tul_1 + Tiz_2 \end{aligned} \quad (13)$$

Provjera broja oklop:

$$2 \cdot Tiz_2 \geq Tul_2 + Tiz_1 \rightarrow 2 \cdot 80 \geq 60 + 90$$

$$\rightarrow 160 \geq 150$$

$$2 \cdot Tiz_1 \leq Tul_1 + Tiz_2 \rightarrow 2 \cdot 90 \geq 130 + 80$$

$$\rightarrow 180 \leq 210$$

Iz proveden provjere broja oklopa izveden je zaključak da je jedan oklop dovoljna za rad ovog cijevnog izmjenjivača

### 2.3.5. Koeficijent prijelaza topline

U slijedećem koraku potrebno je odraditi koeficijent prijelaza topline u svrhu definiranja odgovarajućih dimenzija u slijedećem koraku. Kako bi odredili navedeni podatak potrebni su nam podaci o fizikalnim svojstvima pothlađene vode za srednje temperature primarne i sekundarne strane izmjenjivača, te je potrebno izabrati odgovarajući dijametar cijevi kroz koji će teći fluid:

- Fizikalna svojstva primarne strana izmjenjivača [4]:

$$T_{sp} = \frac{(T_{ul1} + T_{iz1})}{2} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} T_{sp} = 110 \text{ K} &\rightarrow \rho_p = 951.02 \text{ kg/m}^3 \\ &\rightarrow \lambda_p = 0,68172 \text{ W/mK} \\ &\rightarrow cp_p = 4,2302 \text{ kJ/kgK} \\ &\rightarrow \mu_p \cdot 10^6 = 254.71 \text{ Pas} \\ &\rightarrow Pr_p = 1.5805 \\ &\rightarrow \nu_p = \mu_p / \rho_p = 0.2678 \cdot 10^{-6} \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

- Fizikalna svojstva sekundarne strana izmjenjivača [4]:

$$T_{ss} = \frac{(T_{ul2} + T_{iz2})}{2} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} T_{sp} = 70 \text{ K} &\rightarrow \rho_s = 977.80 \text{ kg/m}^3 \\ &\rightarrow \lambda_s = 0,66319 \text{ W/mK} \\ &\rightarrow cp_s = 4,1879 \text{ kJ/kgK} \\ &\rightarrow \mu_s \cdot 10^6 = 403.93 \text{ Pas} \\ &\rightarrow Pr_s = 2.5507 \\ &\rightarrow \nu_s = \mu_p / \rho_p = 0.4131 \cdot 10^{-6} \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

- Odabrana je bakrena cijev prema normi EN ISO 1057 [5]:

$$\begin{aligned} D_v &= 0.028 \text{ m} \\ S_i &= 0.001 \text{ m} \\ D_u &= 0.026 \text{ m} \\ \lambda_{cu} &= 401 \text{ W/mK} \end{aligned}$$

Dimenzija cjevovoda unutar cijevnog izmjenjivača topline bira se na temelju brzine strujanja fluida na način da brzina strujanja fluida u cjevovodu bude između 0.9-2.4 m/s, a na vanjskoj strani cjevovoda da brzina strujanja bude između 0.6-1.5 m/s. [1]

Na temelju navedenih podataka izračunavaju se maseni protoci primarne i sekundarne strane  $\dot{m}_p$  i  $\dot{m}_s$  prema izrazu za izračun potrebnog toplinskog kapaciteta :

$$Q = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T \rightarrow \dot{m} = \frac{Q}{c_p \cdot \Delta T} \quad (16)$$

Iz prethodnog izraza dobiveni su slijedeći podaci za masene protoke:

$$\dot{m}_p = 16.54768 \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_s = 33.42964 \text{ kg/s}$$

U nastavku je proveden izračun konvekcijskog prijenosa topline na sekundarnoj strani izmjenjivača u 5 koraka:

1) Izračun potrebnog broja cijevi  $n_s$ :

odabrani početni  $v_s = 1.5 \text{ m/s}$

$$v_s = \frac{\dot{m}_s}{\rho_s \cdot A_s} = \frac{\dot{m}_s}{\rho_s \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_s^2} \rightarrow D_s = \sqrt{\frac{\dot{m}_s}{\rho_s \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot v_s}} \rightarrow D_s = 0.17035 \text{ m} \quad (17)$$

$$P_s = \frac{D_s^2 \cdot \pi}{4} \rightarrow P_s = 0.02279 \text{ m}^2 \quad (18)$$

$$P_s = n_s \cdot \frac{D_u^2 \cdot \pi}{4} \rightarrow n_s = \frac{4P}{D_u^2 \cdot \pi} \rightarrow n_s \approx 43 \text{ cijevi}$$

2) Izračun stvarne brzine strujanja fluida u cjevovodu  $v_s$ :

$$v_s = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot A} = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_u^2 \cdot n_s \right)} \rightarrow v_s = 1.49 \text{ m/s} \quad (19)$$

3) Izračun Reynoldsovog broja  $Re_s$ :

$$Re_s = \frac{v_s \cdot D_u}{\nu_s} \rightarrow Re_s = 93778.75 \quad (20)$$

4) Izračun Nusseltovog broja za turbulentno strujanje:

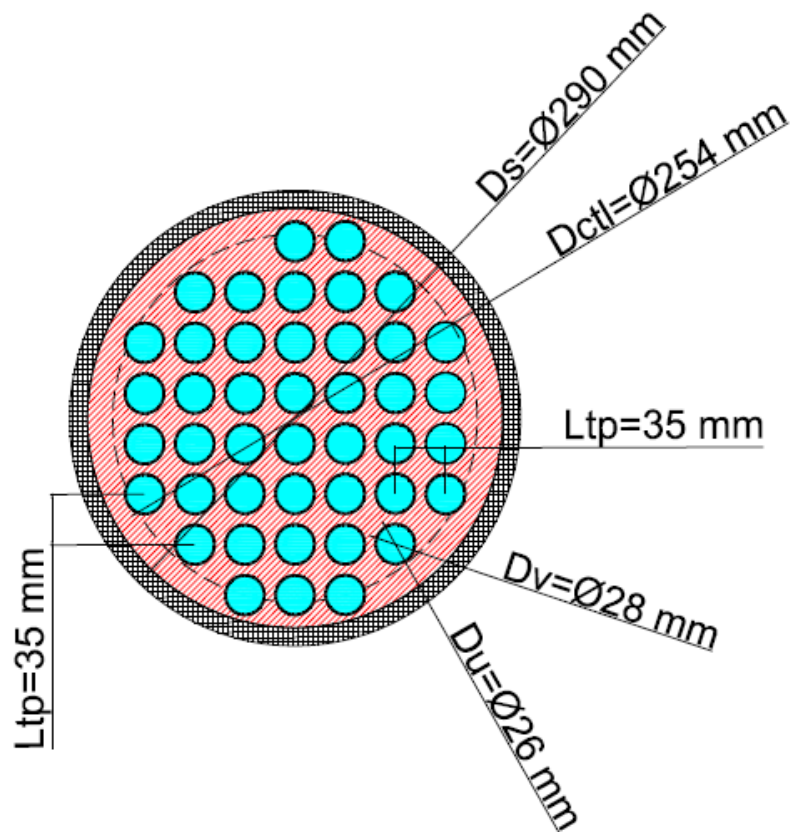
$$Nu_s = 0.023 \cdot Re_s^{0.8} \cdot Pr_s^{0.4} \rightarrow Nu_s = 317.74 \quad (21)$$

5) Izračun koeficijenta konvektivnog prijenosa topline sekundarne strane izmjenjivača:

$$\alpha_s = \frac{\lambda_s}{D_u} \cdot Nu_s \rightarrow h_s = 8104.69 \text{ W/m}^2\text{K} \quad (22)$$

Na slici 2.5 dizajniran je konceptualni prikaz poprečnog presjeka cijevnog izmjenjivača topline. Ovaj prikaz omogućava razumijevanje strukture i rasporeda cijevi unutar izmjenjivača, te je napravljen s razlogom da se u nastavku može provesti proračun konvektivnog prijenosa topline primarne strane cijevnog izmjenjivača topline.





Slika 2.5 Kvadratni raspored cijevi unutar cijevnog izmjenjivača topline [autor]

Navedeni prikaz na slici 2.5 izveden je na temelju slijedećih parametara:

- Broj cijevi:
  - $n_s = 43$  cijevi
- Dimenzije bakrenih cijevi u oklopu cijevnog izmjenjivača topline:
  - $D_v = 0.028m$
  - $D_u = 0.026m$
- Odabrani raspored cijevi:
  - kvadratni
- Korak rasporeda cijevi:
  - Korak rasporeda cijevi  $L_{tp}$  u izmjenjivaču topline iznosi 1.25-1.33  $D$ . [5]

$$\begin{aligned}
 L_{tp} &= D_v \cdot 1.25 \\
 L_{tp} &= 0.035 \text{ mm}
 \end{aligned}
 \tag{23}$$

Na temelju prethodno navedenih informacija nacrtan je raspored cijevi prikazan na slici 2.4, te je utvrđen:

- minimalni unutarnji promjer oklopa:  $D_s = 0.290$  m
- promjer kruga kroz središta najudaljenijih cijevi snopa cijevi:  
 $D_{ctl} = 0.254$  m

Pomoću dobivenog podatka  $D_s$  utvrđuje se bruto površina ( $P_{bo}$ ) unutar oklopa izmjenjivača:

$$P_{bo} = D_s^2 \cdot \frac{\pi}{4} \quad (24)$$

$$P_{bo} = 0.0661 \text{ m}^2$$

Na temelju bruto površine i površine koju zauzimaju bakrene cijevi dobiva se vrijednost neto površine ( $P_{no}$ ) unutar oklopa izmjenjivača u kojem se nalazi fluid iz primarnog kruga izmjenjivača:

$$P_{no} = P_{bo} - n_s \cdot \frac{D_v^2 \cdot \pi}{4} \quad (25)$$

$$P_{no} = 0.0396 \text{ m}^2$$

Na temelju dobivene neto površine provodi se proračun konvekcijskog prijenosa topline na primarnoj strani izmjenjivača u 4 koraka:

1. Izračun brzine strujanja fluida u cjevovodu  $v_p$ :

$$D_p = \sqrt{\frac{4 \cdot P_{no}}{\pi}} \rightarrow D_p = 0.2245 \text{ m} \quad (26)$$

$$v_p = \frac{\dot{m}_p}{\rho_p \cdot A} = \frac{\dot{m}_p}{\rho_p \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_p^2} \rightarrow v_p = 0.44 \text{ m/s}$$

2. Izračun Reynoldsovog broja  $Re_p$ :

$$Re_p = \frac{v_p \cdot D_p}{\nu_p} \rightarrow Re_p = 368857.3652 \quad (27)$$

3. Izračun Nusseltovog broja za turbulentno strujanje:

$$Nu_p = 0.023 \cdot Re_p^{0.8} \cdot Pr_p^{0.4} \rightarrow Nu_p = 784.75 \quad (28)$$

4. Izračun koeficijenta konvektivnog prijenosa topline primarne strane izmjenjivača:

$$\alpha_p = \frac{\lambda_p}{D_p} \cdot Nu_p \rightarrow h_p = 2382.98 \text{ W/m}^2\text{K} \quad (29)$$

U slijedećem koraku proračunan je ukupni koeficijent prijenosa topline cijevnog izmjenjivača topline. U svrhu proračuna navedenog podatka potrebni su nam slijedeći podaci:

1. Unutarnja površina prijenosa topline cijevi  $P_u$  i vanjska površina prijenosa topline cijevi  $P_v$  (navedene vrijednosti su izračunane po metru duljine cijevi  $L=1\text{m}$ )

$$\begin{aligned} P_v &= \pi \cdot D_v \cdot L \\ P_v &= 0.088 \text{ m}^2 \end{aligned} \quad (30)$$

$$\begin{aligned} P_u &= \pi \cdot D_u \cdot L \\ P_u &= 0.0817 \text{ m}^2 \end{aligned} \quad (31)$$

2. Efektivna srednja površina prijenosa topline  $P_{sr}$ :

$$\begin{aligned} P_{sr} &= \pi \cdot L \cdot \left( \frac{D_v}{2} + \frac{D_u}{2} \right) \\ P_{sr} &= 0.085 \text{ m}^2 \end{aligned} \quad (32)$$

3. Vrijednost otpora nečistoće na vanjskoj i unutarnjoj strani cijevi:

- Uobičajene vrijednosti otpora nečistoća za industrijske cjevovode unutar kojih struji voda temperature veće od 50 °C iznose:

$$R_v = R_u = 0.0002 \text{ m}^2\text{K} / \text{W} \quad [6]$$

Ukupni koeficijent prijenosa topline cijevnog izmjenjivača topline izračunava se prema izrazu:

$$U = \frac{1}{\left[ \left( \frac{1}{\alpha_p} \right) + R_v + \left( \frac{S_t}{K_{cu}} \right) \cdot \left( \frac{P_v}{P_{sr}} \right) + \left( R_u + \left( \frac{1}{\alpha_s} \right) \right) \cdot \left( \frac{P_v}{P_u} \right) \right]} \quad (33)$$

Na temelju prethodnog izraza dobiveni je ukupni koeficijent prijenosa topline

$$U = 1030.35 \text{ W/m}^2\text{K}.$$

Kod standardnih cijevnih izmjenjivača topline tipa voda /voda ukupni koeficijent prijelaza topline se kreće u rasponu od 850 do 1700 W/m<sup>2</sup>K [2]. Prethodno je dobiveni koeficijent  $U = 1030.35 \text{ W/m}^2\text{K}$  prema tome dobiveni ukupni koeficijent prijelaza topline se nalazi unutar zadanog raspona te se samim time može smatrati zadovoljavajući.

### 2.3.6. Određivanje potrebne površine prijenosa topline

U posljednjem koraku izračuna cijevnog izmjenjivača topline potrebno je provesti proračun potrebne površine kroz koji će dolaziti do prijenosa topline:

$$\begin{aligned} A &= \frac{Q}{U \cdot F \cdot \Delta T_m} \\ A &= 73,84 \text{ m}^2 \\ A &= n_s \cdot \pi \cdot D_u \cdot L \rightarrow L = \frac{P}{n_s \cdot \pi \cdot D_u} \rightarrow L = 21,02 \text{ m} \end{aligned} \quad (34)$$

U sklopu ovog diplomskog rada dobiven je unutarnji promjer cijevnog izmjenjivača topline koji iznosi 0,29 m, dok je njegova ukupna duljina 21,02 m. Ovakve dimenzije nisu se pokazale kao adekvatno rješenje za dimenzioniranje izmjenjivača ovog tipa u realnoj primjeni. Međutim, u literaturi po brojevima [6] i [3] su dostupne različite metode koje uključuju različite brojeve prolaza i koje bi potencijalno mogle smanjiti duljinu izmjenjivača nekoliko puta. Te metode nisu detaljno analizirane niti implementirane u ovom radu jer glavni cilj zadatka nije bio optimizacija dimenzija cijevnog izmjenjivača, već izračun potrebne površine za efikasan prijenos topline, što je u ovom radu uspješno ostvareno.

### 2.3.7. Određivanje volumena vode

Podatak o volumenu vode u sekundarnom krugu izmjenjivača potreban je za daljnje projektiranje sistema, točnije u poglavlju odabira ekspanzijskih posude podstanice te ga je samim tipe potrebno i izračunati. Navedeni podatak će se dobiti iz formule za izračun volumena valjka.

$$V_{H_2O} = \frac{D_u^2 \cdot \pi}{4} \cdot L \cdot n_s \quad (35)$$

Gdje je:

- $V_{H_2O}$  = Volumen vode u sistemu ( $\text{m}^3$ )
- $D_u$  = Unutarnji promjer cijevi (m)
- $L$  = Duljina cijevi (m)
- $n_s$  = Broj cijevi (-)

Iz navedene formule dobiven je podatak da je u sekundarnom krugu cijevnog izmjenjivača  $V_{H_2O} = 0,48 \text{ m}^3$  vode.

### **2.3.8. Određivanje pada tlaka u cijevnom izmjenjivaču topline**

Podatak o padu tlaka u sekundarnom krugu izmjenjivača potreban je za daljnje projektiranje kod odabira cirkulacijskih pumi podstanice te ga je samim tipe potrebno i izračunati.

Pad tlaka je izračunan prema Colebrook-Whiteov-oj formuli koja je objašnjena u poglavlju o dimenzioniranju razvoda cjevovoda. Na temelju Colebrook-Whiteov-oj formule dobiven je podatak da je pad tlaka u bakrenom cjevovodu  $95 \text{ Pa/m}$ .

Iz navedenog podatka o padu tlaka po metru bakrenog cjevovoda, podatka o broju cjevovoda  $n_s$ , te podatka o duljini izmjenjivača  $L$ . Može se doći do ukupnog pada tlaka u izmjenjivaču koji iznosi  $85,87 \text{ kPa}$ .

## 2.4. Pločasti izmjenjivači

Klasični pločasti tip izmjenjivača topline prikazan je na slici 2.6. Ovaj tip izmjenjivača radi na principu prolaska dva fluida kroz uske prolaze između metalnih ploča, jedan fluid zagrijava ploče dok drugi fluid prolazi s druge strane ploče i preuzima toplinu.

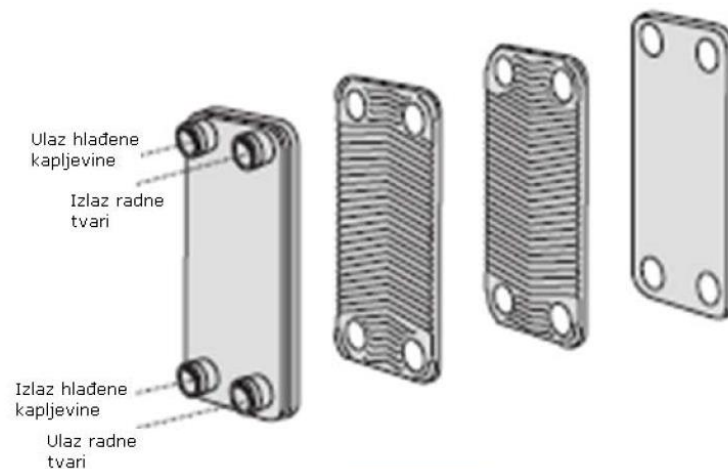
Ploče su oblikovane na način da se povećava turbulentnost fluida, čime se poboljšava efikasnost prijenosa topline i omogućava brza i učinkovita razmjena topline između dva fluida.

U odnosu na cijevne izmjenjivače pločasti izmjenjivači imaju slijedeće predanosti:

- veću efikasnost,
- bolju iskoristivost površine,
- manji volumen fluida,
- lakše održavanje,
- brže postizanje radnih temperatura
- fleksibilnost u pogledu nadogradnje
- manji trošak proizvodnje

,dok su njim nedostaci u odnosu na cijevne izmjenjivači slijedeći:

- podnose manje radne tlakove
- ograničena radna temperatura
- nisu prikladni za izmjenu topline između plin/plin zbog malih, uskih prolaza
- lako se začepljuju nečistoćama



Slika 2.6 Pločasti izmjenjivač topline [2]

U ovom radu pločasti izmjenjivači topline odabrani su pomoću specijaliziranih programa „Reflex Solution Pro“ [7] i „HEXONIC Heat Exchanger“ [8]. U priložima pod stavkom „Prilog br.1“ i stavkom Prilog br.2“ nalaze se detaljne specifikacije odabranih uređaja zajedno s njihovim tehničkim nacrtima.

U svrhu provjere odabranih izmjenjivača topline u nastavku su provedeni proračuni potrebne površine kroz koju će dolaziti do izmjene topline između primarnog i sekundarnog fluida. Proračun je proveden prema izvoru br. [9].



### 2.4.1. Proračun 300 kW pločastog izmjenjivača topline

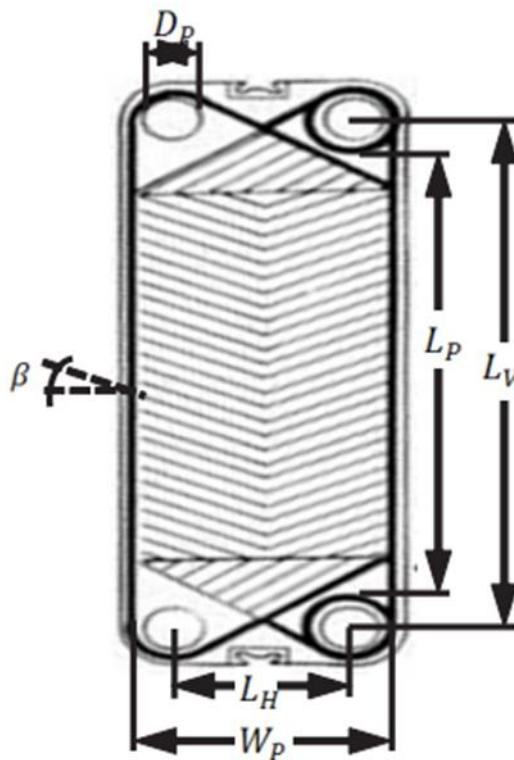
U nastavku proračunana je potrebna površina za prijenos topline između primarne i sekundarne strane pločastog izmjenjivača topline. Navedeni pločasti izmjenjivač topline koristi se za krug potrošne tople vode (PTV).

Proračun se temelji na prethodno odabranom izmjenjivaču topline tipa „Reflex Longtherm RMB-31-40“. Iz specifikacija odabranog izmjenjivača uzeti su slijedeći podaci prikazani u tablici 3.

| Svojstvo                            | Vrijednost                    |
|-------------------------------------|-------------------------------|
| Kapacitet                           | 300 kW                        |
| Broj ploča (Npl)                    | 40                            |
| Debljina ploče                      | 0,30 mm                       |
| Volumen primarne strane (k2/k3)     | 0,90 l                        |
| Volumen sekundarne strane (k4/k1)   | 0,90 l                        |
| Materijal ploče                     | AISI 316L                     |
| Toplinska vodljivost ploče          | 16 W/m K                      |
| Faktor povećanja površine           | 1,1                           |
| Materijal za brtvljenje             | bakar                         |
| Mmaks. dozvoljena radna temperatura | 230 °C                        |
| Maks. dozvoljeni radni tlak         | 30 bar                        |
| Priključak (Dp)                     | DN32                          |
| Materijal priključka                | AISI 316L                     |
| Varijanta priključka                | Cijev s navojem               |
| Visina (Lv)                         | 286 mm                        |
| Visina k2-k3/k4-k1 (Lp)             | 232 mm                        |
| Širina (Wp)                         | 123 mm                        |
| Širina primarna-sekundarna (Lh)     | 68 mm                         |
| Dubina                              | 104 mm                        |
| Težina                              | 6,15 kg                       |
| Reynoldsov broj k2/k3               | 1822                          |
| Reynoldsov broj k4/k1               | 6544                          |
| Otpor nečistoća (Rf)                | 0,000152 m <sup>2</sup> /K/ W |

Tablica 3 Specifikacije 300 kW pločastog izmjenjivača topline [7]

Na slici 2.7 prikazan je dimenzijski prikaz izmjenjivača topline.



Slika 2.7 Dimenzijski prikaz izmjenjivača topline [9]

Uz prethodno navedene podatke za daljnji izračun korišteni su podaci o fizikalnim svojstvima pothlađene vode za srednje temperature primarne i sekundarne strane izmjenjivača:

- Fizikalna svojstva primarne strana izmjenjivača [4]:

$$T_{sp} = \frac{(T_{ul_1} + T_{iz_1})}{2} \quad (36)$$

$$\begin{aligned} T_{sp} = 110 \text{ K} &\rightarrow \rho_p = 951.02 \text{ kg/m}^3 \\ &\rightarrow \lambda_p = 0.68172 \text{ W/mK} \\ &\rightarrow cp_p = 4.2302 \text{ kJ/kgK} \\ &\rightarrow \mu_p \cdot 10^6 = 254.71 \text{ Pas} \\ &\rightarrow Pr_p = 1.5805 \\ &\rightarrow \nu_p = \mu_p / \rho_p = 0.2678 \cdot 10^{-6} \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

- Fizikalna svojstva sekundarne strana izmjenjivača [4]:

$$T_{ss} = \frac{(T_{ul_2} + T_{iz_2})}{2} \quad (37)$$

$$\begin{aligned} T_{sp} = 35 \text{ K} &\rightarrow \rho_s = 994,07 \text{ kg/m}^3 \\ &\rightarrow \lambda_s = 0,62338 \text{ W/mK} \\ &\rightarrow cp_s = 4,1783 \text{ kJ/kgK} \\ &\rightarrow \mu_s \cdot 10^6 = 719,32 \text{ Pas} \\ &\rightarrow Pr_s = 4,8218 \\ &\rightarrow \nu_s = \mu_s / \rho_s = 0,7236 \cdot 10^{-6} \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Proračun je izvršen putem određivanja sljedećih elemenata:

- Logaritamska srednja temperaturna razlika ( $\Delta T_m$ ):

$$\Delta T_m = \frac{(T_{ul_1} - T_{iz_2}) - (T_{iz_1} - T_{ul_2})}{\ln \left( \frac{T_{ul_1} - T_{iz_2}}{T_{iz_1} - T_{ul_2}} \right)} \quad (38)$$

$$\Delta T_m = 74,88 \text{ K}$$

- Termalna efikasnost (P):

$$P = \frac{(T_{iz_2} - T_{ul_2})}{(T_{ul_1} - T_{ul_2})} \quad (39)$$

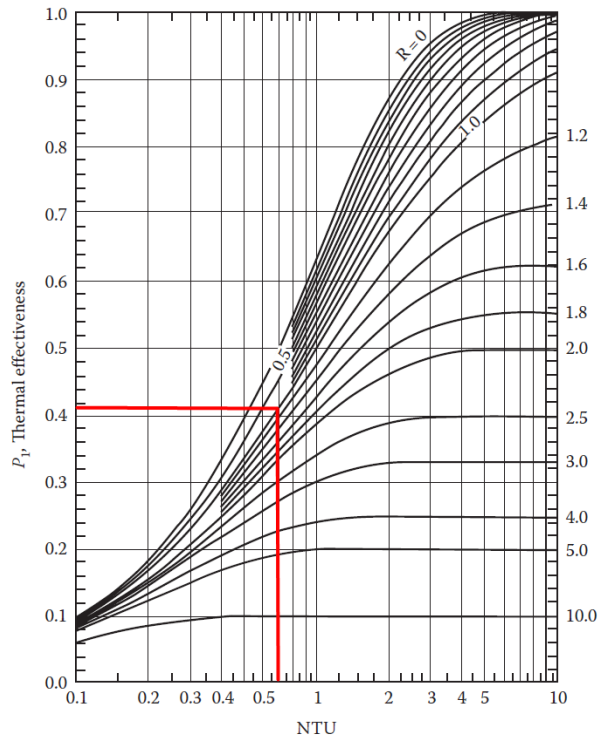
$$P = 0,4167$$

- Omjer toplinskog kapaciteta (R):

$$R = \frac{(T_{ul_1} - T_{iz_1})}{(T_{iz_2} - T_{ul_2})} \quad (40)$$

$$R = 0,8$$

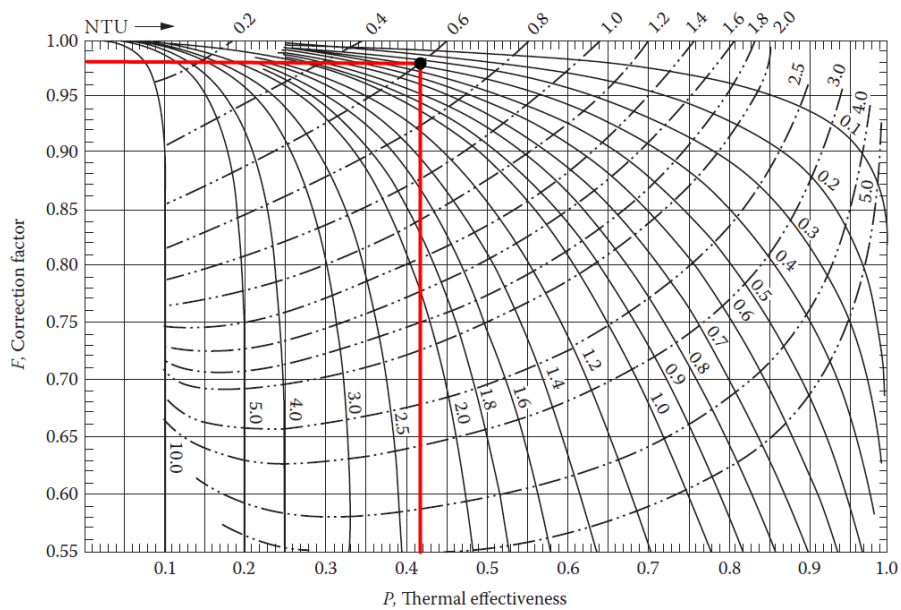
- Broj prijenosnih jedinica (NTU):



Slika 2.8 R-P-NTU graf za protusmjerni izmjenjivač [3]

Na temelju grafa određen je broj prijenosnih jedinica:  $NTU = 0.6$

- Korelacijski faktor (F):



Slika 2.9 F-R-P-NTU graf za protusmjerni izmjenjivač topline [3]

Na temelju grafa određen je temperaturni korelacijski faktor:  $F = 0.98$

- Hidraulički promjer ( $D_H$ )

Podatak o razmaku između ploča ( $b$ ) nije specificiran u specifikaciji proizvoda, pa je kao referenca uzet izvor br. [9]. U navedenom izvoru specificirano je da je uobičajena vrijednost razmaka između ploča u rasponu od 1,3 do 6,4 mm. Za daljnji proračun pretpostavljena je vrijednost  $b = 2$  mm.

$$D_H = \frac{4 \cdot W_p \cdot b}{2 \cdot (W_p + b)} \quad (41)$$

$$D_H = 0.003936 \text{ m}$$

- Nusseltovi broji (formula za nestrujavanje fluida okomito na ravnu ploču) [2]:

$$Nu = 0.228 \cdot Re^{0.731} \cdot Pr^{\frac{1}{3}}$$

$$Nu_p = 64,22 \quad (42)$$

$$Nu_s = 237,17$$

- Koeficijenti konvektivnog prijenosa topline izmjenjivača:

$$\alpha_p = \frac{\lambda_p}{D_h} \cdot Nu_p \rightarrow \alpha_p = 11122,98 \text{ W/m}^2\text{K} \quad (43)$$

$$\alpha_s = \frac{\lambda_s}{D_h} \cdot Nu_s \rightarrow \alpha_s = 37562,76 \text{ W/m}^2\text{K} \quad (44)$$

- Ukupni koeficijent prijenosa topline:

$$U = \frac{1}{\left[ \frac{1}{\alpha_p} + \frac{1}{\alpha_s} + \frac{t_{pl}}{K_{nc}} + R_f \right]} \quad (45)$$

$$U = 3487,87 \text{ W/m}^2\text{K}$$

- Potrebna površina prijenosa topline:

$$A = \frac{Q}{U \cdot F \cdot \Delta T_m} \quad (46)$$

$$A = 1,17 \text{ m}^2 \approx 1,2 \text{ m}^2$$

Prema provedenom proračunu prethodno odabrani izmjenjivač topline odgovara traženim specifikacijama te će se koristiti u daljnjem projektiranju toplinske podstanice u verziji s pločastim izmjenjivačima topline. Kao dokaz u nastavku je priložena originalna tehnička specifikacija na slici 2.10 na kojoj je navedeno da navedeni izmjenjivač topline ima potrebnu površinu prijenosa topline od 1,2 m<sup>2</sup>.

## Longtherm RMB-31-40

Reflex Longtherm

brazed one-way heat exchanger from stainless steel (1.4404) with copper solder vacuum-soldered. Sizes R..B-14 to R..B-110 with threaded connection, R..B-235 with DIN flanged connection. Approval according to Pressure Equipment Directive 2014/68/EC. With CE mark.

|                                  |                                    |
|----------------------------------|------------------------------------|
| Type                             | <b>RMB-31-40</b>                   |
| Number of plates                 | <b>40</b>                          |
| Plate thickness                  | <b>0.30 mm</b>                     |
| Volume primary side (k2/k3)      | <b>0.90 l</b>                      |
| Volume secondary side (k4/k1)    | <b>0.90 l</b>                      |
| Plate material                   | <b>AISI 316L</b>                   |
| Sealing material                 | <b>copper</b>                      |
| max. perm. operating temperature | <b>230 °C</b>                      |
| max. perm. operating pressure    | <b>30 bar</b>                      |
| Connection                       | <b>AG 1 1/4"</b>                   |
| Connection material              | <b>AISI 316L</b>                   |
| Connection variant               | <b>Pipe with thread</b>            |
| Height                           | <b>286 mm</b>                      |
| Height k2-k3/k4-k1               | <b>232 mm</b>                      |
| Width                            | <b>123 mm</b>                      |
| Width primary-secondary          | <b>68 mm</b>                       |
| Depth                            | <b>104 mm</b>                      |
| Weight                           | <b>6.15 kg</b>                     |
| Capacity                         | <b>300 kW</b>                      |
| Inlet temperature k2/k3          | <b>10.0 °C</b>                     |
| Outlet temperature k2/k3         | <b>60.0 °C</b>                     |
| Inlet temperature k4/k1          | <b>130.0 °C</b>                    |
| Outlet temperature k4/k1         | <b>90.0 °C</b>                     |
| Liquid k2/k3                     | <b>water</b>                       |
| Liquid k4/k1                     | <b>water</b>                       |
| Volume flow k2/k3                | <b>5.19 m<sup>3</sup>/h</b>        |
| Volume flow k4/k1                | <b>6.76 m<sup>3</sup>/h</b>        |
| Pressure loss k2/k3              | <b>25.00 kPa</b>                   |
| Pressure loss k4/k1              | <b>25.00 kPa</b>                   |
| Heat exchanger surface           | <b>1.2 m<sup>2</sup></b>           |
| Pollution factor                 | <b>0.1520000 m<sup>2</sup>K/kW</b> |

Slika 2.10 Tehnička specifikacija 300 kW pločastog izmjenjivača topline s naznačenom potrebnom površinom prijenosa topline [7]

## 2.4.2. Proračun 2500 kW pločastog izmjenjivača topline

U nastavku proračunana je potrebna površina za prijenos topline između primarne i sekundarne strane pločastog izmjenjivača topline. Navedeni pločasti izmjenjivač topline koristi se za krug grijanja

Proračun se temelji na prethodno odabranom izmjenjivaču topline tipa „Hexonic LE400-40L-DN100.SS“. Iz specifikacija odabranog izmjenjivača uzeti su slijedeći podaci prikazani u tablici 4.

| Svojstvo                            | Vrijednost                    |
|-------------------------------------|-------------------------------|
| Kapacitet                           | 2500 kW                       |
| Broj ploča (Npl)                    | 40                            |
| Debljina ploče                      | 0,4 mm                        |
| Volumen primarne strane (k2/k3)     | 15,6 l                        |
| Volumen sekundarne strane (k4/k1)   | 16,4 l                        |
| Materijal ploče                     | AISI 316L                     |
| Toplinska vodljivost ploče          | 16 W/m K                      |
| Faktor povećanja površine           | 1,495                         |
| Materijal za brtvljenje             | bakar                         |
| Mmaks. dozvoljena radna temperatura | 230 °C                        |
| Maks. dozvoljeni radni tlak         | 25 bar                        |
| Priključak (Dp)                     | DN100                         |
| Materijal priključka                | AISI 316L                     |
| Varijanta priključka                | -                             |
| Visina (Lv)                         | 1008 mm                       |
| Visina k2-k3/k4-k1 (Lp)             | 714 mm                        |
| Širina (Wp)                         | 387 mm                        |
| Širina primarna-sekundarna (Lh)     | 240 mm                        |
| Dubina                              | 221 mm                        |
| Težina                              | 139,3 kg                      |
| Reynoldsov broj k2/k3               | 16031                         |
| Reynoldsov broj k4/k1               | 19516                         |
| Otpor nečistoča (Rf)                | 0,000161 m <sup>2</sup> /K/ W |

Tablica 4 Specifikacije 2500 kW pločastog izmjenjivača topline [8]

Uz prethodno navedene podatke za daljnji izračun korišteni su podaci o fizikalnim svojstvima pothlađene vode za srednje temperature primarne i sekundarne strane izmjenjivača koji su identični onima u poglavlju 2.3.5.



Zbog identičnih temperaturnih režima i istovjetnih metodologija proračuna za cijevne i pločaste izmjenjivače topline, sljedeći podaci nisu ponovno proračunati te se postupci proračuna mogu pronaći u poglavlju 2.3:

- Logaritamska srednja temperaturna razlika ( $\Delta T_m$ ):
  - $\Delta T_m = 39.1523 \text{ K}$
- Termalna efikasnost (P):
  - $P = 0.29$
- Omjer toplinskog kapaciteta (R):
  - $R = 2$
- Broj prijenosnih jedinica (NTU):
  - $NTU = 0.48$
- Korelacijski faktor (F):
  - $F = 0.94$

Ostatak proračuna je izvršen putem određivanja sljedećih elemenata:

- Hidraulički promjer

Podatak o razmaku između ploča (b) nije specificiran u specifikaciji proizvoda, pa je kao referenca uzet izvor br. [9]. U navedenom izvoru specificirano je da je uobičajena vrijednost razmaka između ploča u rasponu od 1,3 do 6,4 mm. Za daljnji proračun pretpostavljena je vrijednost  $b = 5 \text{ mm}$ .

$$D_H = \frac{4 \cdot W_p \cdot b}{2 \cdot (W_p + b)} \quad (47)$$

$$D_H = 0.00987 \text{ m}$$

- Nusseltovi broji (formula za nastrujavanje fluida okomito na ravnu ploču) [2]:

$$Nu = 0.228 \cdot Re^{0.731} \cdot Pr^{\frac{1}{3}}$$

$$Nu_p = 314,79 \quad (48)$$

$$Nu_s = 426,35$$

- Koeficijenti konvektivnog prijenosa topline izmjenjivača:

$$\alpha_p = \frac{\lambda_p}{D_h} \cdot Nu_p \rightarrow \alpha_p = 21742,52 \text{ W/m}^2\text{K} \quad (49)$$

$$\alpha_s = \frac{\lambda_s}{D_h} \cdot Nu_s \rightarrow \alpha_s = 28647,52 \text{ W/m}^2\text{K} \quad (50)$$

- Ukupni koeficijent prijenosa topline:

$$U = \frac{1}{\left[ \frac{1}{\alpha_p} + \frac{1}{\alpha_s} + \frac{t_{pl}}{K_{nc}} + R_f \right]} \quad (51)$$

$$U = 3746,72 \text{ W/m}^2\text{K}$$

- Potrebna površina prijenosa topline:

$$A = \frac{Q}{U \cdot F \cdot \Delta Tm}$$

$$A = 18,13 \text{ m}^2$$

$$A = \frac{Q}{U \cdot \Delta Tm}$$

$$A = 17,04 \text{ m}^2 \approx 17,1 \text{ m}^2 \quad (52)$$

Prema provedenom proračunu prethodno odabrani izmjenjivač topline odgovara traženim specifikacijama te će se koristiti u daljnjem projektiranju toplinske podstanice u verziji s pločastim izmjenjivačima topline. Kao dokaz u prilogu br. 2 priložena je originalna tehnička specifikacija na kojoj je navedeno da navedeni izmjenjivač topline ima potrebnu površinu prijenosa topline od 17,1 m<sup>2</sup>. U navedenoj dokumentaciji nije izračunat koeficijent korelacije, što se može zaključiti iz činjenice da su ukupni koeficijent prijenosa topline i logaritamska srednja temperaturna razlika identični dobivenima u prethodnom proračunu.

## 2.5. Hidrauličke skretnice

Hidraulička skretnica je uređaj koji služi za odvajanje uključenih grijanih krugova od kolovoskog kruga i stoga se naziva i odjeljak za hidrauličko razdvajanje. Primjer hidrauličke skretnice prikazan je na slici 2.11.



*Slika 2.11 Hidraulička skretnica [7]*

Hidraulička skretnica u osnovi predstavlja cijevni spoj između dovodnog i povratnog voda kotla. Dimenzionira se na način da se postigne brzina protjecanja manja od 0,2 m/s pri izračunatom volumenskom protoku.

U ovom radu sve hidrauličke skretnice odabrane su pomoću specijaliziranog programa „Reflex Solution Pro“ [6].

U prilogima pod stavkama „Prilog br.3“, „Prilog br.4“ i „Prilog br.5“ nalaze se detaljne specifikacije odabranih uređaja zajedno s njihovim tehničkim nacrtima.

## 2.6. Odabir razdjelnika i sabirnika

Razdjelnik i sabirnik imaju ulogu reguliranja dovođenja količine topline od centralnog izvora topline kroz pojedine grane grijanja do krajnjeg potrošača. Primjer termotehničkog elementa koji može predstavljati razdjelnik ili sabirnika prikazan je na slici 2.12.



Slika 2.12 Razdjelnik / sabirnik [7]

Razdjelnik i sabirnik u osnovi su dvije cijevi koje na sebi imaju zavarene spojnice za zasebne krugove grijanja. Mogu biti kompaktne ili pojedinačne izvedbe. Kod toplovodnih grijanja u polaznom vodu je razdjelnik, a u povratnom vodu sabirnik.

Minimalna dimenzija sabirnika i razdjelnika računata je prema formuli:

$$DN_{\min} = \sqrt{DN_1^2 + DN_2^2 + DN_3^2 + \dots + DN_n^2} \quad (53)$$

gdje je:

$DN_{\min}$  → minimalni promjer razdjelnika/sabirnika

$DN_n$  → standardna dimenzija priključka kruga grijanja

Prema prethodno navedenoj formuli napravljena je tablica 5. prikazana u nastavku.

| Naziv distributera | Broj priključka (DN) |           |           |           |           | Izračunana dimenzija distributera (DN) | Minimalna standardna dimenzija distributera (DN) |
|--------------------|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|--|
|                    | P. 1 (DN)            | P. 2 (DN) | P. 3 (DN) | P. 4 (DN) | P. 5 (DN) |  |  |
| DIS-1              | 200                  | 80        | 65        | 65        | 50        | 239                                    | 250,00   |
| DIS-2              | 150                  | 80        | 65        | 65        |           | 193                                    | 200,00   |

*Tablica 5. Izračun minimalne dimenzije razdjelnika/sabirnika [autor]*

Na temelju tablice 5. može se zaključiti da su minimalne dimenzije razdjelnika/sabirnika DN250 za shemu s cijevnim izmjenjivačem i za shemu s direktnim načinom povezivanja podstanice, a da je minimalna dimenzija razdjelnika/sabirnika za shemu pločastog izmjenjivača DN200.

S obzirom na prethodno dobivene minimalne DN (nominalne promjere) razdjelnika i sabirnika, odabir razdjelnika i sabirnika vrši se koristeći alat dostupan na web stranicama izvora [10]. Pomoću navedenog alata odabrani su razdjelnici/sabirnici dimenzija DN350 (shema cijevni izmjenjivač i shema direktnog načina povezivanja podstanice) i DN300 (shema pločastog izmjenjivača).

U prilogu br.5 nalazi se tehnička specifikacija za razdjelnik/sabirnik DN350, a u prilogu br.6 tehnička specifikacija za razdjelnik/sabirnik DN300.

## 2.7. Kalorimetar

U sustavima daljinskog grijanja odnosno grijanja s centralnim stanicama i podstanicama, mjerenje potrošene toplinske energije obično se vrši na ulazu u objekt pomoću uređaja zvanog kalorimetar prikazanog na slici 2.13.



Slika 2.13 Kalorimetar [11]

Kalorimetar se smatra standardnom opremom u mnogim sustavima daljinskog grijanja. Mjerenje toplinske energije ključno je za raspodjelu troškova grijanja unutar objekta, gdje se količina izmjerene topline pridjeljuje korisnicima temeljem njihovog udjela u grijanoj površini. Kalorimetar, stoga, ima važnu ulogu u osiguranju poštene raspodjele ukupnih troškova. U ovome radu kalorimetri su odabrani na temelju tablica br. 6 i br. 7.

| Nenn-durchfluß $q_n$ | Baulänge | Anschluss | Maximalfluß $q_m$ | Minimalfluß $q_l$ | Ansprech-grenze (variabel) | Druckverlust bei $q_n$ | Kv-Durchfluß bei $\Delta p$ 1 bar | Kv-Durchfluß bei $\Delta p$ 100 mbar | Gewicht |
|----------------------|----------|-----------|-------------------|-------------------|----------------------------|------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|---------|
| m <sup>3</sup> /h    | mm       | G / DN    | m <sup>3</sup> /h | l/h               | l/h                        | mbar                   | m <sup>3</sup> /h                 | m <sup>3</sup> /h                    | kg      |
| 0,6                  | 110      | G ¾       | 1,2               | 6                 | 2,4                        | 150                    | 1,5                               | 0,5                                  | 1       |
|                      | 190      | G 1       |                   |                   |                            | 125                    | 1,7                               |                                      | 1,5     |
|                      |          | DN20      |                   |                   |                            | 3                      |                                   |                                      |         |
| 1,5                  | 110      | G ¾       | 3                 | 15                | 6                          | 150                    | 3,9                               | 1,2                                  | 1       |
|                      | 130      | G 1       |                   |                   |                            | 160                    | 3,8                               |                                      | 1,5     |
|                      | 190      | G 1       |                   |                   |                            |                        |                                   |                                      |         |
|                      | DN20     | 3         |                   |                   |                            |                        |                                   |                                      |         |
| 2,5                  | 130      | G 1       | 5                 | 25                | 10                         | 200                    | 5,6                               | 1,8                                  | 1,5     |
|                      |          | G 1       |                   |                   |                            | 195                    | 5,7                               |                                      | 3       |
|                      |          | DN20      |                   |                   |                            |                        |                                   |                                      |         |
| 3,5                  | 260      | G 1¼      | 7                 | 35                | 14                         | 65                     | 13,7                              | 4,3                                  | 3       |
|                      |          | DN25      |                   |                   |                            |                        |                                   |                                      | 5       |
| 6                    | 260      | G 1¼      | 12                | 60                | 24                         | 150                    | 15,5                              | 4,9                                  | 3       |
|                      |          | DN25      |                   |                   |                            |                        |                                   |                                      | 5       |
| 10                   | 300      | G 2       | 20                | 100               | 40                         | 100                    | 31,6                              | 10                                   | 4       |
|                      |          | DN40      |                   |                   |                            | 165                    | 24,6                              | 7,8                                  | 7       |
| 15                   | 270      | DN50      | 30                | 150               | 60                         | 100                    | 47,4                              | 15                                   | 8       |
| 25                   | 300      | DN65      | 50                | 250               | 100                        | 105                    | 77,2                              | 24,4                                 | 11      |
| 40                   | 300      | DN80      | 80                | 400               | 160                        | 160                    | 100                               | 31,6                                 | 13      |
| 60                   | 360      | DN100     | 120               | 600               | 240                        | 115                    | 176,9                             | 56                                   | 22      |

Tablica 6 Odabir kalorimetra [12]

|  |                                   |                   |        |          |         |         |         |         |         |
|--|-----------------------------------|-------------------|--------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Art.-Nr. waagerechte Ausführung WS               | 18757                             | 18759             | 18761  | 18763    | 18765*  | 18766   | 18768*  |         |         |
| Art.-Nr. Pass-Stück-Set                          | 17040                             | 17060             | 17041  | 17042    | 17061   | 17043   | 17044   |         |         |
| Art.-Nr. Stelgrohrausführung WP                  | 18758                             | 18760             | 18762  | 18764    | 18765   | 18767   | 18768   |         |         |
| Art.-Nr. Fallrohrausführung WP                   | 18758                             | 18760             | 18762  | 18764    | 18765   | 18767   | 18768   |         |         |
| Art.-Nr. Pass-Stück-Set                          | 17045                             | 17059             | 17046  | 17047    | 17061   | 17048   | 17044   |         |         |
| Nenndurchfluß $q_n$ WS                           | m <sup>3</sup> /h                 | 15                | 25     | 40       | 60      | 80      | 150     | 200     |         |
| Nenndurchfluß $q_n$ WP                           | m <sup>3</sup> /h                 | 15                | 25     | 32       | 50      | 80      | 200     | 200     |         |
| Waage-rechte Ausf.                               | Druckverlust $\Delta p$ bei $q_n$ | mbar              | 60     | 140      | 90      | 70      | 30      | 90      | 2       |
|  | Untere Messbereichsgrenze $q_l$   | m <sup>3</sup> /h | 0,6    | 1        | 1,6     | 2,4     | 8       | 6       | 20      |
|  | Gewicht                           | kg                | 14,2   | 18       | 24      | 28      | 22,4    | 79,5    | 49      |
| Steig-/Fallrohr-Ausf.                            | Druckverlust $\Delta p$ bei $q_n$ | mbar              | 20     | 20       | 10      | 30      | 30      | 50      | 2       |
|  | Untere Messbereichsgrenze $q_l$   | m <sup>3</sup> /h | 1,5    | 2,5      | 3,2     | 5       | 8       | 20      | 20      |
|  | Gewicht                           | kg                | 11,1   | 11,6     | 12,5    | 19,8    | 22,4    | 39      | 49      |
| Impulswerte                                      | l/impuls                          | 25                | 25     | 25       | 25      | 25      | 250     | 250     |         |
| Kombinierbar mit sonic II Rechenwerk Einbaumaße* | T25                               | T25               | T25    | T25      | T25     | T250    | T250    |         |         |
| Nennweite  | DN                                | 50                | 65     | 80       | 100     | 125*    | 150     | 200*    |         |
| Maßbild 1, Bauart WS                             | Baulänge L                        | mm                | 270    | 300      | 300     | 360     | 250     | 500     | 350     |
|  | Bauhöhe H/h                       | mm                | 195/84 | 195/97   | 230/102 | 240/113 | 240/125 | 440/155 | 284/163 |
|  | Breite (o. Abb.)                  | mm                | 170    | 200      | 200     | 260     | 250     | 320     | 340     |
| Maßbild 1, Bauart WP                             | Baulänge L                        | mm                | 200    | 200      | 225     | 250     | 250     | 300     | 350     |
|  | Bauhöhe H/h                       | mm                | 182/75 | 182/82,5 | 182/94  | 240/110 | 240/125 | 284/135 | 284/163 |
|  | Breite (o. Abb.)                  | mm                | 175    | 185      | 200     | 220     | 250     | 285     | 340     |
| Flansch-Durchmesser                              | D                                 | 165               | 185    | 200      | 220     | 250     | 285     | 340     |         |
| Lochkreis-Durchmesser                            | D1                                | 125               | 145    | 160      | 180     | 210     | 240     | 295     |         |
| Anzahl der Schrauben/Gewinde                     | 4/M16                             | 4/M16             | 8/M16  | 8/M16    | 8/M16   | 8/M20   | 12/M20  |         |         |

Tablica 7 Odabir kalorimetra [11]

## 2.8. Izračun padova tlaka u sistemu grijanja

Izračun padova tlaka u termotehničkom sustavu grijanja vrlo je važan kako bi se osigurala pravilna cirkulacija radnog medija te omogućila ravnomjerna distribucija topline.

Pravilan izračun padova tlaka u sustavu također je bitan u svrhu dimenzioniranja pumpi i cijevi kako bi se izbjegli prekomjerni gubici energije i osigurala optimalna učinkovitost sustava.

U sustavima grijanja unutar cjevovoda razlikuju se dvije vrste padova tlaka u sistemu:

- Linijski padovi tlaka – javljaju se duž cjevovoda zbog trenja fluida i unutarnje stijenke cijevi, oni ovise o dužini cjevovoda, promjeru cjevovoda, brzini protoka fluida i viskoznosti fluida.
- Lokalni padovi tlaka – javljaju se kod armaturnih komponenata, te kod promjena smjera strujanja (koljena), te suženja cjevovoda.

U nastavku je prikazana tablica br. 8 U navedenoj tablici proveden je proračun linijskih i lokalnih padova tlaka.

Linijski padovi tlaka su izračunati na temelju prethodno dobivenog podatka o padu tlaka po metru cjevovoda koji je dobiven u poglavlju 2.1 u kojem se obrađuje dimenzioniranje cjevovoda. Duljine cjevovoda okvirno su pretpostavljene iz razloga da duljine cjevovoda nisu zadane u samom zadatku ovog rada.

Lokalni padovi tlaka izračunati su na temelju:

- koeficijenta otpora pojedinih armaturnih komponenata koji se mogu naći na stranici 255 izvora broj [13].
- ,te na temelju jednadžba pada tlaka:

$$\Delta P = \zeta \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2 \quad (54)$$

Gdje je :

- $\Delta P$  = Pad tlaka (Pa)
- $\zeta$  = Koeficijent lokalnih gubitaka
- $\rho$  = gustoća (kg/m<sup>3</sup>)
- $v$  = brzina (m/s)



| Komponenta                          | Koeficijent otpor |         |
|-------------------------------------|-------------------|---------|
|                                     | >=DN50            | >=DN200 |
| Zaporni ventil                      | 3.7               | 5.5     |
| Nepovratni ventil                   | 8                 | 5       |
| Gustoća vode-ρ (kg/m <sup>3</sup> ) | 1000              |         |

Napomena: U procesu izračuna lokalnih padova tlaka, za sve komponente koje nemaju definiran koeficijent otpora, primijenjen je pristup u kojem se takve komponente tretiraju kao zaporni ventil. Napominjemo da senzori nisu uračunati kao izvor lokalnog otpora. Također, troputni i balans ventil se uračunavaju naknadno. Dužine cijevovoda korištene za izračun linijskih padova tlaka su pretpostavljene, a pad tlaka po metru cijevi je preračunat. Pretpostavljena vrijednost pada tlaka unutar jednog PTV-a iznosi 10 kPa. U shemi direktnog spajanja toplodvodne podstanice, padovi tlaka nisu uzeti u obzir zbog nepotpunih podataka o armaturi i dužini cijevovoda. Ovi podaci nisu relevantni za podstanicu nego su bitni za centralnu stanicu s obzirom da se fluid transportira kroz cijevovode do razdjelnika i sabirnika u podstancu pomoću pumpe koja se nalazi u centralnoj stanici. Centralna stanica nije dio ovog diplomskog rada.

| Brzina stujanja u krugu | Shema indirektnog spajanja podstanice s pločastim izmjenjivačem topline |                  |         |                             |                  |        |                             |                  |        |                             |                  |        |                             |                  |        |                             |                  |        |
|-------------------------|---|------------------|---------|-----------------------------|------------------|--------|-----------------------------|------------------|--------|-----------------------------|------------------|--------|-----------------------------|------------------|--------|-----------------------------|------------------|--------|
|                         | Q=2500kW<br>>=DN100   |                  |         | Q=1000kW<br>>=DN50          |                  |        | Q=800kW<br>>=DN50           |                  |        | Q=700kW<br>>=DN50           |                  |        | Q=300kW<br>>=DN50           |                  |        | Q=150kW<br>>=DN50           |                  |        |
|                         | Pojedinačni pad tlaka (kPa)   | Ukupni pad tlaka | Komada  | Pojedinačni pad tlaka (kPa) | Ukupni pad tlaka | Komada | Pojedinačni pad tlaka (kPa) | Ukupni pad tlaka | Komada | Pojedinačni pad tlaka (kPa) | Ukupni pad tlaka | Komada | Pojedinačni pad tlaka (kPa) | Ukupni pad tlaka | Komada | Pojedinačni pad tlaka (kPa) | Ukupni pad tlaka | Komada |
| Ventil                  |   |                  |         |                             |                  |        |                             |                  |        |                             |                  |        |                             |                  |        |                             |                  |        |
| Zaporni ventil          | 5.962   | 15               | 89.435  | 1.097                       | 18               | 19.744 | 1.155                       | 18               | 20.783 | 1.499                       | 18               | 26.973 | 17                          | 13.288           | 0.500  | 8                           | 4.002            |        |
| Nepovratni ventil       | 9.734   | 1                | 9.734   | 3.053                       | 1                | 3.053  | 3.214                       | 1                | 3.214  | 4.172                       | 1                | 4.172  | 1                           | 2.176            | 1.393  | 0                           | 0.000            |        |
| Kalorimetar             | 3   | 1                | 3.000   | 6                           | 1                | 6.000  | 6                           | 1                | 6.000  | 6                           | 1                | 6.000  | 6                           | 1                | 1.500  | 0                           | 0.000            |        |
| Izmjenjivač topline     | 194.3   | 1                | 194.300 | 0                           | 0                | 0.000  | 0                           | 0                | 0.000  | 0                           | 0                | 0.000  | 0                           | 0                | 24.900 | 0                           | 0.000            |        |
| Razdjelnik/Sabirnik     | 5   | 1                | 5.000   | 0                           | 0                | 0.000  | 0                           | 0                | 0.000  | 0                           | 0                | 0.000  | 0                           | 0                | 0.000  | 0                           | 0.000            |        |
| Linijski otpori (Pa/m)  | 0.128   | 20               | 2.560   | 0.075                       | 400              | 30.000 | 0.095                       | 370              | 35.150 | 0.12                        | 200              | 24.000 | 0.09                        | 250              | 22.500 | 0.08                        | 55               | 4.400  |
| PTV                     | 0   | 0                | 0.000   | 0                           | 0                | 0.000  | 0                           | 0                | 0.000  | 0                           | 0                | 0.000  | 0                           | 0                | 0.000  | 10                          | 2                | 20.000 |
| Ukupni pad tlaka:       |   |                  | 304.029 |                             |                  | 58.797 |                             |                  | 65.147 |                             |                  | 61.145 |                             |                  | 61.145 |                             |                  | 92.765 |

| Brzina stujanja u krugu | Shema indirektnog spajanja podstanice s cijevnim izmjenjivačem topline |                  |         |                             |                  |        |                             |                  |        |                             |                  |        |                             |                  |        |                             |                  |        |
|-------------------------|--|------------------|---------|-----------------------------|------------------|--------|-----------------------------|------------------|--------|-----------------------------|------------------|--------|-----------------------------|------------------|--------|-----------------------------|------------------|--------|
|                         | Q=2800kW<br>>=DN200  |                  |         | Q=1000kW<br>>=DN50          |                  |        | Q=800kW<br>>=DN50           |                  |        | Q=700kW<br>>=DN50           |                  |        | Q=300kW<br>>=DN50           |                  |        | Q=150kW<br>>=DN50           |                  |        |
|                         | Pojedinačni pad tlaka (kPa)  | Ukupni pad tlaka | Komada  | Pojedinačni pad tlaka (kPa) | Ukupni pad tlaka | Komada | Pojedinačni pad tlaka (kPa) | Ukupni pad tlaka | Komada | Pojedinačni pad tlaka (kPa) | Ukupni pad tlaka | Komada | Pojedinačni pad tlaka (kPa) | Ukupni pad tlaka | Komada | Pojedinačni pad tlaka (kPa) | Ukupni pad tlaka | Komada |
| Ventil                  |  |                  |         |                             |                  |        |                             |                  |        |                             |                  |        |                             |                  |        |                             |                  |        |
| Zaporni ventil          | 6.692  | 15               | 100.386 | 1.097                       | 18               | 19.744 | 1.155                       | 18               | 20.783 | 1.499                       | 18               | 26.973 | 17                          | 13.288           | 0.500  | 8                           | 4.002            |        |
| Nepovratni ventil       | 6.084  | 1                | 6.084   | 3.053                       | 1                | 3.053  | 3.214                       | 1                | 3.214  | 4.172                       | 1                | 4.172  | 1                           | 2.176            | 1.393  | 0                           | 0.000            |        |
| Kalorimetar             | 9  | 1                | 9.000   | 6                           | 1                | 6.000  | 6                           | 1                | 6.000  | 6                           | 1                | 6.000  | 6                           | 1                | 1.500  | 0                           | 0.000            |        |
| Izmjenjivač topline     | 84.85  | 1                | 84.850  | 0                           | 0                | 0.000  | 0                           | 0                | 0.000  | 0                           | 0                | 0.000  | 0                           | 0                | 0.000  | 0                           | 0.000            |        |
| Razdjelnik/Sabirnik     | 5  | 1                | 5.000   | 0                           | 0                | 0.000  | 0                           | 0                | 0.000  | 0                           | 0                | 0.000  | 0                           | 0                | 0.000  | 0                           | 0.000            |        |
| Linijski otpori (Pa/m)  | 0.035  | 20               | 0.700   | 0.075                       | 400              | 30.000 | 0.095                       | 370              | 35.150 | 0.12                        | 200              | 24.000 | 0.09                        | 250              | 22.500 | 0.08                        | 55               | 4.400  |
| PTV                     | 0  | 0                | 0.000   | 0                           | 0                | 0.000  | 0                           | 0                | 0.000  | 0                           | 0                | 0.000  | 0                           | 0                | 0.000  | 10                          | 2                | 20.000 |
| Ukupni pad tlaka:       |  |                  | 206.020 |                             |                  | 58.797 |                             |                  | 65.147 |                             |                  | 61.145 |                             |                  | 61.145 |                             |                  | 67.865 |

| Brzina stujanja u krugu | Shema direktnog spajanja podstanice |                  |        |                             |                  |        |                             |                  |        |                             |                  |        |                             |                  |        |  |  |  |
|-------------------------|-------------------------------------|------------------|--------|-----------------------------|------------------|--------|-----------------------------|------------------|--------|-----------------------------|------------------|--------|-----------------------------|------------------|--------|--|--|--|
|                         | Q=1000kW<br>>=DN50                  |                  |        | Q=800kW<br>>=DN50           |                  |        | Q=700kW<br>>=DN50           |                  |        | Q=300kW<br>>=DN50           |                  |        | Q=150kW<br>>=DN50           |                  |        |  |  |  |
|                         | Pojedinačni pad tlaka (kPa)         | Ukupni pad tlaka | Komada | Pojedinačni pad tlaka (kPa) | Ukupni pad tlaka | Komada | Pojedinačni pad tlaka (kPa) | Ukupni pad tlaka | Komada | Pojedinačni pad tlaka (kPa) | Ukupni pad tlaka | Komada | Pojedinačni pad tlaka (kPa) | Ukupni pad tlaka | Komada |  |  |  |
| Ventil                  |                                     |                  |        |                             |                  |        |                             |                  |        |                             |                  |        |                             |                  |        |  |  |  |
| Zaporni ventil          | 1.087                               | 18               | 19.744 | 1.155                       | 18               | 20.783 | 1.499                       | 18               | 26.973 | 0.782                       | 17               | 13.288 | 0.500                       | 8                | 4.002  |  |  |  |
| Nepovratni ventil       | 3.053                               | 1                | 3.053  | 3.214                       | 1                | 3.214  | 4.172                       | 1                | 4.172  | 2.176                       | 1                | 2.176  | 1.393                       | 0                | 0.000  |  |  |  |
| Kalorimetar             | 6                                   | 1                | 6.000  | 6                           | 1                | 6.000  | 6                           | 1                | 6.000  | 1.5                         | 1                | 1.500  | 0                           | 0.000            |        |  |  |  |
| Izmjenjivač topline     | 0                                   | 0                | 0.000  | 0                           | 0                | 0.000  | 0                           | 0                | 0.000  | 0                           | 0                | 0.000  | 0                           | 0.000            |        |  |  |  |
| Razdjelnik/Sabirnik     | 0                                   | 0                | 0.000  | 0                           | 0                | 0.000  | 0                           | 0                | 0.000  | 0                           | 0                | 0.000  | 0                           | 0.000            |        |  |  |  |
| Linijski otpori (Pa/m)  | 0.075                               | 400              | 30.000 | 0.095                       | 370              | 35.150 | 0.12                        | 200              | 24.000 | 0.09                        | 250              | 22.500 | 0.08                        | 55               | 4.400  |  |  |  |
| PTV                     | 0                                   | 0                | 0.000  | 0                           | 0                | 0.000  | 0                           | 0                | 0.000  | 0                           | 0                | 0.000  | 10                          | 2                | 20.000 |  |  |  |
| Ukupni pad tlaka:       |                                     |                  | 58.797 |                             |                  | 65.147 |                             |                  | 61.145 |                             |                  | 61.145 |                             |                  | 67.865 |  |  |  |

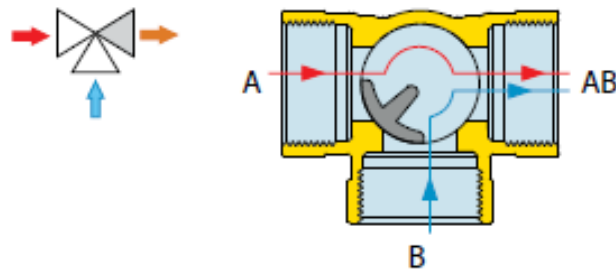
Tablica 8 Izračun padova tlaka [autor]

## 2.9. Odabir troputnih ventila

Troputni miješajući ventil je vrsta regulacijskog uređaja koji se koristi u sustavima grijanja i hlađenja. Koristi se u svrhu regulaciju temperature miješanjem ili preusmjeravanjem protoka.

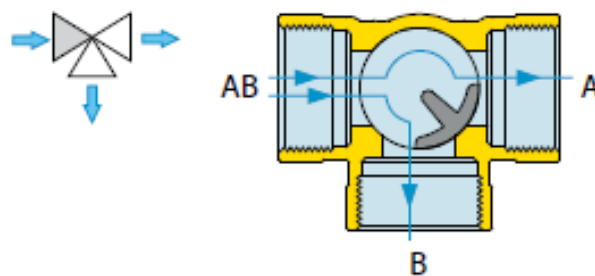
Rad ventila temelji se na principu regulacije protoka fluida kroz ventil kako bi se postigla željena izlazna temperatura. Na slici 2.14 prikazan je troputni miješajući ventil s tri priključka:

- jedan ulaz za toplu vodu,
- jedan ulaz za hladnu vodu
- jedan izlaz za miješanu vodu



Slika 2.14 Troputni miješajući ventil [14]

Postoje i troputni skretni ventili koji imaju jedan ulaz i dva izlaza. Troputni skretni ventil prikazan je na slici 2.15.



Slika 2.15 Troputni skretni ventil [14]

U ovom radu korišteni su troputni miješajući ventil u svrhu postizanja zadanih temperaturnih režima u pojedinim krugovima grijanja. Troputni miješajući ventili birani su na temelju vrijednosti  $k_V$ ,  $k_{VS}$  i autoriteta:

- „ $k_V$  - vrijednost predstavlja protok kroz regulacijski element u  $m^3/h$  koji pri određenoj otvorenosti ventila (nominalna otvorenost  $H$ ) rezultira padom tlaka od 1 bar (1 bar = 100 kPa) [1]
- „ $k_{VS}$  - vrijednost je poseban slučaj  $k_V$  vrijednosti i predstavlja protok koji kod potpune otvorenosti ventila 100% ( $H = H100$ ) rezultira padom tlaka od 1 bar.“ [1]
- „Autoritet ventila nam kaže koliki je udio pada tlaka na potpuno otvorenom ventilu u usporedbi s ukupnim padom tlaka cijevnog sustava“ [15]

Minimalna i maksimalna  $k_V$  vrijednost dobiva se na temelju podataka o stopi protoka i podataka o padu tlaka u sistemu ne računajući sam troputni miješajući ventil.

Formule za izračun minimalne i maksimalne vrijednosti  $k_V$  glase:

$$K_{V \text{ Min}} = 0,25 \cdot G \sqrt{100 \cdot \Delta P_{\text{sek krug}}} \quad (55)$$

$$K_{V \text{ Max}} = 0,45 \cdot G \sqrt{100 \cdot \Delta P_{\text{sek krug}}} \quad (56)$$

Gdje je:

$G$  = Protok (l/h)

$K_V$  = Koeficijent protoka ventila

$\Delta P_{\text{sek krug}}$  = Pad pritiska svih komponenti u sekundarnom krugu, osim ventila (kPa)

Nakon odabira troputnog miješajućeg ventila računa se pad tlaka koji uzrokuje sam troputni miješajući ventil ( $\Delta P_{\text{Vent}}$ ) na temelju stope protoka ( $G$ ) i podatka  $k_{V\text{-Ventila}}$  kojeg je potrebno očitati za odabrani ventil po formuli:

$$\Delta P_{\text{Vent}} = \left( 0,01 \cdot \frac{G}{K_{V\text{-Ventila}}} \right)^2 \quad (57)$$

U posljednjem koraku računa se autoritet ventila ( $\beta$ ) po formuli:

$$\beta = \frac{\Delta P_{Vent}}{\Delta P_{sek\ krug} + \Delta P_{Vent}} \quad (58)$$

Detaljan postupak odabira svih troputnih ventila u ovome radu prikazan je u tablici 9.

| Naziv grane         | Temperatura polaza | Temperatura povrata | $\Delta T$ (K) | Kapacitet (kW) | Protok (m <sup>3</sup> /h) | Dimenzija cijevovoda | Pad tlaka u sistemu (kPa) | KV MIN m <sup>3</sup> /h | KV MAX m <sup>3</sup> /h | Troputni ventili           |            |                          |             |
|---------------------|--------------------|---------------------|----------------|----------------|----------------------------|----------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|------------|--------------------------|-------------|
|                     |                    |                     |                |                |                            |                      |                           |                          |                          | ODABRANA DIMENZIJA VENTILA | KV-Ventila | PAD TLAKA NA VENTILU kPa | AUTORITET   |
| HEX2                | 80                 | 60                  | 20             | 2500           | <b>107,14</b>              | DN150                | 304,029                   | -                        | -                        | -                          | -          | -                        | -           |
| Zgrada 1            | 70                 | 10                  | 60             | 1000           | <b>14,29</b>               | DN80                 | 58,797                    | 47                       | 84                       | DN65                       | 63         | 5,1                      | <b>0,08</b> |
| Zgrada 2            | 80                 | 15                  | 65             | 800            | <b>10,55</b>               | DN65                 | 65,147                    | 33                       | 59                       | DN65                       | 63         | 2,8                      | <b>0,04</b> |
| Zgrada 3            | 70                 | 20                  | 50             | 700            | <b>12,00</b>               | DN65                 | 61,145                    | 38                       | 69                       | DN65                       | 63         | 3,6                      | <b>0,06</b> |
| HEX1                | 60                 | 10                  | 50             | 300            | <b>5,14</b>                | DN50                 | 92,765                    | -                        | -                        | -                          | -          | -                        | -           |
| PTV - c.izmjenjivač | 60                 | 10                  | 50             | 300            | <b>5,14</b>                | DN50                 | 67,865                    | 16                       | 28                       | DN40                       | 22         | 5,5                      | <b>0,07</b> |
| HEX3                | 80                 | 60                  | 20             | 2800           | <b>120,00</b>              | DN200                | 206,020                   | -                        | -                        | -                          | -          | -                        | -           |

Tablica 9 Odabir troputnih miješajućih ventila [autor]

Autoritet troputnog ventila je često nizak (oko 0,1), kao što je prikazano u prethodnoj tablici. Nizak autoritet ventila znači da ventil nije dovoljno efikasan za precizno balansiranje hidrauličkog sistema. Niski autoritet posljedično znači da ventil ima ograničenu sposobnost kontroliranja protoka kroz sistem, što može dovesti do neravnomjernog rasporeda topline i neefikasnog rada sistema. Ovo je jedan od razloga zašto se u sistem ugrađuje balansirajući ventil koji ima relativno visoki autoritet (0,5) u odnosu na troputni ventil.

## 2.10. Odabir balansirajućih ventila

Balansirajući ventil je vrsta regulacijskog uređaja koji se koristi u sustavima grijanja i hlađenja. Koristi se u svrhu regulacije protoka fluida koji protječe kroz sustav.

Rad ventila temelji se na principu regulacije protoka fluida kroz ventil kako bi se postiglo balansiranje hidrauličkog sistema. Opremljen je mehanizmom za fino podešavanje kojim se ostvaruje idealna distribucija pritiska i temperature, posljedično čemu se ostvaruje smanjenje ekonomskih troškova i efikasnost sistema. Na slici 2.16 prikazan je klasičan balansirajući ventil.



Slika 2.16 Balansirajući ventil [16]

Odabir balansirajućih ventila provodi se na temelju  $k_v$  i  $k_{vs}$  vrijednosti, te na temelju autoriteta ventila. Navedene vrijednosti su prethodno obrađene u poglavlju o troputnim ventilima. Odabir balansirajućeg ventila se provodi prema formuli:

$$K_{V \text{ Min}} = 0,01 \cdot G \sqrt{100 \cdot \Delta P_{\text{sek krug}}} \quad (59)$$

Kod odabira balansirajućih ventila u  $\Delta P_{\text{sek kruga}}$  dodatno je uračunati i pad tlaka koji se ostvaruje na troputnom miješajućem ventilu. Detaljan postupak odabira balansirajućih ventila prikazan je u tablici 10. (Balansirajući ventili s primarne strane izmjenjivača su odabrani prema dimenziji cjevovoda iz razloga da u ovom zadatku nije navedeni pad tlaka u centralnoj stanici grijanja.)

| Naziv grane         | Balansirajući ventili |                            |              |    |                   |    |                          |           |
|---------------------|-----------------------|----------------------------|--------------|----|-------------------|----|--------------------------|-----------|
|                     | UKUPNI PAD TLAKA      | Protok (m <sup>3</sup> /h) | PROTOK (l/h) | KV | DIMENZIJA VENTILA | KV | PAD TLAKA NA VENTILU kPa | AUTORITET |
| HEX2                | -                     | -                          | -            | -  | -                 | -  | -                        | -         |
| Zgrada 1            | 63,9                  | 14,29                      | 14286        | 18 | DN65              | 13 | 128,5                    | 0,67      |
| Zgrada 2            | 68,0                  | 10,55                      | 10549        | 13 | DN50              | 13 | 63,9                     | 0,48      |
| Zgrada 3            | 64,8                  | 12,00                      | 12000        | 15 | DN50              | 16 | 57,0                     | 0,47      |
| HEX1                | -                     | -                          | -            | -  | -                 | -  | -                        | -         |
| PTV - c.izmjenjivač | 73,3                  | 5,14                       | 5143         | 6  | DN40              | 6  | 74,2                     | 0,50      |
| HEX3                | -                     | -                          | -            | -  | -                 | -  | -                        | -         |

*Tablica 10 Odabir balansirajućih ventila [autor]*

U prethodno prikazanoj tablici, autoriteti balansirajućih ventila kreću se oko vrijednosti 0,5, što osigurava stabilnu i linearnu funkciju ventila. Međutim, samu vrijednost autoriteta ventila u većini slučajeva nije moguće precizno dovesti na točnu vrijednost 0,5 jer se koriste standardni ventili. Standardni ventili imaju unaprijed definirane karakteristike koje mogu varirati, što znači da se autoritet može malo razlikovati od idealne vrijednosti.

Vrijednosti autoriteta odabranih ventila prikazanih u tablici iznad kreću se blizu optimalne vrijednosti, osiguravajući efikasno balansiranje i distribuciju protoka kroz hidraulički sistem grijanja.

## 2.11. Odabir cirkulacijskih pumpi

Cirkulacijske pumpe su osnovni elementi sustava grijanja, hlađenja i vodoopskrbe. One osiguravaju kontinuiranu cirkulaciju fluida kroz cjevovode, odnosno služe za transport tekućina iz jednog dijela sustava u drugi dio sustava.

Na slikama 2.17 i 2.18. u nastavku su prikazane dvije izvedbe cirkulacijskih pumpi koje se koriste u ovome radu. Prva izvedba montira se na pod radi velike mase, a druga se montira na cjevovod.



*Slika 2.17 Podna cirkulacijska pumpa [17]*



*Slika 2.18 Cirkulacijska pumpa za montažu na cjevovod [17]*

Pumpe se odabiru na temelju protoka u sistemu i ukupnog pada tlaka sistema (svi lokalni + svi linijski gubici). Navedeni podaci za sve pumpe su prikazani u tablici 11 .

| Naziv grane         | Pumpe              |                 |                            |
|---------------------|--------------------|-----------------|----------------------------|
|                     | Oznaka             | Pad tlaka (kPa) | Protok (m <sup>3</sup> /h) |
| HEX2                | <b>P1 &amp; P2</b> | 304,0           | 107,14                     |
| Zgrada 1            | <b>P3</b>          | 192,5           | 14,29                      |
| Zgrada 2            | <b>P4</b>          | 131,8           | 10,55                      |
| Zgrada 3            | <b>P5</b>          | 121,7           | 12,00                      |
| HEX1                | <b>P6</b>          | 92,8            | 5,14                       |
| PTV - c.izmjenjivač | <b>P7</b>          | 147,5           | 5,14                       |
| HEX3                | <b>P8 &amp; P9</b> | 206,0           | 120,00                     |

*Tablica 11 Odabir pumpi [autor]*

Sve pumpe su odabrane pomoću alata za odabir pumpi koji se nalazi na izvoru broj [17]. Tehničke specifikacije svih odabranih pumpi navedeni su u prilogima 7 – 13.



## 2.12. Odabir ekspanzijskih posuda

Ekspanzijske posude su dio sigurnosne opreme toplovodnih sustava centralnog grijanja čija je osnovna funkcija preuzimanje toplinskih promjena volumena vode koje nastaju kao rezultat temperaturnih oscilacija. Postoje dva osnovna tipa ekspanzijskih posuda otvoreni i zatvoreni tip.

U ovom radu implementiran je zatvoreni tip ekspanzijske posude, primarno zbog optimizacije sustava. U konfiguraciji s zatvorenim tipom, ekspanzijska posuda ne mora biti smještena na najvišoj točki sustava, što olakšava njezino pozicioniranje i instalaciju. Također, ovaj pristup značajno minimizira rizik od korozije. Korozija u otvorenom tipu ekspanzijskih posuda često je rezultat interakcije kisika iz atmosfere s metalnim komponentama sustava, što dovodi direktno do pojave korozije. Zatvoreni sistem omogućava kontroliranu atmosferu unutar posude, čime se efektivno uklanja interakcije s vanjskim kisikom i smanjuje potencijal za oksidacijsku koroziju.

Ekspanzijske posude se proračunavaju provedbom sljedećih koraka:

### 1. Proračun ukupnog volumena vode u sistemu grijanja

- Proračunava se ukupna količina vode u pojedinačnom zatvorenom sistemu (voda u cjevovodima, trošilima, izmjenjivačima, razdjelnicima, sabirnicama, hidrauličkim skretnicama, akumulacijskim spremnicima, spremnicima potrošne tople vode, itd.)

### 2. Proračun volumena širenja po izrazu:

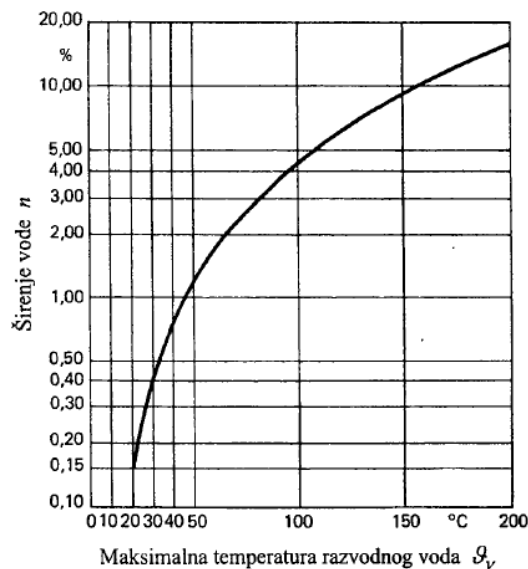
$$V_e = \frac{V_a \cdot n}{100} \quad (60)$$

- Gdje je

$V_e$  = volumen širenja (l)

$V_a$  = ukupni volumen vode u sistemu (l)

$n$  = postotno širenje vode u odnos na  $T= 10 \text{ }^\circ\text{C}$



Slika 2.19 Graf za određivanje postotnog širenja vode u odnosu na  $T = 10$  °C [13]

### 3. Proračun nazivnog volumena ekspanzijske posude:

$$V_n = (V_e + V_v) \cdot \frac{p_e + 1}{p_e - p_o} \quad (61)$$

- Gdje je

$V_v$  = količina vode u l (najmanje 0,5% od  $V_a$  )

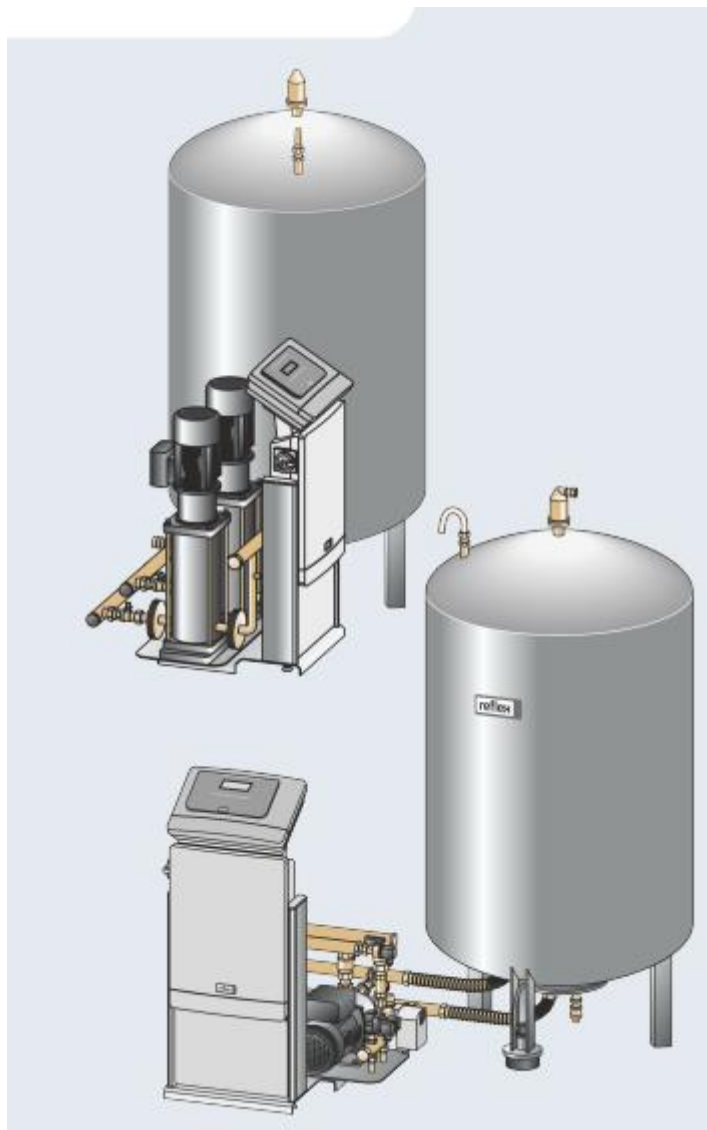
$p_e$  = konačni tlak sistema (bar)

$p_o$  = pretlak sistema (bar)

U ovom radu sve ekspanzijske posude određene su pomoću alata „RSP dimensioning“ koji se nalazi u izvoru br. [7]. U navedenom alatu izračun je ukupan volumen vode u pojedinim sistemima, na način da su uneseni podaci o volumenu vode unutar sistema grijanja. Podaci o volumenu vode unutar uređaja koji su prethodno odabrani uzeti su iz tehničkih specifikacija uređaja koji se nalaze u prilogima, duljine cjevovoda su uzete iz poglavlja 2.8 „izračun padova tlaka u sistemu grijanja“, te je uz pomoć navedenog alata predviđen i volumen vode u trošilima (predviđeno je ventilokonvektorsko grijanje pošto isto nije zadano u samom zadatku).

Zbog relativno velikih kapaciteta uz ekspanzijske posude dodatno dolaze i kontrolne jedinice ekspanzijskih posuda. Kontrolne jedinice održavaju konstantan pritisak u sistemu, sistem odzračuju i nadopunjavaju ga vodom, te služe za izbjegavanje nastanka oštećenja sustava zbog

prevelik radnih tlakova. Prikaz primjera ekspanzijske posude s kontrolnom jedinicom prikazan je na slici 2.20.



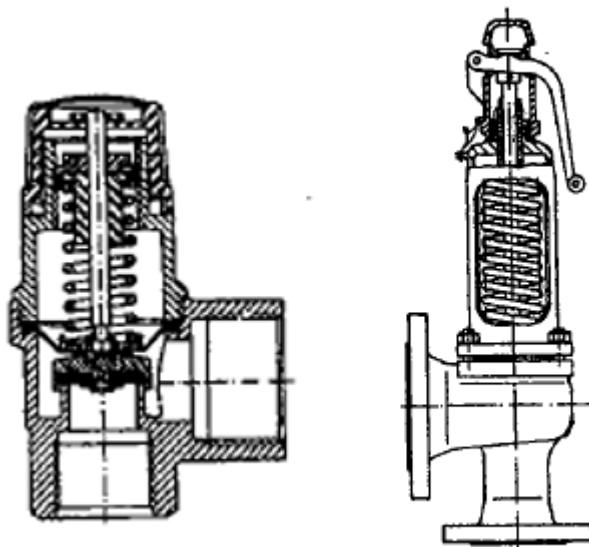
*Slika 2.20 Vertikalna ekspanzijska posuda s upravljačkom jedinicom [7]*

Tehničke specifikacije odabranih ekspanzijskih posuda zajedno s upravljačkim jedinicama prikazane su u priložima br. 14-18.

Za direktnu shemu spajanja nije odabrana ekspanzijska posuda jer se ona nalazi u centralnoj stanici, te samim time nije dio zadatka ovog diplomskog rada.

### 2.13. Odabir sigurnosnih ventila

Sigurnosni ventili su dio sigurnosne opreme toplovodnih sustava centralnog grijanja čija je osnovna funkcija da u slučaju porasta temperature i većih toplinskih rastezanja vode ispušta vodu iz sustava. Ispuštanjem vode iz sustava smanjuje se tlak sustava te se sprečava situacija kod koje može doći do oštećenja na sistemu grijanja. Tlak na kojem sigurnosni ventil reagira je za određenu vrijednost veći od radnog tlaka najčešće 20%. Primjeri sigurnosnih ventila prikazani su na slici 2.21.



Slika 2.21 Sigurnosni ventili [13]

U radu definiran je statički tlak sustava na razini od 1,8 bara. Za potrebe određivanja postavke tlaka aktivacije sigurnosnog ventila, primijenjena je sigurnosti od 20%, što rezultira kalkuliranim tlakom reakcije od 2,16 bara. U skladu s normativima i standardima, odabran je prvi veći standardni tlak za sigurnosni ventil, koji iznosi 2,5 bara. Ovaj pristup osigurava da ventil adekvatno reagira na prekoračenje tlaka unutar sustava.

Sigurnosni ventili izabrani su pomoću alata za odabir termotehničke opreme koji se nalazi pod izvorom broj [18], te se njihove tehničke specifikacije mogu naći pod prilogom broj 19.

### 3. Regulacija

Pojam regulacija u termotehnici točnije u području grijanja odnosi se na precizno upravljanje temperaturom i protokom radnog medija prema unaprijed specificiranim parametrima. Regulacija je ključna komponenta za pravilan rad sustava ,te postizanje energetske učinkovitosti.



Slika 3.1 Osnovni elementi regulacijskog kruga [15]

Osnovni shematski prikaz rada sustava regulacije u termotehnici prikazan je na slici 3.1. Sustav regulacije se sastoji od 6 osnovnih elemenata:

1. Osjetnik

- Mjeri regulirani parametar (temperaturu, protok, tlak, vlažnost...)

2. Regulator

- Uspoređuje zadanu vrijednost s izmjerenom vrijednosti osjetnika, te na temelju navedene usporedbe donosi odluku kako da prilagodi rad pogona kako bi se postigla vodeća vrijednost.

3. Pogon

- Predstavlja izvršni element sustava regulacije, koji upravlja različitim uređajima poput ventila, pumpi, ventilatora, itd.

4. Izvršni uređaj

- Ventil: regulira protok radnog medija
- Pumpa: regulira protok i tlak radnog medija
- Grijač, hladnjak: regulira temperaturu radnog medija
- Ventilator: povećava cirkulaciju (protok) zraka

5. Izmjenjivač

- Izmjenjuje toplinu između dva medija  
(npr. radiator izmjenjuje toplinu između vode i zraka)

## 6. Prostorija

- Prostorija predstavlja prostor u kojem se nalazi osjetnik iz 1. točke te osjetnik predstavlja povratnu vezu u sustavu regulacije, te se sam proces kontinuirano ponavlja dok je sistem u pogonu.

Prethodno pojašnjeno je pojednostavljeni prikaz osnovnog načina rada regulacijskog sustava u termotehnici. Ovisno o sistemu, regulacijski sustavi mogu biti mnogo složeniji i mogu uključivati popriličan broj regulacijskih podsustava koji rade u sinergiji kako bi osigurali optimalno funkcioniranje cjelokupnog sustava.

Kompleksniji regulacijski sustavi djeluju u hijerarhijskom načinu rada. Svaki podsustav ima specifičnu ulogu i zadatke, a svi sustavi zajedno doprinose postizanju željenih uvjeta. Svi podsustavi sistema međusobno komuniciraju i koordiniraju svoje aktivnosti putem centralnog regulatora koji osigurava skladno i efikasno djelovanje cijelog sustava.

Kroz različite složene algoritme moderni sustavi mogu postići visoku razinu performansi i pouzdanosti, prilagođavajući se dinamičkim uvjetima i specifičnim potrebama u realnom vremenu.

Stoga, iako je prikazani model na slici 3.1 koristan za razumijevanje osnovnih principa rada regulacijskih sustava, važno je napomenuti da realni regulacijski sustavi često zahtijevaju integraciju više različitih regulatornih podsustava kako bi se postigli optimalni uvjeti i performanse u složenim okruženjima poput ovoga u ovome radu.

### 3.1. Komponente regulacije

Sve armaturne komponente u ovome radu mogu se smatrati regulacijskim elementima projektiranog termotehničkog sistema. Svaka komponenta ima specifičnu ulogu u osiguravanju pravilnog, stabilnog i sigurnog rada cjelokupnog sistema. U ovom radu korištene su slijedeće regulacijske komponente:

#### 1. Senzori i mjerni armaturni elementi

- Termometar - Mjeri temperaturu vode na različitim mjestima u sustavu za preciznu regulaciju temperature. (nema povratne veze s regulacijom)
- Manometar - Mjeri tlak unutar sustava kako bi se osiguralo da tlak ostane unutar zadanih granica. (nema povratne veze s regulacijom)
- Osjetnik tlaka - regulirana veličina - Mjeri tlak u sustavu i šalje podatke upravljačkoj jedinici. (ima povratnu vezu s regulacijom)
- Temperaturni osjetnik - regulirana veličina - Mjeri temperaturu vode i šalje podatke upravljačkoj jedinici. (ima povratnu vezu s regulacijom)
- Kalorimetar (poglavljje br. 2.7)- Mjeri potrošnju toplinske energije, omogućujući precizno praćenje potrošnje. (može imati povratnu vezu s regulacijom, ali povratna veza nije neophodna)

#### 2. Izmjenjivači topline

- Cijevni izmjenjivač topline (poglavljje br. 2.3) - Prenosi toplinu između dva fluidna, jedan fluid cirkulira u cijevima izmjenjiva, a drugi u plaštu izmjenjivača. Nema direktnog kontakta i miješanja fluida.
- Pločasti izmjenjivač topline (poglavljje br. 2.4)- Prenosi toplinu između dva fluidna, jedan fluid cirkulira s jedne strane ploče izmjenjivača, a drugi s druge. Nema direktnog kontakta i miješanja fluida.

### 3. Sigurnosna armatura

- Ekspanzijska posuda (poglavlje br. 2.12) - Apsorbira toplinske promjene volumena vode koje nastaju kao rezultat temperaturnih oscilacija.
- Sigurnosni ventil s ispustom (poglavlje br. 2.13) - Ispušta vodu iz sustava kako bi spriječio previsoki tlak sustava, te neposredno i potencijalna oštećenja.
- Nepovratna klapna - Sprečava povratni tok vode, koji može uzorkovati hidraulički udar
- Odzračni ventil s ispustom - Uklanja zrak iz sustava kako bi se spriječili hidraulički udarci i osigurala učinkovitost.

### 4. Ventili i regulatori

- Kuglasta slavina, Leptirasta slavina – Otvara ili zatvara protok vode u određenim dijelovima sustava.
- 3-putni miješajući ventil s motornim pogonom (poglavlje br. 2.9) - Regulira miješanje tople i hladne vode kako bi održao željenu temperaturu.
- Balansirajući ventil (poglavlje br. 2.10) - Omogućava ravnomjernu distribuciju protoka kroz sustav.
- Regulator tlaka s integriranim ograničivačem protoka - Održava stabilan tlak i kontrolira maksimalni protok.
- Ventil za punjenje/pražnjenje - Omogućava dodavanje ili ispuštanje vode iz sustava.
- Regulator temperature - Održava zadanu temperaturu u sustavu.
- Regulator protoka - Kontrolira brzinu protoka vode unutar sustava.

### 5. Cirkulacijske pumpe

- Cirkulacijska pumpa - frekventno regulirana (poglavlje br. 2.11) - Osigurava kontinuirani protok vode i prilagođava brzinu protoka prema potrebama sustava.

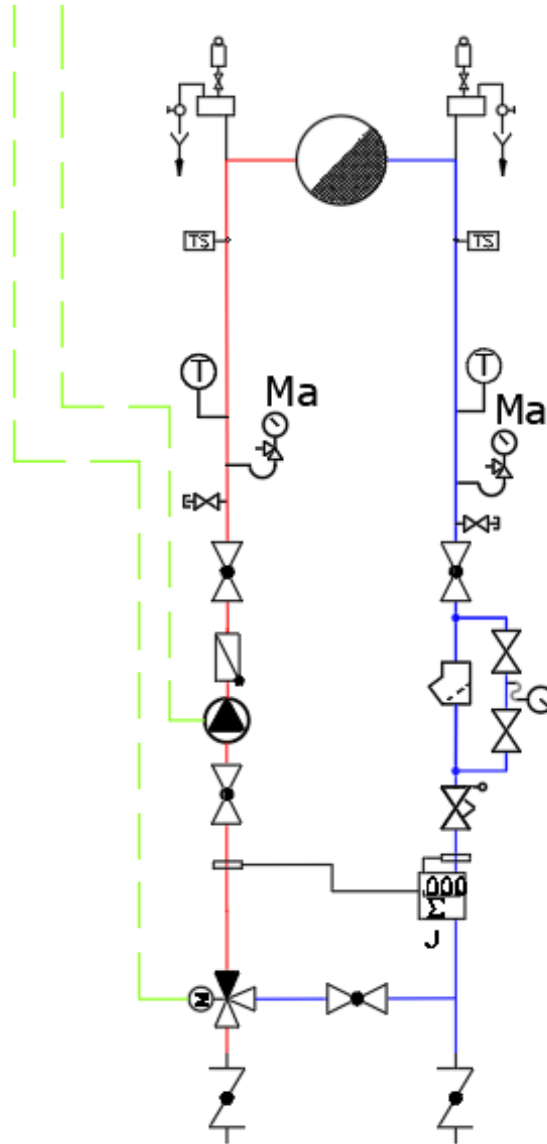


## 6. Ostala oprema

- Kompenzator - Apsorbira termička rastezanja i vibracije u cjevovodima, osiguravajući dugovječnost komponenti.
- Odvajač nečistoće - Uklanja nečistoće iz vode, sprječavajući začepljenje i oštećenje komponenata.
- Diferencijalni presostat - Mjeri razliku tlaka između dvije točke u sustavu i koristi se za kontrolu pumpi i ventila.
- Ispust - Omogućava ispuštanje vode iz sustava za potrebe održavanja.

### 3.2. Regulacija miješanjem

Regulacija miješanjem je tip regulacije kod koje se osigurava konstantni protok radnog medija kroz recirkulacijsku granu grijanja. Primjer regulacije miješanjem prikazan je na slici 3.2.



Slika 3.2 Regulacija miješanjem [autor]

Kod ovakvog tipa regulacije pomoću troputnog ventila osigurava se konstantni protok u recirkulacijskoj grani, ali s različitim polaznim temperaturama radnog medija, posljedično čemu se mijenja toplinski učinak krajnjeg potrošača odnosno izmjenjivača (radijator, ventilokonvektor, podno grijanje...).

Troputni ventil miješa polazni radni medij iz izvora (kotla) s povratnim radnim medijem iz krajnjeg izmjenjivača. Miješa ih u omjeru koji je potreban da bi se osigurala potrebna temperatura na ulazu u krajnji izmjenjivač.

Specifično svojstvo ovakvog tipa regulacije je da protok gotovo neovisan o omjeru količine radnog medija koji dolazi iz izvora (kotla) i radnog medija koji dolazi povratnim vodom iz izmjenjivača, pa se protok smatra konstantnim. Konstantni protok pogodan je za ugradnju cirkulacijske pumpe jer se održava konstantna radna točka.

Ali omjer prijašnje navedenih ulaza ovisi o temperaturi u polaznom vodu recirkulacijske grane. Iz razloga kada se temperatura polaznog voda mijenja, troputni ventil se automatski podešava kako bi balansirao količinu radnog medija iz izvora i povratnog voda.

Troputni ventil sam po sebi ne može osigurati ravnomjerni protok kroz različite dijelove sustava zbog ograničenog autoriteta. Autoritet troputnog ventila vrlo je nizak, pa samim time oscilacije tlaka u sustavu mogu značajno utjecati na protok kroz ventil, što može dovesti do nestabilnosti i neujednačenog protoka radnog medija.

Iz navedenog razloga primjenjuje se balansirajući ventil koji ima značajni autoritet nad sustavom (oko 0,5). On povećava otpor u dijelovima sustava gdje je to potrebno, balansirajući ventil osigurava da pad tlaka na troputnom ventilu bude veći u odnosu na ukupni pad tlaka u sustavu. Time se postiže veći autoritet troputnog ventila, što omogućava precizniju regulaciju protoka i bolju kontrolu miješanja ili preusmjerenja fluida.

Prethodno u poglavljima 2.9 i 2.10 pobliže su objašnjeni troputni ventil i balansirajući ventil.

### **3.3. Regulacija direktnog tipa toplinske podstanice**

Regulacijski sistem direktnog sustava toplinske toplovodne podstanice u ovom radu bazira se na primjeni tri regulacijska ventila proizvođača Danfoss VFG2, VFQ, i AFQM2. Primjenom navedenih ventila pruža se precizna kontrola protoka, tlaka i temperature unutar sustava grijanja.

Regulator temperature VFG2 koristi se na ulazu u toplinsku podstanicu za održavanje željene temperature polaznog voda vode koja ulazi u sustav podstanice. Ovim ventilom ostvaruje se automatska regulacija protoka na temelju temperature vode, osiguravajući optimalne uvjete koji su zadani u zadatku ovoga rada. VFG2 ventil sadrži kontrolni element koji reagira na promjene temperature, prilagođavajući položaj ventila kako bi održao postavljenu temperaturu.

Uz regulator temperature VFG2 na polaznom vodu predviđeni je i regulator protoka VFQ. On osigurava preciznu kontrolu količine toplinske energije koja se distribuira unutar sustava. VFQ ventil sadrži metalni zatvarač s podesivim ograničenjem protoka, koji omogućuje precizno podešavanje maksimalnog protoka u sistemu. Ovaj ventil koristi sustav cijevi koje prenose tlak prema aktuatoru, što omogućava automatsko zatvaranje ventila kada se postigne maksimalni dozvoljeni protok.

Na povratnom vodu, predviđeni je AFQM2 ventil koji osigurava stabilan tlak unutar sustava i sprječava prekomjerni protok. AFQM2 je samo regulirajući ventil koji koristi integrirani ograničivač protoka za održavanje stabilnog diferencijalnog tlaka preko ventila. Ovaj ventil omogućuje automatsko prilagođavanje protoka u skladu s promjenama tlaka u sustavu, čime se održava optimalna efikasnost i sprječavaju moguća oštećenja uslijed preopterećenja.

Kombinacija prethodno navedenih ventila omogućuje usklađeno regulaciju unutar toplinske podstanice direktnog tipa. VFG2 ventil osigurava odgovarajuću ulaznu temperaturu, VFQ ventil osigurava precizno doziranje toplinske energiju, dok AFQM2 ventil održava stabilan povratni tlak i sprječava prekomjerni protok.

## 4. Dispozicija opreme

Dispozicija opreme predstavlja ključan aspekt u procesu projektiranja i realizacije termotehničkih sustava. Pravilnom dispozicijom opreme definira se položaj, te međusobni odnos svih elemenata sustava, čime se osigurava:

- efikasan rad,
- mogućnost održavanje opreme,
- smanjuje se rizik kolizija,
- olakšava buduća nadogradnja
- osigurava se optimalna iskoristivost prostora.

### 4.1. Revit

Dispozicija opreme napravljena je pomoću alata „Revit“ koji je razvijen od strane tvrtke Autodesk. Revit je BIM (Building Information Modeling) alat koji omogućava termotehničko i arhitektonsko projektiranje s visokim stupnjem preciznosti i efikasnost.

Visoki stupanje preciznosti i efikasnosti se postiže kroz:

- Integraciju multidisciplinarnih podatak
  - arhitektonski, građevinski, termotehnički, elektrotehnički podaci...
- Parametarsko modeliranje:
  - Svi elementi u Revitu su parametri, što znači da promjene na jednom dijelu modela automatski utječe na povezane dijelove
- Kolaborativno radno okruženje
  - Revit omogućava simultani rad više korisnika na istom modelu, što poboljšava timsku produktivnost i omogućava bolju komunikaciju među članovima tima.

U alatu Revit postoji pojam „family“. Pojam „family“ u termotehničkom aspektu predstavlja parametrične elemente koji definiraju i omogućuju modeliranje sustava grijanja, ventilacije i klimatizacije (HVAC). U ovome radu korištene su originalne „families“ koje pružaju proizvođači opreme na svojim web stranicama. Korištenjem originalnih „families“ odabranih elemenata izbjegava se mogućnost da opreme ne stane u prostor toplinske podstanice.

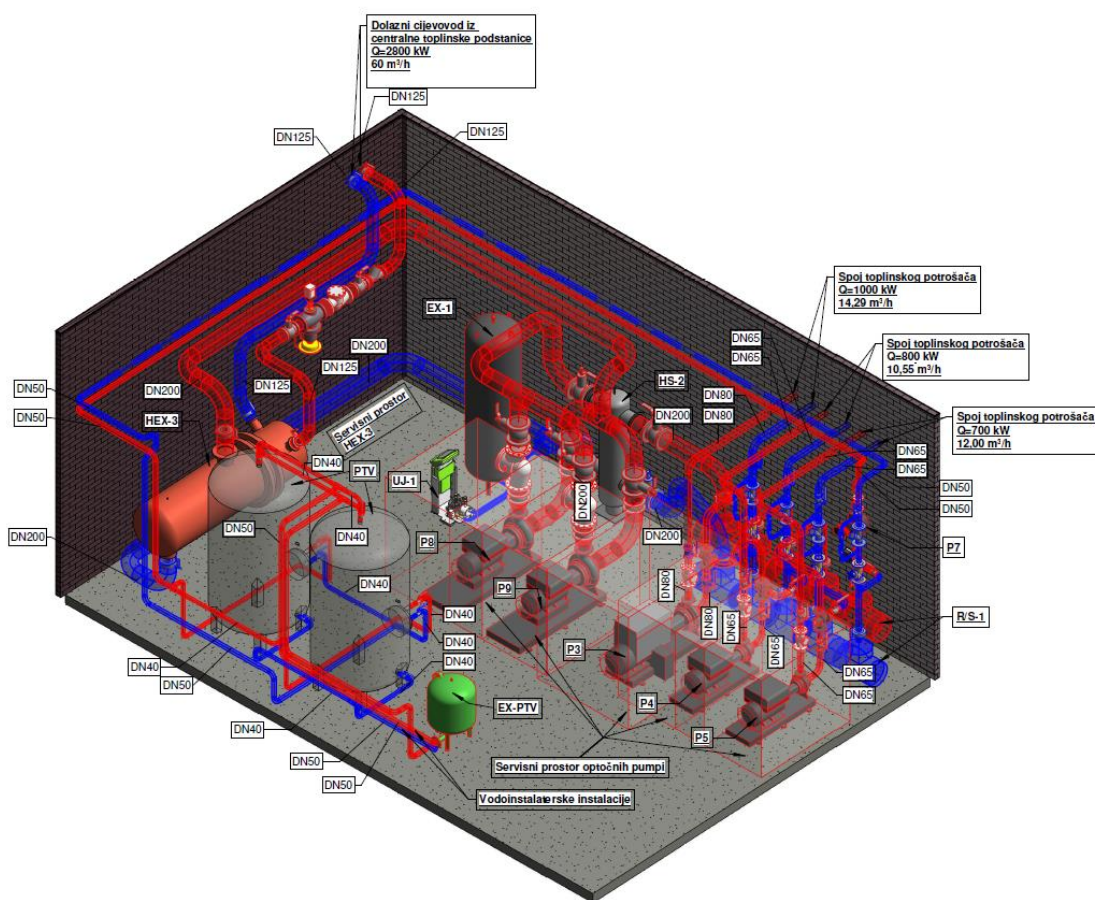
## 4.2. Pregled dispozicija podstanica

U nastavku su prikazane 3 zasebne dispozicije toplinskih podstanica:

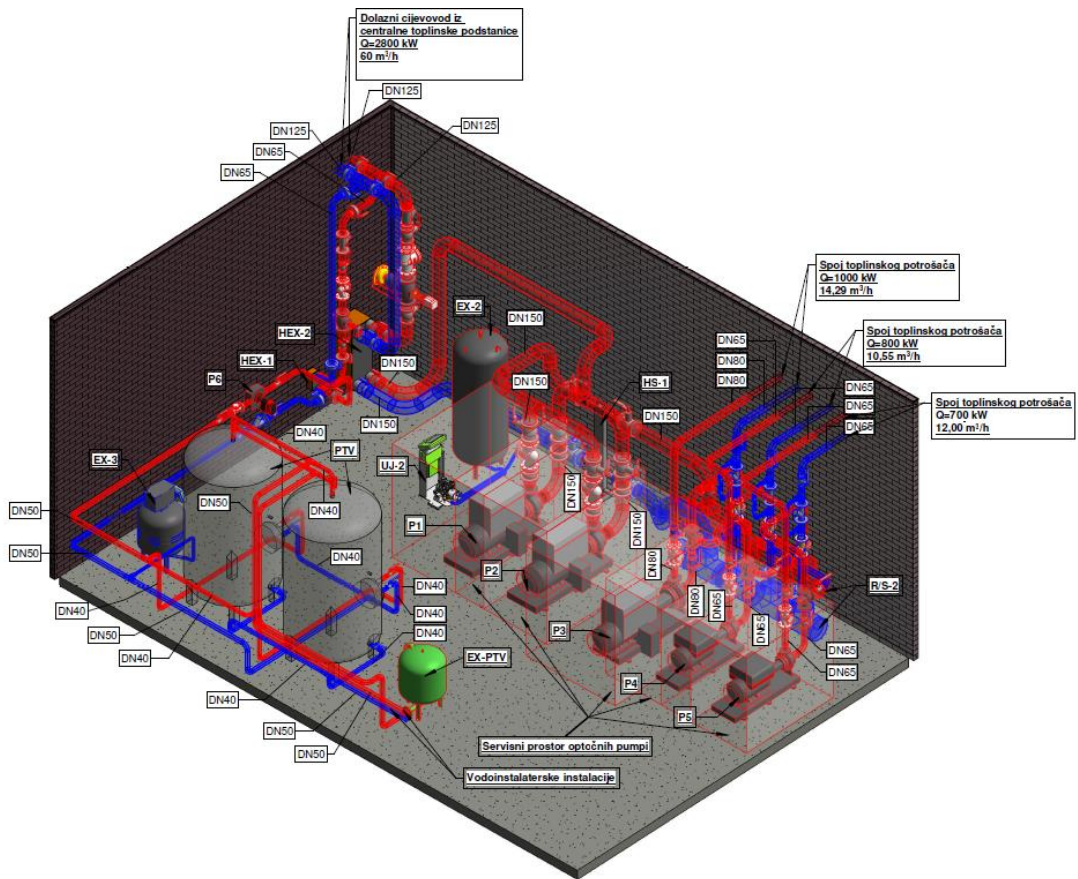
1. Dispozicija indirektnog sustava grijanja i ptv-a (cijevni izmjenjivač) (slika 4.1)
2. Dispozicija indirektnog sustava grijanja i ptv-a (pločasti izmjenjivač) (slika 4.2)
3. Dispozicija direktnog sustava grijanja i ptv-a (slika 4.3)

Svaka zasebna dispozicija toplinske podstanice prikazana je u prostoru istih dimenzija visine 4 m, širine 9,5 m, te dužine 6,5 m. Korišten je prostor istih dimenzija kako bi se vizualno prikazala razlika između potrebnog prostora termotehničkog postrojenja direktnog i indirektnog tipa istog toplinskog kapaciteta.

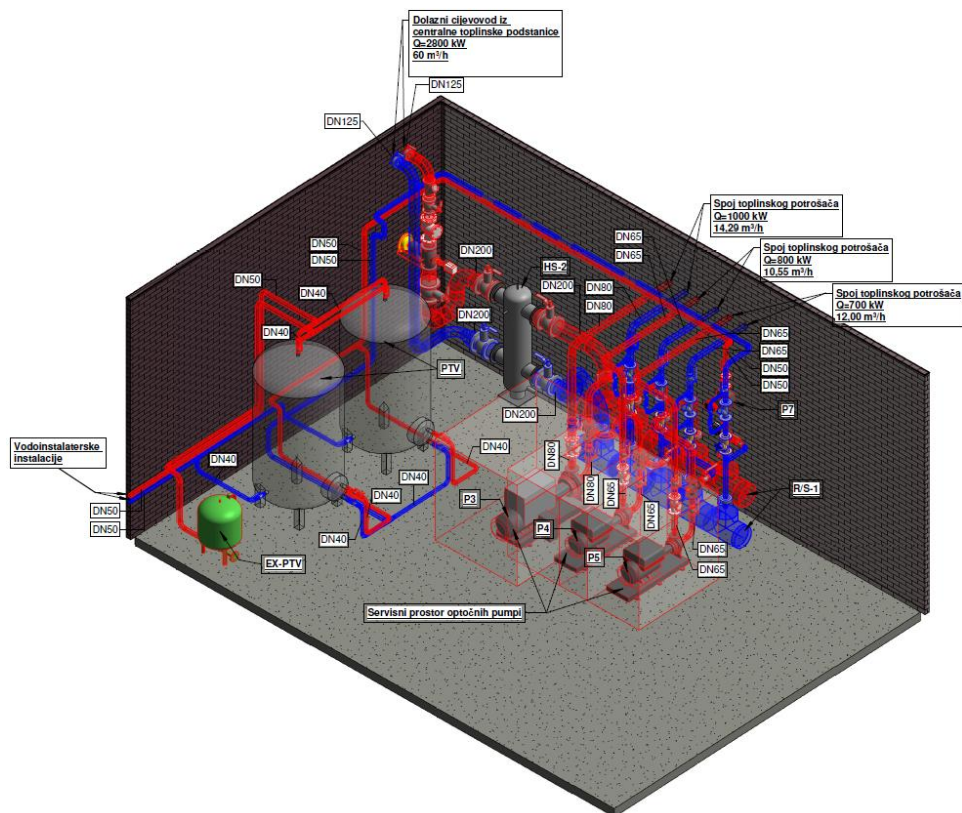
Detaljna tehnička dokumentacija prethodno navedenih dispozicija prikazana je u priložima broj 23,24,25.



Slika 4.1 Dispozicija indirektnog sustava grijanja i ptv-a (cijevni izmjenjivač) [autor]



Slika 4.2 Dispozicija indirektnog sustava grijanja i ptv-a (pločasti izmjenjivač) [autor]



Slika 4.3 Dispozicija direktnog sustava grijanja i ptv-a [autor]

## 5. Ekonomska analiza sistema grijanja

U nastavku provedena je ekonomska analiza potrošnje toplinske energije unutar toplinske podstanice. Ekonomska analiza provedena je za tri tipa toplinskih podstanica:

- direktni tip
- indirektni tip s pločastim izmjenjivačima
- indirektni tip s cijevnim izmjenjivačem

Indirektni tipovi s pločastim i cijevnim izmjenjivačima imaju određene gubitke topline, te prema tome njihove efikasnosti nisu 100%. Prema izvoru broj. [3] standardna efikasnost pločastog izmjenjivača se kreće od 80% do 95%, dok se standardna efikasnost cijevnog izmjenjivača kreće od 60%-80%.

Za potrebe ove ekonomske analize uzeti su najgori slučajevi efikasnosti. Stoga je za pločasti izmjenjivač uzeta efikasnost od 80%, što znači da ima 20% gubitaka. Za cijevni izmjenjivač uzeta je efikasnost od 60%, odnosno 40% gubitaka.

U nastavku prikazana je tablica broj.12. U navedenoj tablici proveden je proračun dnevne potrošnje toplinske energije toplinske podstanice za lokaciju Osijek, u sezoni grijanja od 01.10.2023. do 15.04.2024., pod uvjetom da je temperatura grijanog prostora konstantna odnosno da ona konstantno iznosi 21 °C, te također da je i temperatura PTV konstantna te da ona iznosi 60°C. Podaci o maksimalnoj i minimalnoj dnevnoj temperaturi uzeti su za navedeni period iz izvora broj. [19]. Srednja dnevna temperatura izračunata je na temelju maksimalne i minimalne temperature. Podatak o potrebnoj energiji za grijanje i PTV dobiven je po formuli:

$$Q = P_{iz} \cdot \left( \frac{T_{pr} - T_{sr}}{T_{pr} + T_{pro}} \right) \cdot \frac{1}{\eta} \cdot 24 \quad (62)$$

- Gdje je

$Q$  = dnevna potrošena energija (kWh)

$P_{iz}$  = snaga izmjenjivača (kWh)

$T_{pr}$  = temperatura prostorije (K) → 294.15 K

$T_{sr}$  = Prosiječna dnevna temperatura (K)

$T_{pro}$  = Projektna temperatura grijanja za grad Osijek (K) → 256.85 K

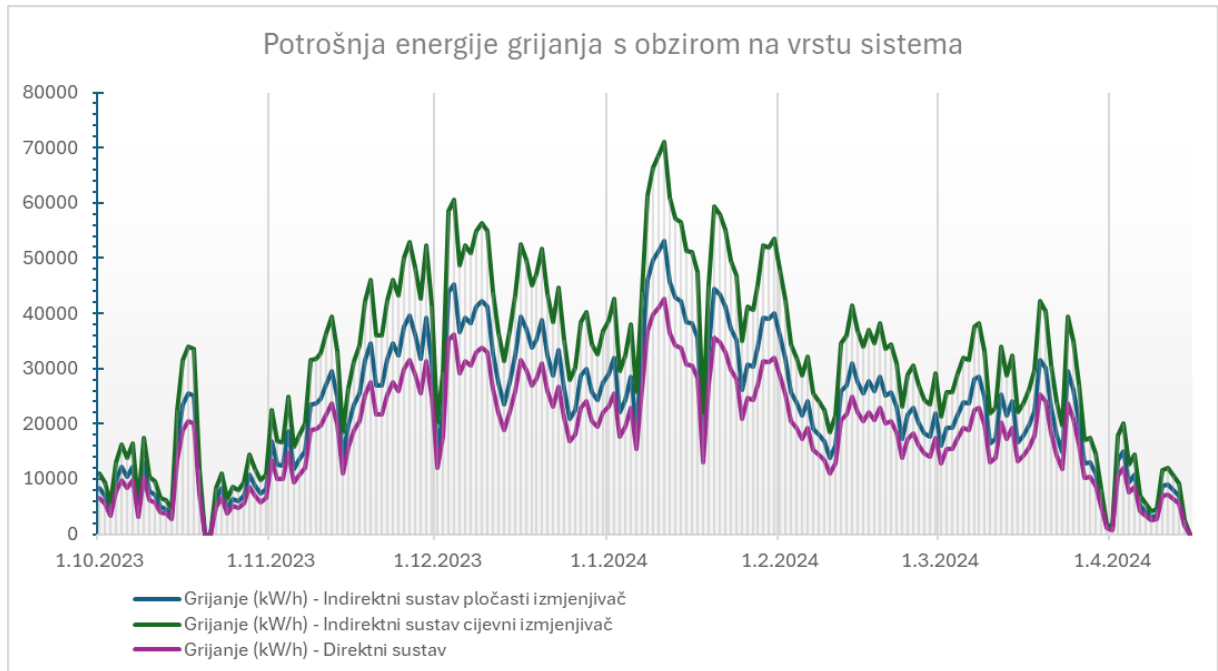
$\eta$  = stupanj efikasnosti (%)



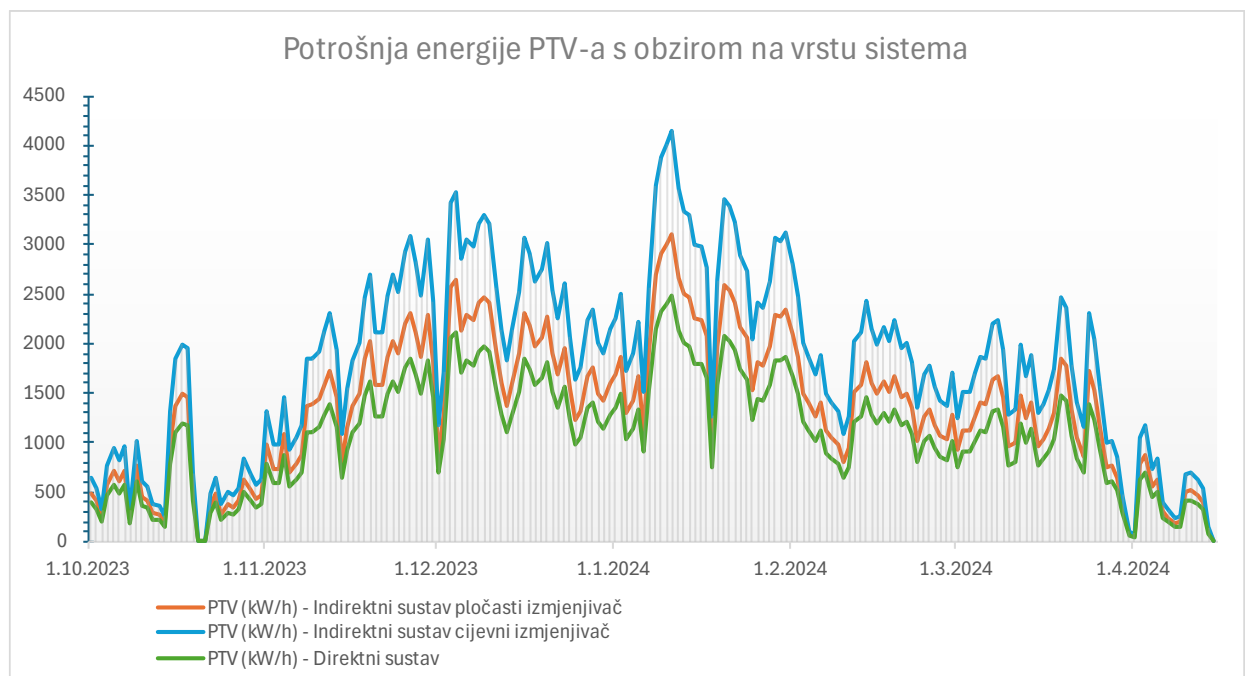
| Datum      | Maksimalna temperatura (°C) | Minimalna temperatura (°C) | Prosječna dnevna temperatura (K) | Razlika između prosječne dnevne temperature i unutarnje temperature (K) | Razlika između temp. PTV i prosječne dnevne temperature (K) | Dnevna potrošnja toplinske energije       |            |  |            |                 |            |
|------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------------|---|---|---|------------|--|------------|-----------------|------------|
|            |                             |                            |                                  |   |   | Indirektni sustav - pločasti izmjenjivači |            | Indirektni sustav - Cijevni izmjenjivači |            | Direktni sustav |            |
|            |                             |                            |                                  |   |   | Grijanje (kW/h)                           | PTV (kW/h) | Grijanje (kW/h)                          | PTV (kW/h) | Grijanje (kW/h) | PTV (kW/h) |
| 1.10.2023  | 21,20                       | 12,60                      | 290,05                           | 4,10  | 43,10   | 8288,41                                   | 484,89     | 11073,32                                 | 647,73     | 6630,73         | 387,91     |
| 2.10.2023  | 23,30                       | 11,80                      | 290,70                           | 3,45  | 42,45   | 6974,39                                   | 408,02     | 9317,79                                  | 545,04     | 5579,51         | 326,41     |
| 3.10.2023  | 24,80                       | 13,10                      | 292,10                           | 2,05  | 41,05   | 4144,20                                   | 242,44     | 5536,66                                  | 323,86     | 3315,36         | 193,96     |
| 4.10.2023  | 21,10                       | 11,20                      | 289,30                           | 4,85  | 43,85   | 9804,58                                   | 573,59     | 13098,92                                 | 766,21     | 7843,67         | 458,87     |
| 5.10.2023  | 20,80                       | 9,20                       | 288,15                           | 6,00  | 45,00   | 12129,38                                  | 709,59     | 16204,85                                 | 947,89     | 9703,50         | 567,67     |
| 6.10.2023  | 21,20                       | 10,50                      | 289,00                           | 5,15  | 44,15   | 10411,05                                  | 609,07     | 13909,16                                 | 813,61     | 8328,84         | 487,25     |
| 7.10.2023  | 22,20                       | 7,70                       | 288,10                           | 6,05  | 45,05   | 12230,46                                  | 715,51     | 16339,89                                 | 955,79     | 9784,37         | 572,40     |
| 8.10.2023  | 25,50                       | 12,60                      | 292,20                           | 1,95  | 40,95   | 3942,05                                   | 230,62     | 5266,58                                  | 308,06     | 3153,64         | 184,49     |
| 9.10.2023  | 19,80                       | 9,30                       | 287,70                           | 6,45  | 45,45   | 13039,08                                  | 762,81     | 17420,22                                 | 1018,98    | 10431,27        | 610,25     |
| 10.10.2023 | 21,10                       | 13,20                      | 290,30                           | 3,85  | 42,85   | 7783,02                                   | 455,32     | 10398,11                                 | 608,23     | 6226,42         | 364,26     |
| 11.10.2023 | 22,60                       | 12,30                      | 290,60                           | 3,55  | 42,55   | 7176,55                                   | 419,84     | 9587,87                                  | 560,84     | 5741,24         | 335,87     |
| 12.10.2023 | 25,40                       | 11,80                      | 291,75                           | 2,40  | 41,40   | 4851,75                                   | 283,84     | 6481,94                                  | 379,16     | 3881,40         | 227,07     |
| 13.10.2023 | 25,40                       | 12,10                      | 291,90                           | 2,25  | 41,25   | 4548,52                                   | 266,10     | 6076,82                                  | 355,46     | 3638,81         | 212,88     |
| 14.10.2023 | 25,50                       | 13,20                      | 292,50                           | 1,65  | 40,65   | 3335,58                                   | 195,14     | 4456,33                                  | 260,67     | 2668,46         | 156,11     |
| 15.10.2023 | 15,80                       | 9,50                       | 285,80                           | 8,35  | 47,35   | 16880,05                                  | 987,52     | 22551,75                                 | 1319,15    | 13504,04        | 790,01     |
| 16.10.2023 | 13,50                       | 5,20                       | 282,50                           | 11,65   | 50,65   | 23551,21                                  | 1377,79    | 31464,42                                 | 1840,49    | 18840,97        | 1102,23    |
| 17.10.2023 | 13,50                       | 3,30                       | 281,55                           | 12,60   | 51,60   | 25471,70                                  | 1490,14    | 34030,19                                 | 1990,57    | 20377,36        | 1192,12    |
| 18.10.2023 | 14,70                       | 2,50                       | 281,75                           | 12,40   | 51,40   | 25067,39                                  | 1466,49    | 33490,03                                 | 1958,98    | 20053,91        | 1173,19    |
| 19.10.2023 | 22,80                       | 10,40                      | 289,75                           | 4,40  | 43,40   | 8894,88                                   | 520,37     | 11883,56                                 | 695,12     | 7115,90         | 416,29     |
| 20.10.2023 | 27,20                       | 17,50                      | 295,50                           | -1,35   | 37,65   | 0,00                                      | 0,00       | 0,00                                     | 0,00       | 0,00            | 0,00       |
| 21.10.2023 | 25,90                       | 16,90                      | 294,55                           | -0,40   | 38,60   | 0,00                                      | 0,00       | 0,00                                     | 0,00       | 0,00            | 0,00       |
| 22.10.2023 | 22,60                       | 13,20                      | 291,05                           | 3,10  | 42,10   | 6266,85                                   | 366,62     | 8372,51                                  | 489,74     | 5013,48         | 293,30     |
| 23.10.2023 | 22,00                       | 11,80                      | 290,05                           | 4,10  | 43,10   | 8288,41                                   | 484,89     | 11073,32                                 | 647,73     | 6630,73         | 387,91     |
| 24.10.2023 | 23,80                       | 13,50                      | 291,80                           | 2,35  | 41,35   | 4750,67                                   | 277,92     | 6346,90                                  | 371,26     | 3800,54         | 222,34     |
| 25.10.2023 | 20,80                       | 14,90                      | 291,00                           | 3,15  | 42,15   | 6367,92                                   | 372,54     | 8507,55                                  | 497,64     | 5094,34         | 298,03     |
| 26.10.2023 | 22,00                       | 14,10                      | 291,20                           | 2,95  | 41,95   | 5963,61                                   | 348,88     | 7967,39                                  | 466,05     | 4770,89         | 279,11     |
| 27.10.2023 | 23,20                       | 11,90                      | 290,70                           | 3,45  | 42,45   | 6974,39                                   | 408,02     | 9317,79                                  | 545,04     | 5579,51         | 326,41     |
| 28.10.2023 | 20,20                       | 11,20                      | 288,85                           | 5,30  | 44,30   | 10714,29                                  | 626,81     | 14314,29                                 | 837,30     | 8571,43         | 501,45     |
| 29.10.2023 | 22,40                       | 10,90                      | 289,80                           | 4,35  | 43,35   | 8793,80                                   | 514,45     | 11748,52                                 | 687,22     | 7035,04         | 411,56     |
| 30.10.2023 | 22,50                       | 12,30                      | 290,55                           | 3,60  | 42,60   | 7277,63                                   | 425,76     | 9722,91                                  | 568,73     | 5822,10         | 340,60     |
| 31.10.2023 | 22,50                       | 11,50                      | 290,15                           | 4,00  | 43,00   | 8086,25                                   | 473,06     | 10803,23                                 | 631,93     | 6469,00         | 378,45     |
| 1.11.2023  | 17,30                       | 8,00                       | 285,80                           | 8,35  | 47,35   | 16880,05                                  | 987,52     | 22551,75                                 | 1319,15    | 13504,04        | 790,01     |
| 2.11.2023  | 19,30                       | 10,30                      | 287,95                           | 6,20  | 45,20   | 12533,69                                  | 733,25     | 16745,01                                 | 979,49     | 10026,95        | 586,60     |
| 3.11.2023  | 19,50                       | 10,20                      | 288,00                           | 6,15  | 45,15   | 12432,61                                  | 727,33     | 16609,97                                 | 971,59     | 9946,09         | 581,87     |
| 4.11.2023  | 15,00                       | 8,60                       | 284,95                           | 9,20  | 48,20   | 18598,38                                  | 1088,04    | 24847,44                                 | 1453,43    | 14878,71        | 870,43     |
| 5.11.2023  | 19,70                       | 10,60                      | 288,30                           | 5,85  | 44,85   | 11826,15                                  | 691,85     | 15799,73                                 | 924,19     | 9460,92         | 553,48     |
| 6.11.2023  | 19,10                       | 9,50                       | 287,45                           | 6,70  | 45,70   | 13544,47                                  | 792,38     | 18095,42                                 | 1058,48    | 10835,58        | 633,90     |
| 7.11.2023  | 18,50                       | 8,60                       | 286,70                           | 7,45  | 46,45   | 15060,65                                  | 881,08     | 20121,02                                 | 1176,96    | 12048,52        | 704,86     |
| 8.11.2023  | 13,50                       | 5,20                       | 282,50                           | 11,65   | 50,65   | 23551,21                                  | 1377,79    | 31464,42                                 | 1840,49    | 18840,97        | 1102,23    |
| 9.11.2023  | 14,60                       | 3,90                       | 282,40                           | 11,75   | 50,75   | 23753,37                                  | 1389,62    | 31734,50                                 | 1856,29    | 19002,70        | 1111,70    |
| 10.11.2023 | 12,60                       | 5,10                       | 282,00                           | 12,15   | 51,15   | 24561,99                                  | 1436,93    | 32814,82                                 | 1919,48    | 19649,60        | 1149,54    |
| 11.11.2023 | 10,80                       | 4,30                       | 280,70                           | 13,45   | 52,45   | 27190,03                                  | 1590,67    | 36325,88                                 | 2124,86    | 21752,02        | 1272,54    |
| 12.11.2023 | 11,80                       | 1,00                       | 279,55                           | 14,60   | 53,60   | 29514,82                                  | 1726,68    | 39431,81                                 | 2306,54    | 23611,86        | 1381,34    |
| 13.11.2023 | 13,60                       | 3,80                       | 281,85                           | 12,30   | 51,30   | 24865,23                                  | 1454,66    | 33219,95                                 | 1943,18    | 19892,18        | 1163,73    |
| 14.11.2023 | 18,20                       | 10,10                      | 287,30                           | 6,85  | 45,85   | 13847,71                                  | 810,12     | 18500,54                                 | 1082,18    | 11078,17        | 648,09     |
| 15.11.2023 | 15,10                       | 7,30                       | 284,35                           | 9,80  | 48,80   | 19811,32                                  | 1159,00    | 26467,92                                 | 1548,22    | 15849,06        | 927,20     |
| 16.11.2023 | 14,40                       | 4,40                       | 282,55                           | 11,60   | 50,60   | 23450,13                                  | 1371,88    | 31329,38                                 | 1832,59    | 18760,11        | 1097,50    |
| 17.11.2023 | 11,60                       | 5,10                       | 281,50                           | 12,65   | 51,65   | 25572,78                                  | 1496,06    | 34165,23                                 | 1998,47    | 20458,22        | 1196,85    |
| 18.11.2023 | 8,50                        | 2,30                       | 278,55                           | 15,60   | 54,60   | 31536,39                                  | 1844,94    | 42132,61                                 | 2464,52    | 25229,11        | 1475,95    |
| 19.11.2023 | 8,80                        | -0,90                      | 277,10                           | 17,05   | 56,05   | 34467,65                                  | 2016,43    | 46048,79                                 | 2693,59    | 27574,12        | 1613,14    |
| 20.11.2023 | 14,10                       | 1,20                       | 280,80                           | 13,35   | 52,35   | 26987,87                                  | 1578,84    | 36055,80                                 | 2109,06    | 21590,30        | 1263,07    |
| 21.11.2023 | 9,10                        | 6,20                       | 280,80                           | 13,35   | 52,35   | 26987,87                                  | 1578,84    | 36055,80                                 | 2109,06    | 21590,30        | 1263,07    |
| 22.11.2023 | 8,90                        | 1,70                       | 278,45                           | 15,70   | 54,70   | 31738,54                                  | 1856,77    | 42402,70                                 | 2480,32    | 25390,84        | 1485,41    |
| 23.11.2023 | 7,20                        | 0,70                       | 277,10                           | 17,05   | 56,05   | 34467,65                                  | 2016,43    | 46048,79                                 | 2693,59    | 27574,12        | 1613,14    |
| 24.11.2023 | 9,30                        | 0,70                       | 278,15                           | 16,00   | 55,00   | 32345,01                                  | 1892,25    | 43212,94                                 | 2527,71    | 25876,01        | 1513,80    |
| 25.11.2023 | 5,50                        | -0,60                      | 275,60                           | 18,55   | 57,55   | 37500,00                                  | 2193,82    | 50100,00                                 | 2930,56    | 30000,00        | 1755,06    |
| 26.11.2023 | 4,80                        | -1,90                      | 274,60                           | 19,55   | 58,55   | 39521,56                                  | 2312,09    | 52800,81                                 | 3088,55    | 31617,25        | 1849,67    |
| 27.11.2023 | 8,20                        | -2,00                      | 276,25                           | 17,90   | 56,90   | 36185,98                                  | 2116,95    | 48344,47                                 | 2827,88    | 28948,79        | 1693,56    |
| 28.11.2023 | 7,10                        | 3,40                       | 278,40                           | 15,75   | 54,75   | 31839,62                                  | 1862,68    | 42537,74                                 | 2488,21    | 25471,70        | 1490,14    |
| 29.11.2023 | 4,70                        | -1,40                      | 274,80                           | 19,35   | 58,35   | 39117,25                                  | 2288,44    | 52260,65                                 | 3056,95    | 31293,80        | 1830,75    |
| 30.11.2023 | 11,80                       | -0,50                      | 278,80                           | 15,35   | 54,35   | 31031,00                                  | 1815,37    | 41457,41                                 | 2425,02    | 24824,80        | 1452,30    |
| 1.12.2023  | 20,10                       | 7,00                       | 286,70                           | 7,45  | 46,45   | 15060,65                                  | 881,08     | 20121,02                                 | 1176,96    | 12048,52        | 704,86     |
| 2.12.2023  | 19,10                       | 1,20                       | 283,30                           | 10,85   | 49,85   | 21933,96                                  | 1283,18    | 29303,77                                 | 1714,10    | 17547,17        | 1026,54    |
| 3.12.2023  | 2,80                        | -4,20                      | 272,45                           | 21,70   | 60,70   | 43867,92                                  | 2566,36    | 58607,55                                 | 3428,21    | 35094,34        | 2053,09    |
| 4.12.2023  | 2,50                        | -5,30                      | 271,75                           | 22,40   | 61,40   | 45283,02                                  | 2649,15    | 60498,11                                 | 3538,79    | 36226,42        | 2119,32    |
| 5.12.2023  | 7,70                        | -1,80                      | 276,10                           | 18,05   | 57,05   | 36489,22                                  | 2134,69    | 48749,60                                 | 2851,57    | 29191,37        | 1707,75    |
| 6.12.2023  | 2,50                        | 0,80                       | 274,80                           | 19,35   | 58,35   | 39117,25                                  | 2288,44    | 52260,65                                 | 3056,95    | 31293,80        | 1830,75    |
| 7.12.2023  | 4,40                        | -0,10                      | 275,30                           | 18,85   | 57,85   | 38106,47                                  | 2229,30    | 50910,24                                 | 2977,96    | 30485,18        | 1783,44    |
| 8.12.2023  | 3,90                        | -2,60                      | 273,80                           | 20,35   | 59,35   | 41138,81                                  | 2406,70    | 54961,46                                 | 3214,93    | 32911,05        | 1925,36    |
| 9.12.2023  | 3,10                        | -2,80                      | 273,30                           | 20,85   | 59,85   | 42149,60                                  | 2465,83    | 56311,86                                 | 3293,92    | 33719,68        | 1972,67    |
| 10.12.2023 | 4,00                        | -2,70                      | 273,80                           | 20,35   | 59,35   | 41138,81                                  | 2406,70    | 54961,46                                 | 3214,93    | 32911,05        | 1925,36    |
| 11.12.2023 | 8,80                        | 0,70                       | 277,90                           | 16,25   | 55,25   | 32850,40                                  | 1921,81    | 43888,14                                 | 2567,21    | 26280,32        | 1537,45    |
| 12.12.2023 | 11,90                       | 3,10                       | 280,65                           | 13,50   | 52,50   | 27291,11                                  | 1596,58    | 36460,92                                 | 2132,76    | 21832,88        | 1277,27    |
| 13.12.2023 | 11,50                       | 7,30                       | 282,55                           | 11,60   | 50,60   | 23450,13                                  | 1371,88    | 31329,38                                 | 1832,59    | 18760,11        | 1097,50    |
| 14.12.2023 | 9,70                        | 5,10                       | 280,55                           | 13,60   | 52,60   | 27493,26                                  | 1608,41    | 36731,00                                 | 2148,55    | 21994,61        | 1286,73    |
| 15.12.2023 | 7,50                        | 2,50                       | 278,15                           | 16,00   | 55,00   | 32345,01                                  | 1892,25    | 43212,94                                 | 2527,71    | 25876,01        | 1513,80    |
| 16.12.2023 | 5,60                        | -2,50                      | 274,70                           | 19,45   | 58,45   | 39319,41                                  | 2300,26    | 52530,73                                 | 3072,75    | 31455,53        | 1840,21    |
| 17.12.2023 | 7,50                        | -2,30                      | 275,75                           | 18,40   | 57,40   | 37196,77                                  | 2176,08    | 49694,88                                 | 2906,87    | 29757,41        | 1740,87    |
| 18.12.2023 | 10,30                       | -1,60                      | 277,50                           | 16,65   | 55,65   | 33659,03                                  | 1969,12    | 44968,46                                 | 2630,40    | 26927,22        | 1575,30    |
| 19.12.2023 | 9,30                        | -2,10                      | 276,75                           | 17,40   | 56,40   | 35175,20                                  | 2057,82    | 46994,07                                 | 2748,88    | 28140,16        | 1646,25    |
| 20.12.2023 | 5,20                        | -1,50                      | 275,00                           | 19,15   | 58,15   | 38712,94                                  | 2264,78    | 51720,49                                 | 3025,35    | 30970,35        | 1811,83    |
| 21.12.2023 | 9,90                        | 0,00                       | 278,10                           | 16,05   | 55,05   | 32446,09                                  | 1898,16    | 43347,98                                 | 2535,61    | 25956,87        | 1518,53    |
| 22.12.2023 | 9,40                        | 4,10                       | 279,90                           | 14,25   | 53,25   | 28807,28                                  | 1685,28    | 38486,52                                 | 2251,24    | 23045,82        | 1348,23    |
| 23.12.2023 | 6,20                        | 2,80                       | 277,65                           | 16,50   | 55,50   | 33355,80                                  | 1951,38    | 44563,34                                 | 2606,70    | 26684,64        | 1561,10    |
| 24.12.2023 | 11,80                       | 4,10                       | 281,10                           | 13,05   | 52,05   | 26381,40                                  | 1543,36    | 35245,55                                 | 2061,66    | 21105,12        |            |

|           |       |       |        |       |       |          |         |          |         |          |         |
|-----------|-------|-------|--------|-------|-------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|
| 6.1.2024  | 14,80 | 8,10  | 284,60 | 9,55  | 48,55 | 19305,93 | 1129,43 | 25792,72 | 1508,73 | 15444,74 | 903,55  |
| 7.1.2024  | 9,50  | 0,00  | 277,90 | 16,25 | 55,25 | 32850,40 | 1921,81 | 43888,14 | 2567,21 | 26280,32 | 1537,45 |
| 8.1.2024  | -0,40 | -3,10 | 271,40 | 22,75 | 61,75 | 45990,57 | 2690,54 | 61443,40 | 3594,09 | 36792,45 | 2152,43 |
| 9.1.2024  | -2,00 | -5,10 | 269,60 | 24,55 | 63,55 | 49629,38 | 2903,42 | 66304,85 | 3878,45 | 39703,50 | 2322,73 |
| 10.1.2024 | -1,50 | -7,30 | 268,75 | 25,40 | 64,40 | 51347,71 | 3003,94 | 68600,54 | 4012,74 | 41078,17 | 2403,15 |
| 11.1.2024 | -1,50 | -9,10 | 267,85 | 26,30 | 65,30 | 53167,12 | 3110,38 | 71031,27 | 4154,92 | 42533,69 | 2488,30 |
| 12.1.2024 | 0,80  | -3,90 | 271,60 | 22,55 | 61,55 | 45586,25 | 2666,89 | 60903,23 | 3562,49 | 36469,00 | 2133,51 |
| 13.1.2024 | 4,20  | -4,50 | 273,00 | 21,15 | 60,15 | 42756,06 | 2501,31 | 57122,10 | 3341,32 | 34204,85 | 2001,05 |
| 14.1.2024 | 5,10  | -4,90 | 273,25 | 20,90 | 59,90 | 42250,67 | 2471,75 | 56446,90 | 3301,82 | 33800,54 | 1977,40 |
| 15.1.2024 | 4,00  | 0,00  | 275,15 | 19,00 | 58,00 | 38409,70 | 2247,04 | 51315,36 | 3001,66 | 30727,76 | 1797,63 |
| 16.1.2024 | 5,90  | -1,70 | 275,25 | 18,90 | 57,90 | 38207,55 | 2235,22 | 51045,28 | 2985,86 | 30566,04 | 1788,17 |
| 17.1.2024 | 9,40  | -2,50 | 276,60 | 17,55 | 56,55 | 35478,44 | 2075,56 | 47399,19 | 2772,58 | 28382,75 | 1660,45 |
| 18.1.2024 | 17,40 | 8,60  | 286,15 | 8,00  | 47,00 | 16172,51 | 946,12  | 21606,47 | 1263,85 | 12938,01 | 756,90  |
| 19.1.2024 | 9,70  | -1,10 | 277,45 | 16,70 | 55,70 | 33760,11 | 1975,03 | 45103,50 | 2638,30 | 27008,09 | 1580,03 |
| 20.1.2024 | 2,70  | -4,60 | 272,20 | 21,95 | 60,95 | 44373,32 | 2595,93 | 59282,75 | 3467,70 | 35498,65 | 2076,74 |
| 21.1.2024 | 3,90  | -4,80 | 272,70 | 21,45 | 60,45 | 43362,53 | 2536,79 | 57932,35 | 3388,71 | 34690,03 | 2029,43 |
| 22.1.2024 | 5,90  | -4,70 | 273,75 | 20,40 | 59,40 | 41239,89 | 2412,61 | 55096,50 | 3222,83 | 32991,91 | 1930,09 |
| 23.1.2024 | 8,10  | -2,80 | 275,80 | 18,35 | 57,35 | 37095,69 | 2170,17 | 49559,84 | 2898,97 | 29676,55 | 1736,14 |
| 24.1.2024 | 8,90  | -1,60 | 276,80 | 17,35 | 56,35 | 35074,12 | 2051,91 | 46859,03 | 2740,99 | 28059,30 | 1641,52 |
| 25.1.2024 | 12,10 | 4,00  | 281,20 | 12,95 | 51,95 | 26179,25 | 1531,54 | 34975,47 | 2045,87 | 20943,40 | 1225,23 |
| 26.1.2024 | 9,80  | 1,70  | 278,90 | 15,25 | 54,25 | 30828,84 | 1803,55 | 41187,33 | 2409,22 | 24663,07 | 1442,84 |
| 27.1.2024 | 9,00  | 3,00  | 279,15 | 15,00 | 54,00 | 30323,45 | 1773,98 | 40512,13 | 2369,73 | 24258,76 | 1419,19 |
| 28.1.2024 | 8,20  | 0,50  | 277,50 | 16,65 | 55,65 | 33659,03 | 1969,12 | 44968,46 | 2630,40 | 26927,22 | 1575,30 |
| 29.1.2024 | 6,90  | -3,70 | 274,75 | 19,40 | 58,40 | 39218,33 | 2294,35 | 52395,69 | 3064,85 | 31374,66 | 1835,48 |
| 30.1.2024 | 6,60  | -3,10 | 274,90 | 19,25 | 58,25 | 38915,09 | 2276,61 | 51990,57 | 3041,15 | 31132,08 | 1821,29 |
| 31.1.2024 | 6,70  | -4,30 | 274,35 | 19,80 | 58,80 | 40026,95 | 2341,66 | 53476,01 | 3128,04 | 32021,56 | 1873,32 |
| 1.2.2024  | 10,10 | -3,60 | 276,40 | 17,75 | 56,75 | 35882,75 | 2099,21 | 47939,35 | 2804,18 | 28706,20 | 1679,37 |
| 2.2.2024  | 9,20  | 1,40  | 278,45 | 15,70 | 54,70 | 31738,54 | 1856,77 | 42402,70 | 2480,32 | 25390,84 | 1485,41 |
| 3.2.2024  | 12,90 | 3,70  | 281,45 | 12,70 | 51,70 | 25673,85 | 1501,97 | 34300,27 | 2006,37 | 20539,08 | 1201,58 |
| 4.2.2024  | 14,60 | 3,70  | 282,30 | 11,85 | 50,85 | 23955,53 | 1401,45 | 32004,58 | 1872,09 | 19164,42 | 1121,16 |
| 5.2.2024  | 16,20 | 4,50  | 283,50 | 10,65 | 49,65 | 21529,65 | 1259,53 | 28763,61 | 1682,51 | 17223,72 | 1007,62 |
| 6.2.2024  | 16,20 | 2,00  | 282,25 | 11,90 | 50,90 | 24056,60 | 1407,36 | 32139,62 | 1879,98 | 19245,28 | 1125,89 |
| 7.2.2024  | 16,10 | 7,00  | 284,70 | 9,45  | 48,45 | 19103,77 | 1117,61 | 25522,64 | 1492,93 | 15283,02 | 894,09  |
| 8.2.2024  | 16,80 | 7,40  | 285,25 | 8,90  | 47,90 | 17991,91 | 1052,56 | 24037,20 | 1406,04 | 14393,53 | 842,05  |
| 9.2.2024  | 16,90 | 8,50  | 285,85 | 8,30  | 47,30 | 16778,98 | 981,60  | 22416,71 | 1311,25 | 13423,18 | 785,28  |
| 10.2.2024 | 18,10 | 10,20 | 287,30 | 6,85  | 45,85 | 13847,71 | 810,12  | 18500,54 | 1082,18 | 11078,17 | 648,09  |
| 11.2.2024 | 17,50 | 8,60  | 286,20 | 7,95  | 46,95 | 16071,43 | 940,21  | 21471,43 | 1255,96 | 12857,14 | 752,17  |
| 12.2.2024 | 10,60 | 5,80  | 281,35 | 12,80 | 51,80 | 25876,01 | 1513,80 | 34570,35 | 2022,17 | 20700,81 | 1211,04 |
| 13.2.2024 | 11,30 | 4,00  | 280,80 | 13,35 | 52,35 | 26987,87 | 1578,84 | 36055,80 | 2109,06 | 21990,30 | 1263,07 |
| 14.2.2024 | 10,40 | 0,90  | 278,80 | 15,35 | 54,35 | 31031,00 | 1815,37 | 41457,41 | 2425,02 | 24824,80 | 1452,30 |
| 15.2.2024 | 13,30 | 1,50  | 280,55 | 13,60 | 52,60 | 27493,26 | 1608,41 | 36731,00 | 2148,55 | 21994,61 | 1286,73 |
| 16.2.2024 | 14,10 | 2,70  | 281,55 | 12,60 | 51,60 | 25471,70 | 1490,14 | 34030,19 | 1990,57 | 20377,36 | 1192,12 |
| 17.2.2024 | 14,40 | 0,20  | 280,45 | 13,70 | 52,70 | 27695,42 | 1620,24 | 37001,08 | 2164,35 | 22156,33 | 1296,19 |
| 18.2.2024 | 13,40 | 3,00  | 281,35 | 12,80 | 51,80 | 25876,01 | 1513,80 | 34570,35 | 2022,17 | 20700,81 | 1211,04 |
| 19.2.2024 | 13,00 | 0,70  | 280,00 | 14,15 | 53,15 | 28605,12 | 1673,46 | 38216,44 | 2235,44 | 22884,10 | 1338,76 |
| 20.2.2024 | 12,50 | 4,70  | 281,75 | 12,40 | 51,40 | 25067,39 | 1466,49 | 33490,03 | 1958,98 | 20053,91 | 1173,19 |
| 21.2.2024 | 12,20 | 4,40  | 281,45 | 12,70 | 51,70 | 25673,85 | 1501,97 | 34300,27 | 2006,37 | 20539,08 | 1201,58 |
| 22.2.2024 | 16,00 | 3,10  | 282,70 | 11,45 | 50,45 | 23146,90 | 1354,14 | 30924,26 | 1808,89 | 18517,52 | 1083,31 |
| 23.2.2024 | 15,40 | 9,50  | 285,60 | 8,55  | 47,55 | 17284,37 | 1011,17 | 23091,91 | 1350,74 | 13827,49 | 808,94  |
| 24.2.2024 | 13,50 | 7,10  | 283,45 | 10,70 | 49,70 | 21630,73 | 1265,44 | 28898,65 | 1690,41 | 17304,58 | 1012,35 |
| 25.2.2024 | 14,00 | 5,40  | 282,85 | 11,30 | 50,30 | 22843,67 | 1336,40 | 30519,14 | 1785,20 | 18274,93 | 1069,12 |
| 26.2.2024 | 17,00 | 5,10  | 284,20 | 9,95  | 48,95 | 20114,56 | 1176,74 | 26873,05 | 1571,92 | 16091,64 | 941,39  |
| 27.2.2024 | 17,80 | 6,20  | 285,15 | 9,00  | 48,00 | 18194,07 | 1064,39 | 24307,28 | 1421,84 | 14555,26 | 851,51  |
| 28.2.2024 | 17,60 | 7,00  | 285,45 | 8,70  | 47,70 | 17587,60 | 1028,91 | 23497,04 | 1374,44 | 14070,08 | 823,13  |
| 29.2.2024 | 14,60 | 5,80  | 283,35 | 10,80 | 49,80 | 21832,88 | 1277,27 | 29168,73 | 1706,20 | 17466,31 | 1021,81 |
| 1.3.2024  | 17,80 | 8,40  | 286,25 | 7,90  | 46,90 | 15970,35 | 934,30  | 21336,39 | 1248,06 | 12776,28 | 747,44  |
| 2.3.2024  | 15,90 | 7,00  | 284,60 | 9,55  | 48,55 | 19305,93 | 1129,43 | 25792,72 | 1508,73 | 15444,74 | 903,55  |
| 3.3.2024  | 17,40 | 5,50  | 284,60 | 9,55  | 48,55 | 19305,93 | 1129,43 | 25792,72 | 1508,73 | 15444,74 | 903,55  |
| 4.3.2024  | 16,40 | 4,10  | 283,40 | 10,75 | 49,75 | 21731,81 | 1271,35 | 29033,69 | 1698,31 | 17385,44 | 1017,08 |
| 5.3.2024  | 15,50 | 2,80  | 282,30 | 11,85 | 50,85 | 23955,53 | 1401,45 | 32004,58 | 1872,09 | 19164,42 | 1121,16 |
| 6.3.2024  | 15,20 | 3,40  | 282,45 | 11,70 | 50,70 | 23652,29 | 1383,71 | 31599,46 | 1848,39 | 18921,83 | 1106,96 |
| 7.3.2024  | 9,60  | 4,60  | 280,25 | 13,90 | 52,90 | 28099,73 | 1643,89 | 37541,24 | 2195,95 | 22479,78 | 1315,11 |
| 8.3.2024  | 10,10 | 3,60  | 280,00 | 14,15 | 53,15 | 28605,12 | 1673,46 | 38216,44 | 2235,44 | 22884,10 | 1338,76 |
| 9.3.2024  | 14,50 | 2,90  | 281,85 | 12,30 | 51,30 | 24865,23 | 1454,66 | 33219,95 | 1943,18 | 19892,18 | 1163,73 |
| 10.3.2024 | 19,00 | 6,80  | 286,05 | 8,10  | 47,10 | 16374,66 | 957,95  | 21876,55 | 1279,65 | 13099,73 | 766,36  |
| 11.3.2024 | 18,00 | 7,00  | 285,65 | 8,50  | 47,50 | 17183,29 | 1005,26 | 22956,87 | 1342,85 | 13746,63 | 804,20  |
| 12.3.2024 | 11,30 | 5,60  | 281,60 | 12,55 | 51,55 | 25370,62 | 1484,23 | 33895,15 | 1982,67 | 20296,50 | 1187,39 |
| 13.3.2024 | 13,50 | 7,30  | 283,50 | 10,60 | 49,60 | 21428,57 | 1253,61 | 28628,57 | 1674,61 | 17142,86 | 1002,89 |
| 14.3.2024 | 14,10 | 4,00  | 282,20 | 11,95 | 50,95 | 24157,68 | 1413,27 | 32274,66 | 1887,88 | 19326,15 | 1130,62 |
| 15.3.2024 | 17,50 | 8,10  | 285,95 | 8,20  | 47,20 | 16576,82 | 969,78  | 22146,63 | 1295,45 | 13261,46 | 775,82  |
| 16.3.2024 | 16,70 | 7,70  | 285,35 | 8,80  | 47,80 | 17789,76 | 1040,74 | 23767,12 | 1390,24 | 14231,81 | 832,59  |
| 17.3.2024 | 15,70 | 6,90  | 284,45 | 9,70  | 48,70 | 19609,16 | 1147,17 | 26197,84 | 1532,42 | 15687,33 | 917,74  |
| 18.3.2024 | 14,20 | 5,80  | 283,15 | 11,00 | 50,00 | 22237,20 | 1300,92 | 29708,89 | 1737,80 | 17789,76 | 1040,74 |
| 19.3.2024 | 9,10  | 1,60  | 278,50 | 15,65 | 54,65 | 31637,47 | 1850,85 | 42267,65 | 2472,42 | 25309,97 | 1480,68 |
| 20.3.2024 | 13,10 | -1,00 | 279,20 | 14,95 | 53,95 | 30222,37 | 1768,07 | 40377,09 | 2361,83 | 24177,90 | 1414,45 |
| 21.3.2024 | 17,70 | 1,70  | 282,85 | 11,30 | 50,30 | 22843,67 | 1336,40 | 30519,14 | 1785,20 | 18274,93 | 1069,12 |
| 22.3.2024 | 18,30 | 6,00  | 285,30 | 8,85  | 47,85 | 17890,84 | 1046,65 | 23902,16 | 1398,14 | 14312,67 | 837,32  |
| 23.3.2024 | 21,40 | 6,00  | 286,85 | 7,30  | 46,30 | 14757,41 | 863,34  | 19715,90 | 1153,27 | 11805,93 | 690,67  |
| 24.3.2024 | 9,60  | 3,20  | 279,55 | 14,60 | 53,60 | 29514,82 | 1726,68 | 39431,81 | 2306,54 | 23611,86 | 1381,34 |
| 25.3.2024 | 13,70 | 2,40  | 281,20 | 12,95 | 51,95 | 26179,25 | 1531,54 | 34975,47 | 2045,87 | 20943,40 | 1225,23 |
| 26.3.2024 | 17,10 | 4,90  | 284,15 | 10,00 | 49,00 | 20215,63 | 1182,65 | 27008,09 | 1579,82 | 16172,51 | 946,12  |
| 27.3.2024 | 21,20 | 8,20  | 287,85 | 6,30  | 45,30 | 12735,85 | 745,07  | 17015,09 | 995,29  | 10188,68 | 596,06  |
| 28.3.2024 | 19,30 | 9,80  | 287,70 | 6,45  | 45,45 | 13039,08 | 762,81  | 17420,22 | 1018,98 | 10431,27 | 610,25  |
| 29.3.2024 | 22,60 | 8,60  | 288,75 | 5,40  | 44,40 | 10916,44 | 638,63  | 14584,37 | 853,10  | 8733,15  | 510,91  |
| 30.3.2024 | 25,60 | 10,40 | 291,15 | 3,00  | 42,00 | 6064,69  | 354,80  | 8102,43  | 473,95  | 4851,75  | 283,84  |
| 31.3.2024 | 27,00 | 13,70 | 293,50 | 0,65  | 39,65 | 1314,02  | 76,87   | 1755,53  | 102,69  | 1051,21  | 61,50   |
| 1.4.2024  | 27,80 | 13,20 | 293,65 | 0,50  | 39,50 | 1010,78  | 59,13   |          |         |          |         |

Iz dobiveni podataka iz prethodne tablice napravljeni su grafički prikazi potrošnje energije u zadanom vremenskom periodu za sustav grijanja i PTV-a ovisno o tipu podstanice, te su prikazani na slikama 5.1 i 5.2..



Slika 5.1 Graf potrošnje energije grijanja s obzirom na vrstu sistema [autor]



Slika 5.2 Graf potrošnje energije PTV-a s obzirom na vrstu sistema [autor]

Iz prethodno prikazanih grafova, evidentno je da se najveća potrošnja energije dešava u indirektnom sustavu s cijevnim izmjenjivačem. Ovo je posljedica njegove niže efikasnosti u odnosu na indirektni sustav s pločastim izmjenjivačem topline. Direktni sustav je najefikasniji jer nema gubitaka topline u izmjenjivaču. Ova karakteristika mu predstavlja značajnu prednost u smislu energetske efikasnosti. Međutim, direktni sustav ima jednu veliku sigurnosnu manu – postoji mogućnost prodiranja visokog tlaka u sistem podstanice, što može dovesti do ozbiljnih sigurnosnih rizika.

## 5.1. Usporedba troška rada toplinske podstanice prema energentu

Pravilni odabir energenta za grijanje toplinske podstanice predstavlja ključnu odluku zbog varijabilnih cijena energenata i njihovog dugotrajnog utjecaja na operativne troškove. Pravilnim odabirom energenata, mogu se značajno smanjiti troškovi rada sustava grijanja.

U ovoj analizi provedenoj u nastavku, uspoređeni su troškovi rada toplinske podstanice korištenjem različitih energenata:

- Struja
- Plin
- Dizalicu topline na struju s COP-om od 3.

Cijene za struju i plin uzete su iz statističkih podataka izvora broj. [20], te su prikazani u tablici broj. 13.

| Energent                   | EUR/kWh |
|----------------------------|---------|
| Plin                       | 0,04    |
| Struja                     | 0,10    |
| Dizalica topline s (COP 3) | 0,03    |

Tablica 13 Cijena energenata [20]

Na temelju podataka prikazanih u prethodnoj tablici, napravljena je detaljna usporedba troška rada pojedine podstanice s obzirom na vrstu energenta prikazana u tablici broj 14.

| Tip Sustava  | Namjena sustava | Potrošena energija (kW/h) | Plin (EUR) | Struja (EUR) | Dizalica topline s COP 3 (EUR) |
|--|-----------------|---------------------------|------------|--------------|--------------------------------|
| Indirektni sustav s pločastim izmjenjivačiam topline | Grijanje + ptv  | 4835478,1                 | 193419,12  | 483547,809   | 161182,603                     |
| Indirektni sustav s cijevnim izmjenjivačem topline   | Grijanje + ptv  | 6460151,8                 | 258406,07  | 646015,182   | 215338,3939                    |
| Direktni sustav                                      | Grijanje + ptv  | 3868382,5                 | 154735,30  | 386838,247   | 128946,0824                    |

*Tablica 14 Ekonomski trošak rada pojedine podstanice ovisno o tipu energenta [autor]*

Ova analiza s ekonomskog aspekta ukazuje da je dizalica topline najjeftiniji izvor toplinske energije u sva 3 sistema toplinske podstanice. Te da direktni sustav s dizalicom topline s ekonomskog aspekta je najisplativiji, ali direktni sustav s sigurnosnog aspekta mora biti pažljivo razmotren prilikom odabira odgovarajućeg tipa toplinske podstanice.

S obzirom na ,ekonomičnost, efikasnost i sigurnost najbolji odabir od ova tri bi bio podstanica indirektnog tipa s pločastim izmjenjivačima topline. Međutim ekonomska analiza je napravljena samo s aspekta potrošnje termalne energije. U ovoj analizi nisu uračunati dodatni troškovi kao što su izgradnja same podstanice, potrošnja električne energije pumpi i regulacije. Ovi dodatni troškovi mogu značajno utjecati na ukupnu ekonomsku isplativost projekta i potrebno ih je uzeti u obzir prilikom donošenja konačnih odluka.

## 6. Zaključak

Ovaj diplomski rad obrađuje projektiranje toplinske podstanice za grijanje stambene građevine na lokaciji Osijek, s razmatranjem direktnog i indirektnog sustava podstanice. Cilj je bio analizirati i usporediti oba sustava te predložiti optimalno rješenje uzimajući u obzir energetska učinkovitost, sigurnost i ekonomičnost.

Na temelju svih predstavljenih parametara, predlaže se korištenje indirektnog sustava podstanice prvenstveno iz razloga veće sigurnosti u odnosu na direktni sustav. Indirektni sustav uklanja rizik prodiranja visokog tlaka i temperature u sekundarni sustav, čime se značajno smanjuje mogućnost potencijalnih nesreća i oštećenja sustava. Iako s ekonomskog aspekta indirektni sustav ima nešto nižu ekonomsku isplativost zbog gubitaka u izmjenjivaču i pripadnoj armaturi u usporedbi s direktnim sustavom, njegova rasprostranjenost i poznavanje među projektantima i izvođačima čine ga praktičnijim za implementaciju. Većina modernih postrojenja koristi izmjenjivače topline, dok je upotreba direktnih sustava ograničena zbog manjeg broja stručnjaka koji poznaju potrebnu terminologiju i metode za pravilnu izvedbu. Sam direktni sustav gotovo se više i ne primjenjuje. Direktni sustav može se naći u pojedinim starijim postojanjima, iako zbog sigurnosnog aspekta i u tim postojanjima on se vrlo često zamjenjuje indirektnim sustavom upravo radi sigurnosnih rizika.

Unutar predstavljenih indirektnih sustava u ovome radu, predlaže se korištenje indirektnog sustava s pločastim izmjenjivačima topline. Pločasti izmjenjivači u odnosu na cijevne izmjenjivače zauzimaju značajno manje prostora odnosno kompaktniji su, imaju višu efikasnost, lakše se održavaju, imaju veću dostupnost na tržištu u usporedbi s cijevnim izmjenjivačima, modularni su to jest lako se nadograđuju što dodatno doprinosi njihovoj praktičnosti.

Kao konačni prijedlog za izvedbu toplinske stanice za grijanje stambene građevine i pripremu potrošne tople vode (PTV) na lokaciji Osijek, predlaže se odabir indirektnog sustava s 2 pločasta izmjenjivača prema hidrauličkoj shemi u prilogu broj 21 i prema dispoziciji u prilogu broj 24. Ovakav sustav omogućuje stabilnu i pouzdanu distribuciju toplinske energije, uz minimalne gubitke i optimalnu kontrolu nad temperaturom i tlakom unutar sustava, za ovakav tip postrojenja. U slučaju drugačijeg tipa postrojenja ulazni parametri mogu biti drugačiji te je potrebno ponovno sagledati sve parametre i donijeti ponovno konačni prijedlog.

## 7. Literatura

- [1] P. Jauschowitz Rudolf, HERZ – Sustavi toplovodnog grijanja, Hidraulika, Beč: Herz Armaturen Ges.m.b.H., 2004.
- [2] prof.dr.sc. Damir Mađerić, Predavanja iz kolegija Termodinamika, Varaždin: Sveučilište Sjever, 2020/2021.
- [3] K. Thulukkannam, Heat Exchanger Design Handbook - second edition.
- [4] A. Galović, I. Boras i B. Halasz, Toplinske tablice FSB, Sveučilište u Zagrebu, 2007.
- [5] I. O. f. S. ISO, Bakar i legure bakra -- Bešavne, okrugle bakrene cijevi za vodu i plin za sanitarnu primjenu i grijanje (EN 1057:2006).
- [6] Y. A. CENGEL, HEAT TRANSFER A PRACTICAL APPROACH, 2002.
- [7] Reflex, »Reflex Solution Pro,« Reflex, [Mrežno]. Available: <https://reflex-winkelmann.com/en/services/tools/reflex-solutions-pro>. [Pokušaj pristupa 13 04 2024].
- [8] HEXONIC, »HEXONIC Heat Exchanger,« HEXONIC, [Mrežno]. Available: <https://hexonic.com/en/>. [Pokušaj pristupa 13 04 2024].
- [9] E. C. a. M. A. R. Fábio A.S. Mota, Modeling and Design of Plate Heat Exchanger, IntechOpen, 2015.
- [10] PROSINUSX, »PROSINUSX,« [Mrežno]. Available: <https://prosinusx.sinusverteiler.com>. [Pokušaj pristupa 15 04 2024].
- [11] ISTA, »ISTA,« ISTA, [Mrežno]. Available: [https://www.ista.com/fileadmin/twt\\_customer/countries/content/Germany/Documents/Loesungen/Funk/Waerme\\_-\\_und\\_Kaeltezaehler/81100-VII-17\\_PB\\_Waermezaehler.pdf](https://www.ista.com/fileadmin/twt_customer/countries/content/Germany/Documents/Loesungen/Funk/Waerme_-_und_Kaeltezaehler/81100-VII-17_PB_Waermezaehler.pdf). [Pokušaj pristupa 17 04 2024].
- [12] REGRO, »Wärmezähler Ultraheat® UH50,« REGRO, [Mrežno]. Available: [https://www.regro.at/medias/sys\\_master/sheets/sheets/hf0/h5d/10729755803678/Te-Siemens-MD22-UH50-A05-M3A.pdf](https://www.regro.at/medias/sys_master/sheets/sheets/hf0/h5d/10729755803678/Te-Siemens-MD22-UH50-A05-M3A.pdf). [Pokušaj pristupa 04 17 2024].

- [13] Š. Š. Č. Reknagel, Grejanje i klimatizacija uključujući toplu vodu i tehniku hlađenja, Vranjačka Banja: INTERKLIMA, 2004.
- [14] CALEFFI Hydronic Solutions, »CALEFFI Hydronic Solutions,« [Mrežno]. Available: <https://www.caleffi.com/hr-hr>. [Pokušaj pristupa 21 04 2024].
- [15] D. d. s. P. Donjerković, Osnove regulacije, sustava grijanja, ventilacije i klimatizacije II dio, Zagreb: Alfa d.d., 1996.
- [16] Danfoss d.o.o., »Danfoss,« [Mrežno]. Available: <https://www.danfoss.com/hr-hr/>. [Pokušaj pristupa 21 04 2024].
- [17] Grundfos Croatia d.o.o., »Grundfos,« [Mrežno]. Available: <https://www.grundfos.com/hr>. [Pokušaj pristupa 21 04 2024].
- [18] IMI Hydronic Engineering, »HySelect,« [Mrežno]. Available: <https://www.imi-hydronic.com/software-and-apps/hyselect>. [Pokušaj pristupa 24 04 2024].
- [19] Open-Meteo, »Open-Meteo,« Open-Meteo, 2022-2024. [Mrežno]. Available: <https://open-meteo.com>. [Pokušaj pristupa 25 05 2024].
- [20] European union, »Eurostat,« Eurostat, [Mrežno]. Available: <https://ec.europa.eu/eurostat>. [Pokušaj pristupa 25 05 2024].
- [21] d. Boris Labudović, Priručnik za grijanje, Zagreb: Energetika Marketing d.o.o., 2005.
- [22] HEP ELEKTRA d.o.o., »HEP ELEKTRA,« HEP ELEKTRA, 2016. [Mrežno]. Available: <https://www.hep.hr/elektra/poduzetnistvo/tarifni-modeli-1548/1548>. [Pokušaj pristupa 25 05 2024].
- [23] »Thermopedia,« [Mrežno]. Available: <https://thermopedia.com/content/1121/>.
- [24] prof.dr.sc. Ante Čikić, Predavanja iz kolegija KGH sustavi, Varaždin: Sveučilište Sjever, 2022/2023.



## 8. Popis slika

|  |    |
|--|----|
| Slika 2.1 Dijagram tijeka rješavanja Colebrook - Whiteov-e formule [autor]   | 7  |
| Slika 2.2 Cijevni izmjenjivač topline [2]  | 11 |
| Slika 2.3 R-P-NTU graf za protusmjerni izmjenjivač [3]   | 15 |
| Slika 2.4 F-R-P-NTU graf za protusmjerni izmjenjivač topline [3]   | 15 |
| Slika 2.5 Kvadratni raspored cijevi unutar cijevnog izmjenjivača topline [autor]   | 20 |
| Slika 2.6 Pločasti izmjenjivač topline [2]   | 26 |
| Slika 2.7 Dimenzijski prikaz izmjenjivača topline [9]  | 29 |
| Slika 2.8 R-P-NTU graf za protusmjerni izmjenjivač [3]   | 31 |
| Slika 2.9 F-R-P-NTU graf za protusmjerni izmjenjivač topline [3]   | 31 |
| Slika 2.10 Tehnička specifikacija 300 kW pločastog izmjenjivača topline s naznačenom potrebnom površinom prijenosa topline [7] | 34 |
| Slika 1.11 Hidraulička skretnica [7]   | 38 |
| Slika 2.12 Razdjelnik / sabirnik [7]   | 39 |
| Slika 2.13 Kalorimetar [11]  | 41 |
| Slika 2.14 Troputni miješajući ventil [14]   | 45 |
| Slika 2.15 Troputni skretni ventil [14]  | 45 |
| Slika 2.16 Balansirajući ventil [16]   | 48 |
| Slika 2.17 Podna cirkulacijska pumpa [17]  | 50 |
| Slika 2.18 Cirkulacijska pumpa za montažu na cjevovod [17]   | 50 |
| Slika 2.19 Graf za određivanje postotnog širenja vode u odnosu na $T = 10\text{ °C}$ [13]                                      | 53 |
| Slika 2.20 Vertikalna ekspanzijska posuda s upravljačkom jedinicom [7]   | 54 |
| Slika 2.21 Sigurnosni ventili [13]   | 55 |
| Slika 3.1 Osnovni elementi regulacijskog kruga [15]  | 56 |
| Slika 3.2 Regulacija miješanjem [autor]  | 61 |
| Slika 4.1 Dispozicija indirektnog sustava grijanja i ptv-a (cijevni izmjenjivač) [autor]                                       | 65 |
| Slika 4.2 Dispozicija indirektnog sustava grijanja i ptv-a (pločasti izmjenjivač) [autor]                                      | 66 |
| Slika 4.3 Dispozicija direktnog sustava grijanja i ptv-a [autor]   | 66 |
| Slika 4.1 Graf potrošnje energije grijanja s obzirom na vrstu sistema [autor]  | 70 |
| Slika 4.2 Graf potrošnje energije PTV-a s obzirom na vrstu sistema [autor]   | 70 |

## 9. Popis tablica

|  |    |
|--|----|
| Tablica 1 Dimenzioniranje cjevovoda [autor] .....  | 3  |
| Tablica 2 Smjernice za dimenzioniranje cjevovoda [1] .....                                 | 5  |
| Tablica 3 Specifikacije 300 kW pločastog izmjenjivača topline [7] .....                    | 28 |
| Tablica 4 Specifikacije 2500 kW pločastog izmjenjivača topline [8] .....                   | 35 |
| Tablica 5. Izračun minimalne dimenzije razdjelnika/sabirnika [autor] .....                 | 40 |
| Tablica 6 Odabir kalorimetra [12] .....  | 42 |
| Tablica 7 Odabir kalorimetra [11] .....  | 42 |
| Tablica 8 Izračun padova tlaka [autor] .....   | 44 |
| Tablica 9 Odabir troputnih miješajućih ventila [autor] .....                               | 47 |
| Tablica 10 Odabir balansirajućih ventila [autor] .....                                     | 49 |
| Tablica 11 Odabir pumpi [autor] .....  | 51 |
| Tablica 12 Izračun potrošnje termalne energije toplinske podstanice [autor] .....          | 69 |
| Tablica 13 Cijena energenata [20] .....  | 71 |
| Tablica 14 Ekonomski trošak rada pojedine podstanice ovisno o tipu energenta [autor] ..... | 72 |

## 10. Prilozi

- 1) Tehničke specifikacije pločastog izmjenjivača topline 300 kW [7]
- 2) Tehničke specifikacije pločastog izmjenjivača topline 2500 kW [8]
- 3) Tehničke specifikacije hidrauličke skretnice HS-1 [7]
- 4) Tehničke specifikacije hidrauličke skretnice HS-2 [7]
- 5) Tehnička specifikacija za razdjelnik/sabirnik DN350 [10]
- 6) Tehnička specifikacija za razdjelnik/sabirnik DN300 [10]
- 7) Tehnička specifikacija pumpi P1 & P2 [17]
- 8) Tehnička specifikacija pumpe P3 [17]
- 9) Tehnička specifikacija pumpe P4 [17]
- 10) Tehnička specifikacija pumpe P5 [17]
- 11) Tehnička specifikacija pumpe P6 [17]
- 12) Tehnička specifikacija pumpe P7 [17]
- 13) Tehnička specifikacija pumpi P8 & P9 [17]
- 14) Tehnička specifikacija ekspanzijske posude EX-1 [7]
- 15) Tehnička specifikacija upravljačke jedinice UJ-1 & UJ-2 [7]
- 16) Tehnička specifikacija ekspanzijske posude EX-PTV [7]
- 17) Tehnička specifikacija ekspanzijske posude EX-2 [7]
- 18) Tehnička specifikacija ekspanzijske posude EX-3 [7]
- 19) Tehnička specifikacija sigurnosnih ventila [18]
- 20) Hidraulička shema indirektnog sustava grijanja i PTV-a (cijevni izmjenjivač) [autor]
- 21) Hidraulička shema indirektnog sustava grijanja i PTV-a (pločasti izmjenjivač) [autor]
- 22) Hidraulička shema direktnog sustava grijanja i PTV-a [autor]
- 23) Dispozicija indirektnog sustava grijanja i PTV-a (cijevni izmjenjivač) [autor]
- 24) Dispozicija indirektnog sustava grijanja i PTV-a (pločasti izmjenjivač) [autor]
- 25) Dispozicija direktnog sustava grijanja i PTV-a [autor]
- 26) Izjava o autorstvu

## Reflex Longtherm RMB-31-40, brazed heat exchanger, 230 °C, 30 bar

**reflex**

Thinking solutions.



### Features

|                                  |                  |
|----------------------------------|------------------|
| Type                             | RMB-31-40        |
| Number of plates                 | 40               |
| Plate thickness                  | 0.300000 mm      |
| Volume primary side (k2/k3)      | 0.90 l           |
| Volume secondary side (k4/k1)    | 0.90 l           |
| Plate material                   | AISI 316L        |
| Sealing material                 | copper           |
| max. perm. operating temperature | 230 °C           |
| max. perm. operating pressure    | 30 bar           |
| Max. Spreizung primär/sekundär   | 100 K            |
| Connection                       | AG 1 1/4"        |
| Connection material              | AISI 316L        |
| Connection variant               | Pipe with thread |
| Height                           | 286 mm           |
| Height k2-k3/k4-k1               | 232 mm           |
| Width                            | 123 mm           |
| Width primary-secondary          | 68 mm            |
| Depth                            | 104 mm           |
| Weight                           | 6.15 kg          |

### Description

Reflex Longtherm  
brazed one-way heat exchanger from stainless steel (1.4404) with copper solder vacuum-soldered. Sizes R.B-14 to R.B-110 with threaded connection, R.B-235 with DIN flanged connection.

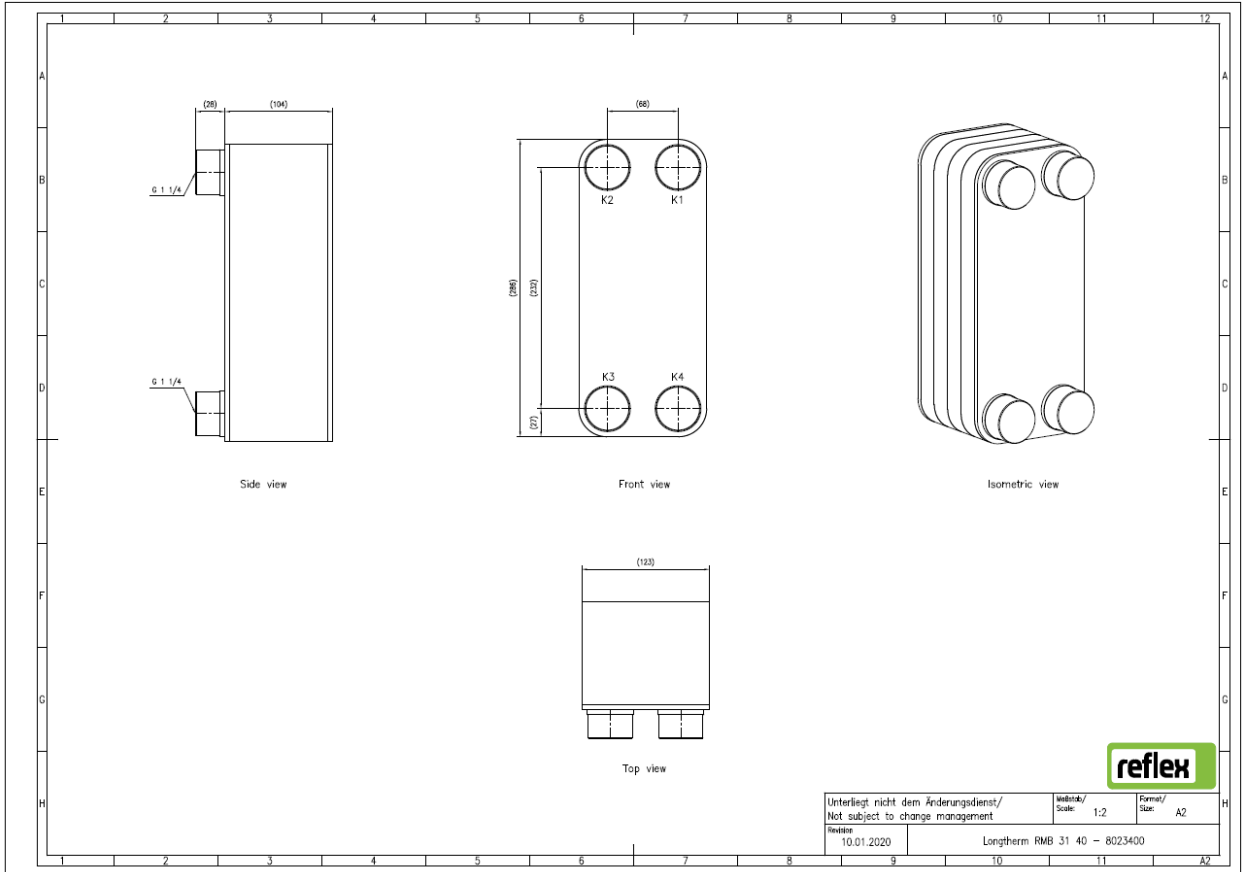
Approval according to Pressure Equipment Directive 2014/68/EC. With CE mark.




Modifications, errors and mistakes are subject to change. • PR1724en / 06 – 17  
Reflex Winkelmann GmbH • Gersteinstrasse 19 • 59227 Ahlen, Germany  
+49 2382 7069-0 • www.reflex.de • info@reflex.de

A **WINKELMANN** BRAND  
BUILDING+INDUSTRY

*Prilog br. 1 Tehničke specifikacije pločastog izmjenjivača topline 300 kW [7]*



Prilog br. 1 Tehničke specifikacije pločastog izmjenjivača topline 300 kW [7]

|  <b>HEAT EXCHANGERS</b> |                       | <b>HEAT EXCHANGERS CALCULATION SHEET</b> |           |
|--|-----------------------|--|-----------|
| Project  | 000000 My new project |  |           |
| Calculation  | 000000 New selection  | 1  |           |
| Prepared   | 2024-04-05            | Prepared by                              |           |
| HEX type   | LE400-40L-DN100.SS    | Catalog Number                           | 0213-0113 |
| Total no. of units   | 1                     | No. of units in series/parallel          | 1 / 1     |
| Estimated lead time (weeks)  | 3                     | Price / Total price                      |           |

## PROJECT DATA SHEET

| INPUT DATA                | Side 1  | Side 2     | UNITS               |
|---------------------------|---------|------------|---------------------|
| Heat load                 |         | 2500.0     | kW                  |
| LMTD                      |         | 39.2       | °C                  |
| Min oversizing            |         | 2.00       | %                   |
| Fluid                     | Water   | Water      |                     |
| Inlet temperature         | 130.0   | 60.0       | °C                  |
| Outlet temperature        | 90.0    | 80.0       | °C                  |
| Mass flow                 | 14.80   | 29.92      | kg/s                |
| Inlet volume flow         | 56.91   | 109.67     | m <sup>3</sup> /h   |
| Outlet volume flow        | 55.17   | 110.88     | m <sup>3</sup> /h   |
| Max pressure drop         | 250.0   | 250.0      | kPa                 |
| Design pressure           | 8.0     | 8.0        | bar                 |
| Design temperature        | 130.0   | 80.0       | °C                  |
| HEAT EXCHANGER            | Side 1  | Side 2     | UNITS               |
| Heat transfer area        |         | 17.1       | m <sup>2</sup>      |
| Fouling factor            |         | 0.16075775 | m <sup>2</sup> K/kW |
| OHTC clean                |         | 9297.1     | W/m <sup>2</sup> K  |
| OHTC fouling              |         | 3726.9     | W/m <sup>2</sup> K  |
| Oversize                  |         | 149.5      | %                   |
| Calc. press. drop         | 54.8    | 194.3      | kPa                 |
| Connections velocity      | 1.98    | 3.90       | m/s                 |
| Internal velocity         | 0.93    | 1.75       | m/s                 |
| Internal Reynolds No.     | 16031   | 19516      |                     |
| Heat transfer coefficient | 21694.6 | 29268.2    | W/m <sup>2</sup> K  |
| PHYSICAL PROPERTIES       | Side 1  | Side 2     | UNITS               |
| Fluid                     | Water   | Water      |                     |
| Ref. temperature          | 110.0   | 70.0       | °C                  |
| Density                   | 951.67  | 977.09     | kg/m <sup>3</sup>   |
| Heat capacity             | 4.22    | 4.18       | kJ/kgK              |
| Thermal conductivity      | 0.685   | 0.662      | W/mK                |
| Dynamic viscosity         | 0.0003  | 0.0004     | Ns/m <sup>2</sup>   |
| Prandtl No.               | 1.57    | 2.54       |                     |

### CAIRO

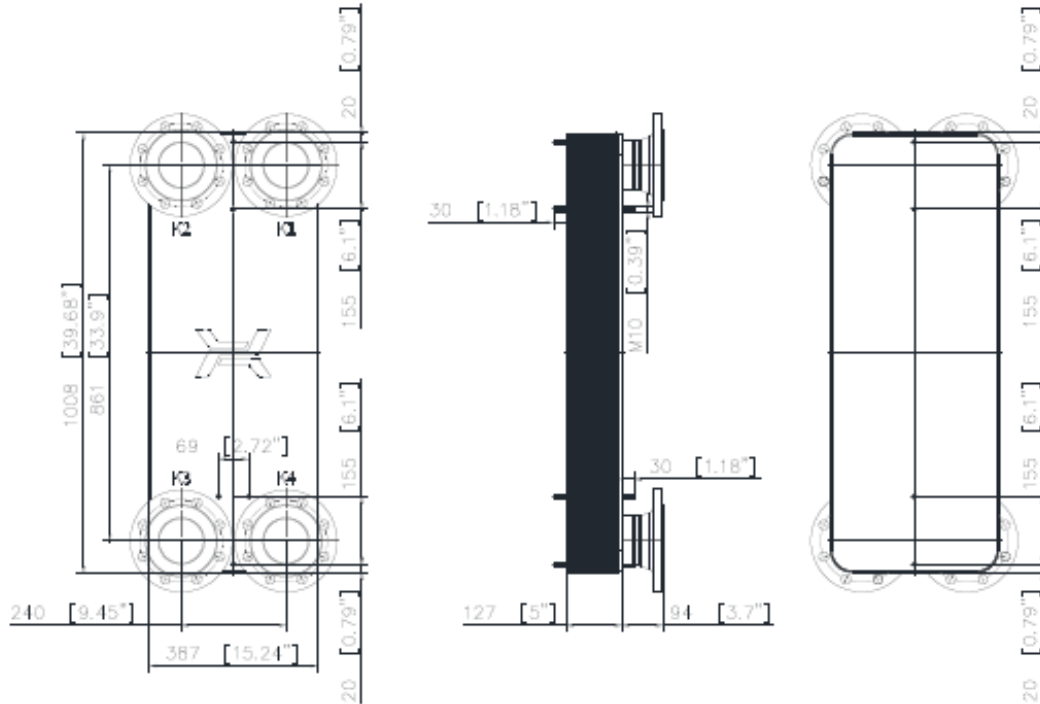
HEXONIC CZ, s.r.o., Na Hurce 1041/2, 161 00 Praha-Ruzyně, T: +420 241 441 963 (office), T: +420 235 315 353 (desk), F: +420 241 440 966, info.cz@hexonic.com [www.hexonic.com](http://www.hexonic.com)  
ver. 1.0.0.99, build 030324

Page 1 of 2

*Prilog br. 2 Tehničke specifikacije pločastog izmjenjivača topline 2500 kW [8]*

**HEXONIC** | HEAT EXCHANGERS **HEAT EXCHANGERS TECHNICAL DATA SHEET**

|             |                       |                |           |
|-------------|-----------------------|----------------|-----------|
| Project     | 000000 My new project |                |           |
| Calculation | 000000 New selection  |                | 1         |
| Prepared    | 2024-04-05            | Prepared by    |           |
| HEX type    | LE400-40L-DN100.SS    | Catalog Number | 0213-0113 |



| WORKING CONDITIONS                | Side 1                      | Side 2 | DESIGN DATA   |
|-----------------------------------|-----------------------------|--------|---------------|
| Max pressure                      | 25                          | 25     | bar           |
| Max temperature                   | 230                         | 230    | °C            |
| Min temperature                   | -195                        | -195   | °C            |
| Fluid group                       | 1                           | 1      |               |
|                                   |                             |        | Side 1 volume |
|                                   |                             |        | 15.6 l        |
|                                   |                             |        | Side 2 volume |
|                                   |                             |        | 16.4 l        |
|                                   |                             |        | Weight        |
|                                   |                             |        | 139.3 kg      |
| CONNECTION TYPES                  | CONNECTIONS LOCATION        |        |               |
| K1 Neck flange DN100 PN40 TYP 11B | <b>Counter-current flow</b> |        |               |
| K2 Neck flange DN100 PN40 TYP 11B | K1 - side 1 inlet           |        |               |
| K3 Neck flange DN100 PN40 TYP 11B | K2 - side 2 outlet          |        |               |
| K4 Neck flange DN100 PN40 TYP 11B | K3 - side 2 inlet           |        |               |
|                                   | K4 - side 1 outlet          |        |               |

## SINUS Hydraulic Separator 500/300, compact design, DN200/PN6, 110.0 m<sup>3</sup>/h, 6 bar, 110 °C



Thinking solutions.



### Features

|                               |                         |
|-------------------------------|-------------------------|
| Type                          | 500/300                 |
| Material                      | S 235 JR                |
| Separator content             | 246.1 L/ffdm            |
| Number of generator circuits  | 1 St.                   |
| Number of consumer circuits   | 1 St.                   |
| Operating temperature         | -10 °C - 110 °C         |
| Operating pressure            | 0 bar - 6 bar           |
| Connection, consumer circuit  | DN200/PN6               |
| Connection, generator circuit | DN200/PN6               |
| Max. volume flow              | 110.0 m <sup>3</sup> /h |
| Chamber size                  | 500/300                 |
| Height                        | 1820 mm                 |
| Weight                        | 251.00 kg               |

### Description

Hydraulic Separator in vertical design. Ensures optimum hydraulic decoupling of the various primary and secondary circuits under all operating conditions. No interacting pumps at partial and full load. Comprising a rectangular chamber made from rectangular hollow section S235 with welded head and bottom.

Four connectors for heat consumers and heat generators from welded steel pipe with weld neck flanges PN 6/ PN 16.

2" threaded nozzle for desludging, W" sleeve for temperature sensor. Standing foot with holes for attachment to the floor.

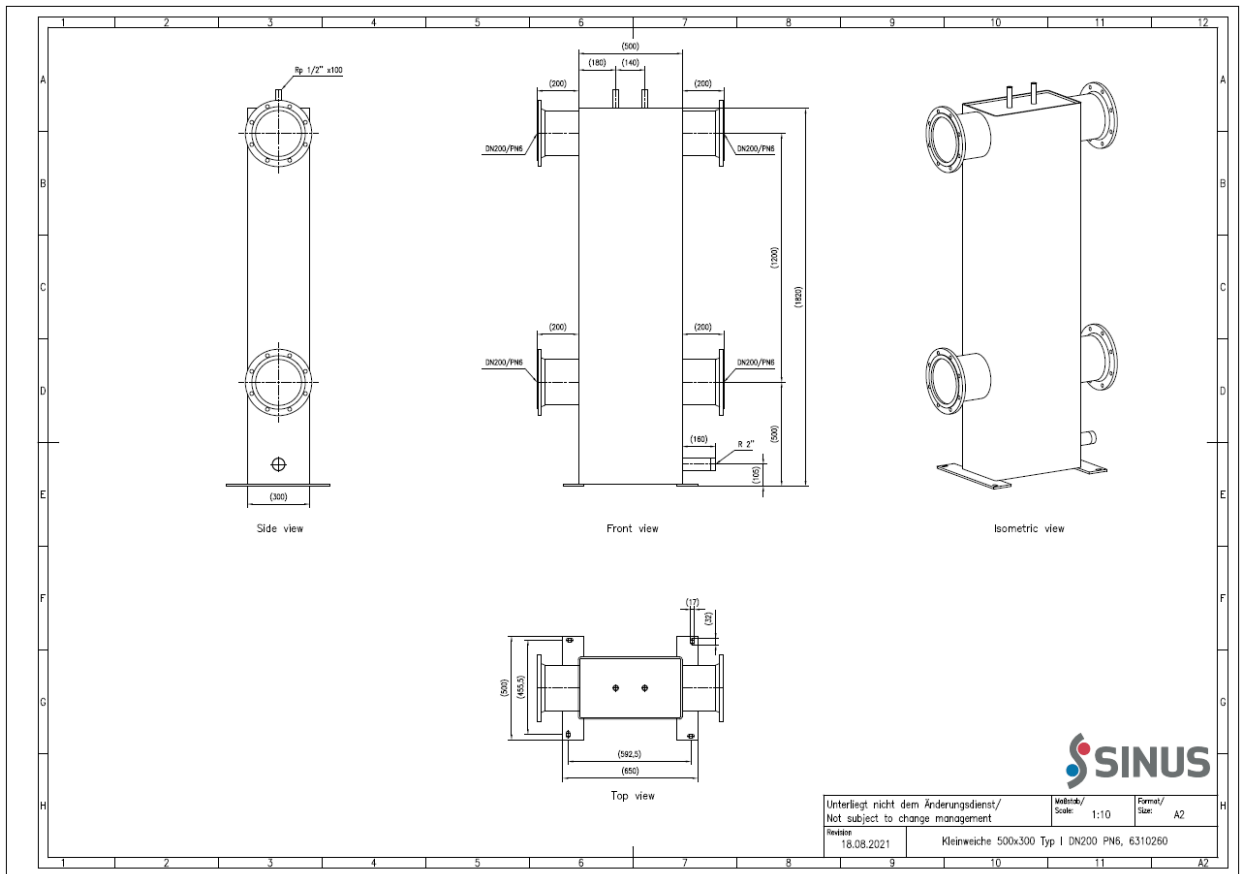
The component is checked for 100% leak-tightness and primed in the factory.



Modifications, errors and mistakes are subject to change. - PR1724en / 06 - 17  
Reflex Winkelmann GmbH - Gersteinstrasse 19 - 59227 Ahlen, Germany  
+49 2382 7069-0 - www.reflex.de - info@reflex.de







Prilog br. 3 Tehničke specifikacije hidrauličke skretnice HS-1 [7]

## SINUS Hydraulic Separator DN400, round design, DN200/PN6, 125.0 m<sup>3</sup>/h, 6 bar, 110 °C



### Features

|                               |                         |
|-------------------------------|-------------------------|
| Type                          | DN400                   |
| Material                      | P 235                   |
| Separator content             | 198.8 L/ldm             |
| Number of generator circuits  | 1 St.                   |
| Number of consumer circuits   | 1 St.                   |
| Operating temperature         | -10 °C - 110 °C         |
| Operating pressure            | 0 bar - 6 bar           |
| Connection, consumer circuit  | DN200/PN6               |
| Connection, generator circuit | DN200/PN6               |
| Max. volume flow              | 125.0 m <sup>3</sup> /h |
| Chamber size                  | DN400                   |
| Height                        | 1900 mm                 |
| Weight                        | 206.00 kg               |

### Description

Hydraulic Separator in vertical design. Ensures optimum hydraulic decoupling of the various primary and secondary circuits under all operating conditions. No interacting pumps at partial and full load. Comprising a vertical round chamber from welded P235 pipe with welded dished boiler ends.

Four connectors for heat consumers and heat generators from welded steel pipe with weld neck flanges PN 6/ PN 16.

2" threaded nozzle for desludging. 1/2" sleeve for temperature sensor. Standing foot with holes for attachment to the floor.

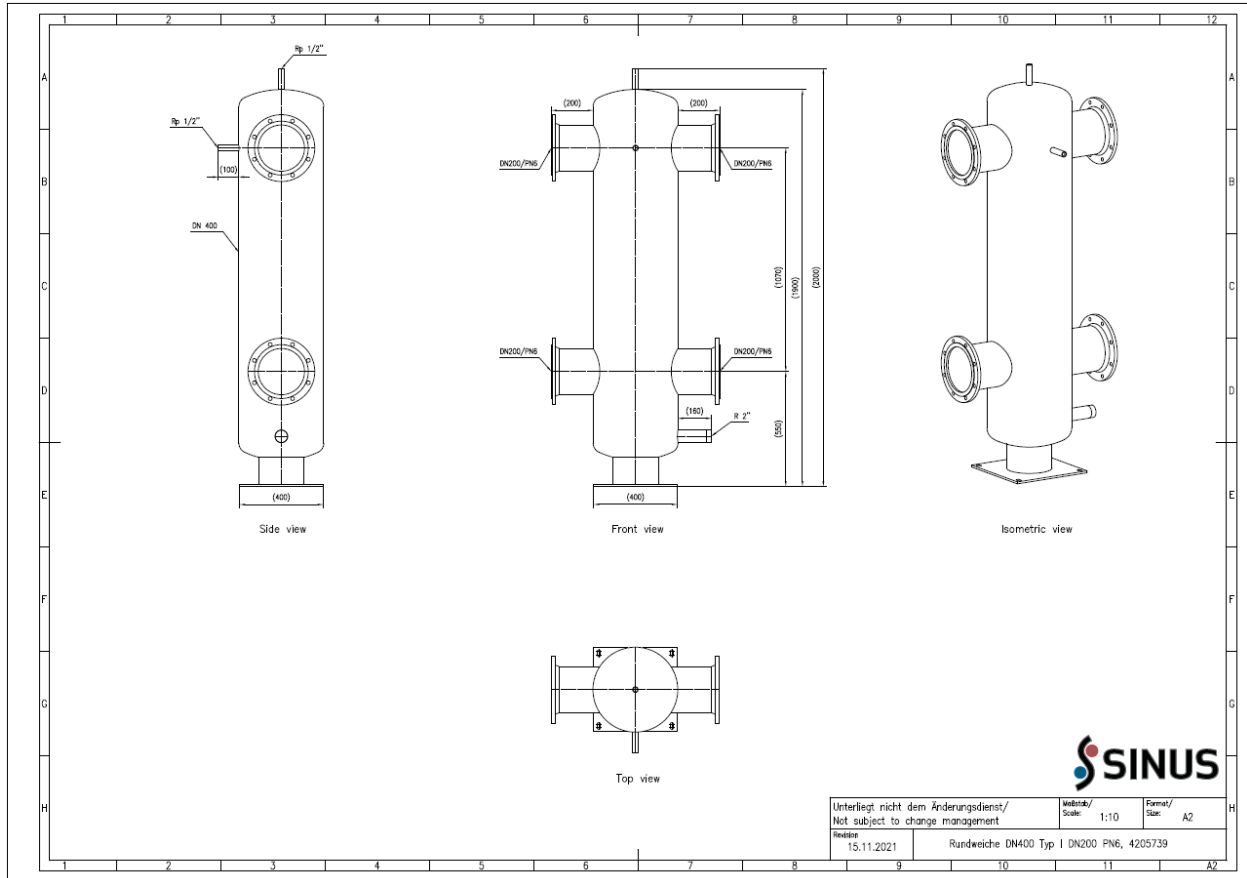
The component is checked for 100% leak-tightness and primed in the factory.



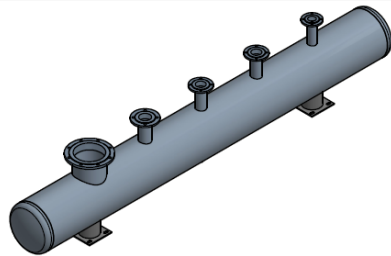
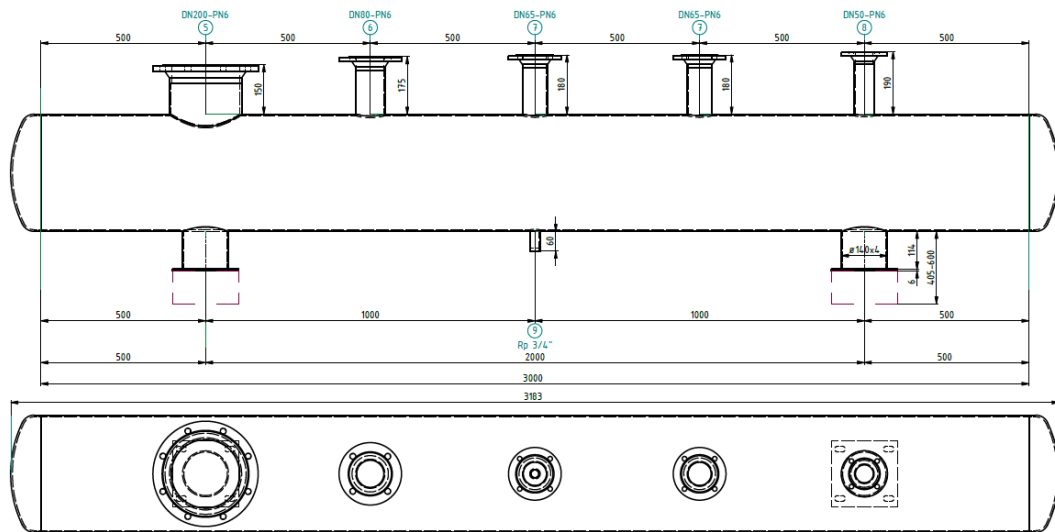
Modifications, errors and mistakes are subject to change. - PR1724en / 06 - 17  
Reflex Winkelmann GmbH · Gersteinstrasse 19 · 59227 Ahlen, Germany  
+49 2382 7069-0 · www.reflex.de · info@reflex.de



Prilog br. 4 Tehničke specifikacije hidrauličke skretnice HS-2 [7]



Prilog br. 4 Tehničke specifikacije hidrauličke skretnice HS-2 [7]



**PROSINUS<sup>®</sup>X**

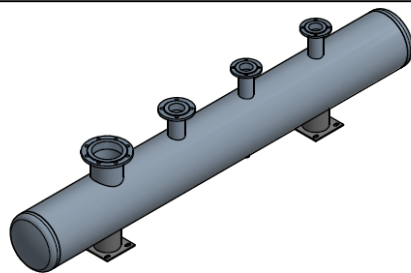
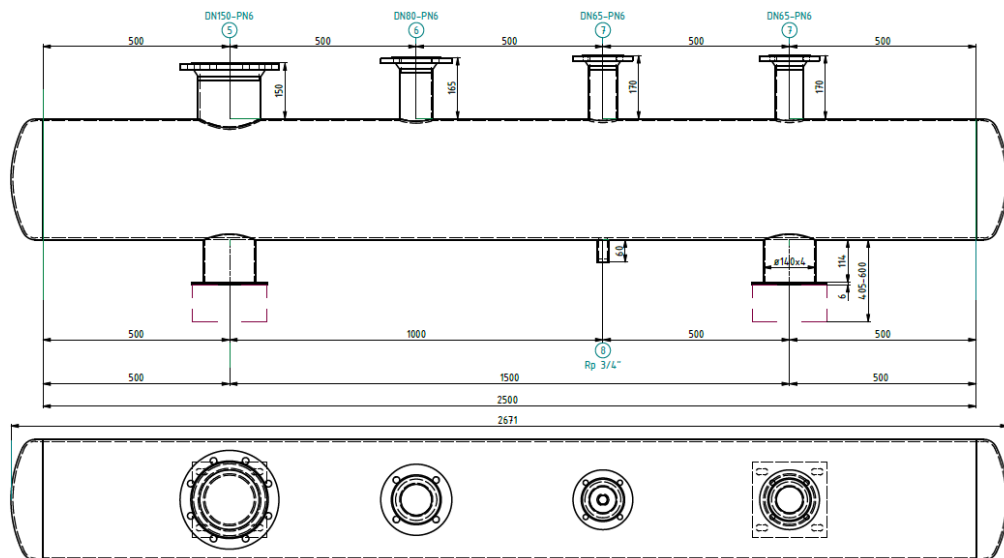
Diplomski rad-Kresonja David (DIP-1), Osijek  
 Selection: round-tube manifold DN 350  
 Facility: heating  
 Material: steel  
 Corpus length [mm]: 3000  
 Total length [mm]: 3163  
 Ref.: 350501  
 15.04.2024 generated by  
 kresonjadavid@gmail.com

Design temperature [°C]: 80  
 Design pressure [bar]: 6  
 Throughput [Selected] [m<sup>3</sup>/h]: 120.4  
 Throughput maximum [m<sup>3</sup>/h]: 134.1  
 corpus: ø355.6 x 5.6  
 cover: s=5  
 Weight: 190 kg  
 Coating: acc. to AGI Q 151

Delivery time on request.

Dieselweg 2 - 48493 Weltringen - Tel.: 02557-93930 - Fax: 02557-939330  
 info@sinusverfeiler.com - www.sinusverfeiler.com

*Prilog br. 5 Tehnička specifikacija za razdjelnik/sabirnik DN350 [10]*



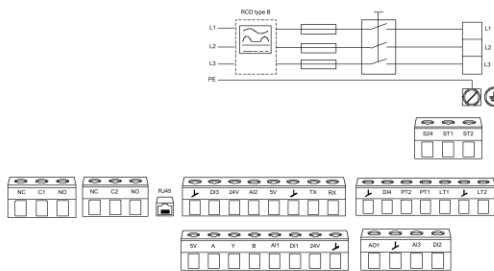
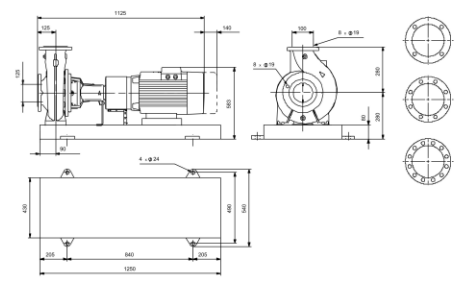
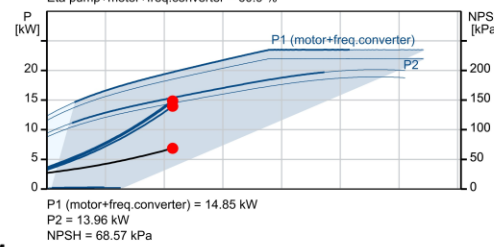
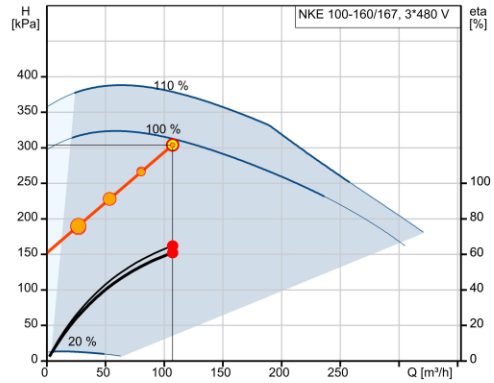
**PRO SINUS<sup>®</sup>X**

Diplomski rad-Kresonja David (DIP-2), Osijek  
 Selection: round-tube manifold DN 300  
 Facility: heating  
 Material: steel  
 Corpus length [mm]: 2500  
 Total length [mm]: 2671  
 Ref.: 350732  
 15.04.2024 generated by  
 kresonjadavid@gmail.com  
 Design temperature [°C]: 80  
 Design pressure [bar]: 6  
 Throughput (selected) [m<sup>3</sup>/h]: 107.5  
 Throughput maximum [m<sup>3</sup>/h]: 110.6  
 corpus: #323.9 x 5.6  
 cover: s=5  
 Weight: 150 kg  
 Coating: acc. To AGI Q 151  
 Delivery time on request.

Dieselweg 2 - 48493 Weltringen - Tel.: 02557-99930 - Fax: 02557-999330  
 info@sinusverteller.com - www.sinusverteller.com

*Prilog br. 6 Tehnička specifikacija za razdjelnik/sabirnik DN300 [10]*

| Description                              | Value                              |
|--|------------------------------------|
| <b>General information:</b>              |                                    |
| Product name:                            | NKE 100-160/167<br>BA2F2AESBQQEQWB |
| Product No:                              | On request                         |
| EAN number:                              | On request                         |
| <b>Technical:</b>                        |                                    |
| Pump speed on which pump data are based: | 2886 rpm                           |
| Actual calculated flow:                  | 107.1 m <sup>3</sup> /h            |
| Pump with motor (Yes/No):                | Y                                  |
| Resulting head of the pump:              | 304 kPa                            |
| Actual impeller diameter:                | 167 mm                             |
| Nominal impeller diameter:               | 160                                |
| Shaft diameter:                          | 24 mm                              |
| Code for shaft seal:                     | BQQE                               |
| Mechanical seal type:                    | Single                             |
| Curve tolerance:                         | ISO9906:2012 3B                    |
| Pump version:                            | A2                                 |
| Bearing design:                          | Standard                           |
| <b>Materials:</b>                        |                                    |
| Pump housing:                            | Cast iron                          |
| Pump housing:                            | EN-GJL-250                         |
| Pump housing:                            | ASTM class 35                      |
| Wear ring:                               | Brass                              |
| Impeller:                                | Cast iron                          |
| Impeller:                                | EN-GJL-200                         |
| Impeller:                                | ASTM class 30                      |
| Internal pump house coating:             | CED                                |
| Material code:                           | A                                  |
| Code for rubber:                         | E                                  |
| Shaft:                                   | Stainless steel                    |
| Shaft:                                   | EN 1.4301                          |
| Shaft:                                   | AISI 304                           |
| <b>Installation:</b>                     |                                    |
| Range of ambient temperature:            | -20 .. 50 °C                       |
| Maximum operating pressure:              | 16 bar                             |
| Pipe connection standard:                | EN 1092-2                          |
| Type of inlet connection:                | DIN                                |
| Type of outlet connection:               | DIN                                |
| Size of inlet connection:                | DN 125                             |
| Size of outlet connection:               | DN 100                             |
| Pressure rating for connection:          | PN 16                              |
| Coupling type:                           | Flexible w/spacer                  |
| Base frame design:                       | EN/ISO                             |
| Code for base frame:                     | 6                                  |
| Grouting (Yes/No):                       | N                                  |
| Connect code:                            | F                                  |
| <b>Liquid:</b>                           |                                    |
| Pumped liquid:                           | Water                              |
| Liquid temperature range:                | -25 .. 120 °C                      |
| Selected liquid temperature:             | 80 °C                              |
| Density:                                 | 971.8 kg/m <sup>3</sup>            |
| Kinematic viscosity:                     | 1 mm <sup>2</sup> /s               |
| <b>Electrical data:</b>                  |                                    |
| Motor type:                              | 180MC                              |
| Rated power - P2:                        | 22 kW                              |
| Mains frequency:                         | 50 Hz                              |
| Rated voltage:                           | 3 x 380-480 V                      |





Company name:

Created by:

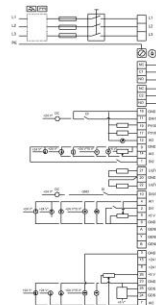
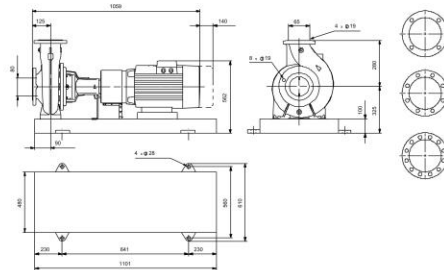
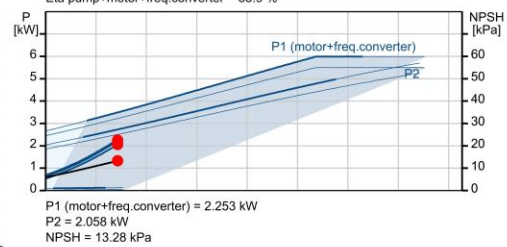
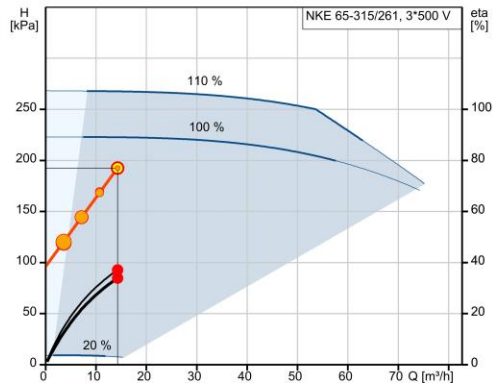
Phone:

Date:

21/04/2024

| Description                      | Value               |
|----------------------------------|---------------------|
| Rated current:                   | 39.2-31.5 A         |
| Cos phi - power factor:          | 0.94-0.93           |
| Rated speed:                     | 360-4000 rpm        |
| IE Efficiency class:             | IE5                 |
| Motor efficiency at full load:   | 92.9 %              |
| Number of poles:                 | 2                   |
| Enclosure class (IEC 34-5):      | IP55                |
| Insulation class (IEC 85):       | F                   |
| Built-in motor protection:       | ELEC                |
| Motor No:                        | 92875519            |
| Bearing insulation type N-end:   | Steel Bearing       |
| Controls:                        |                     |
| Control panel:                   | HMI300 - Advanced   |
| Function Module:                 | FM310 - Advanced    |
| Frequency converter:             | Built-in            |
| Pressure sensor:                 | N                   |
| Others:                          |                     |
| Minimum efficiency index, MEI ≥: | 0.70                |
| Net weight:                      | 259 kg              |
| Gross weight:                    | 286 kg              |
| Shipping volume:                 | 0.72 m <sup>3</sup> |
| Country of origin:               | HU                  |
| Custom tariff no.:               | 84137059            |
| Language on pump nameplate:      | GB                  |

| Description                              | Value                             |
|--|-----------------------------------|
| <b>General information:</b>              |                                   |
| Product name:                            | NKE 65-315/261<br>AA1F2AESBAQELWA |
| Product No:                              | On request                        |
| EAN number:                              | On request                        |
| <b>Technical:</b>                        |                                   |
| Pump speed on which pump data are based: | 1372 rpm                          |
| Actual calculated flow:                  | 14.29 m <sup>3</sup> /h           |
| Pump with motor (Yes/No):                | Y                                 |
| Resulting head of the pump:              | 192.5 kPa                         |
| Actual impeller diameter:                | 261 mm                            |
| Nominal impeller diameter:               | 315                               |
| Shaft diameter:                          | 32 mm                             |
| Code for shaft seal:                     | BAQE                              |
| Mechanical seal type:                    | Single                            |
| Curve tolerance:                         | ISO9906:2012 3B2                  |
| Pump version:                            | A1                                |
| Bearing design:                          | Standard                          |
| <b>Materials:</b>                        |                                   |
| Pump housing:                            | Cast iron                         |
| Pump housing:                            | EN-GJL-250                        |
| Pump housing:                            | ASTM class 35                     |
| Wear ring:                               | Brass                             |
| Impeller:                                | Cast iron                         |
| Impeller:                                | EN-GJL-200                        |
| Impeller:                                | ASTM class 30                     |
| Internal pump house coating:             | CED                               |
| Material code:                           | A                                 |
| Code for rubber:                         | E                                 |
| Shaft:                                   | Stainless steel                   |
| Shaft:                                   | EN 1.4301                         |
| Shaft:                                   | AISI 304                          |
| <b>Installation:</b>                     |                                   |
| Range of ambient temperature:            | -20 .. 50 °C                      |
| Maximum operating pressure:              | 16 bar                            |
| Pipe connection standard:                | EN 1092-2                         |
| Type of inlet connection:                | DIN                               |
| Type of outlet connection:               | DIN                               |
| Size of inlet connection:                | DN 80                             |
| Size of outlet connection:               | DN 65                             |
| Pressure rating for connection:          | PN 16                             |
| Coupling type:                           | Flexible w/o spacer               |
| Base frame design:                       | EN/ISO                            |
| Code for base frame:                     | 7 ST                              |
| Grouting (Yes/No):                       | N                                 |
| Connect code:                            | F                                 |
| <b>Liquid:</b>                           |                                   |
| Pumped liquid:                           | Water                             |
| Liquid temperature range:                | 0 .. 120 °C                       |
| Selected liquid temperature:             | 70 °C                             |
| Density:                                 | 977.8 kg/m <sup>3</sup>           |
| Kinematic viscosity:                     | 1 mm <sup>2</sup> /s              |
| <b>Electrical data:</b>                  |                                   |
| Motor type:                              | 132SG                             |
| Rated power - P2:                        | 5.5 kW                            |
| Mains frequency:                         | 50 Hz                             |
| Rated voltage:                           | 3 x 380-500 V                     |







Company name:

Created by:

Phone:

Date: 21/04/2024

| Description                      | Value                |
|----------------------------------|----------------------|
| Rated current:                   | 10.5-8.40 A          |
| Cos phi - power factor:          | 0.92-0.88            |
| Rated speed:                     | 180-2200 rpm         |
| IE Efficiency class:             | IE5                  |
| Motor efficiency at full load:   | 91.9 %               |
| Number of poles:                 | 4                    |
| Enclosure class (IEC 34-5):      | IP55                 |
| Insulation class (IEC 85):       | F                    |
| Built-in motor protection:       | ELEC                 |
| Motor No:                        | 99305893             |
| Bearing insulation type N-end:   | Steel Bearing        |
| <b>Controls:</b>                 |                      |
| Control panel:                   | HMI300 - Advanced    |
| Function Module:                 | FM300 - Advanced     |
| Frequency converter:             | Built-in             |
| Pressure sensor:                 | N                    |
| <b>Others:</b>                   |                      |
| Minimum efficiency index, MEI ≥: | 0.70                 |
| Net weight:                      | 282 kg               |
| Gross weight:                    | 309 kg               |
| Shipping volume:                 | 0.742 m <sup>3</sup> |
| Country of origin:               | HU                   |
| Custom tariff no.:               | 84137059             |
| Language on pump nameplate:      | GB                   |





Company name:

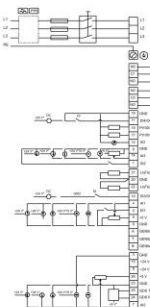
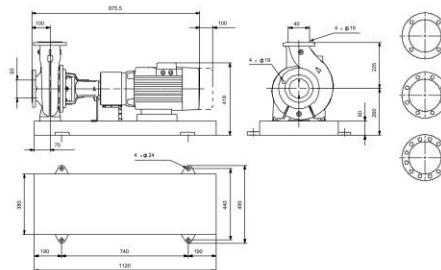
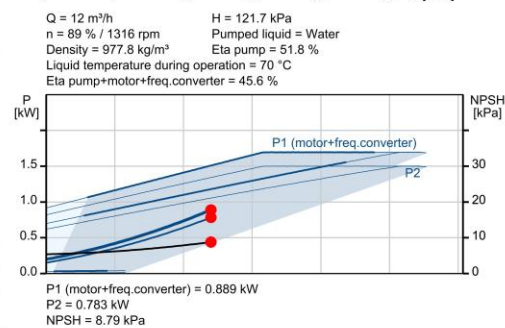
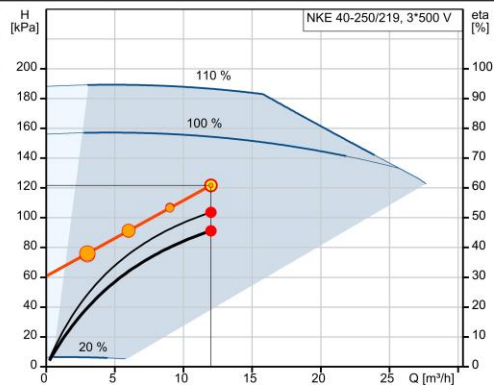
Created by:

Phone:

Date: 21/04/2024

| Description                      | Value                |
|----------------------------------|----------------------|
| Rated power - P2:                | 1.5 kW               |
| Mains frequency:                 | 50 Hz                |
| Rated voltage:                   | 3 x 380-500 V        |
| Rated current:                   | 2.90-2.50 A          |
| Cos phi - power factor:          | 0.93                 |
| Rated speed:                     | 180-2000 rpm         |
| IE Efficiency class:             | IE5                  |
| Motor efficiency at full load:   | 88.0 %               |
| Number of poles:                 | 4                    |
| Enclosure class (IEC 34-5):      | IP55                 |
| Insulation class (IEC 85):       | F                    |
| Built-in motor protection:       | ELEC                 |
| Motor No:                        | 99305879             |
| Bearing insulation type N-end:   | Steel Bearing        |
| <b>Controls:</b>                 |                      |
| Control panel:                   | HMI300 - Graphical   |
| Function Module:                 | FM300 - Advanced     |
| Frequency converter:             | Built-in             |
| Pressure sensor:                 | N                    |
| <b>Others:</b>                   |                      |
| Minimum efficiency index, MEI ≥: | 0.70                 |
| Net weight:                      | 123 kg               |
| Gross weight:                    | 136 kg               |
| Shipping volume:                 | 0.306 m <sup>3</sup> |
| Country of origin:               | HU                   |
| Custom tariff no.:               | 84137059             |
| Language on pump nameplate:      | GB                   |

| Description                              | Value                             |
|--|-----------------------------------|
| <b>General information:</b>              |                                   |
| Product name:                            | NKE 40-250/219<br>AA2F2KESBQQEHWA |
| Product No:                              | On request                        |
| EAN number:                              | On request                        |
| <b>Technical:</b>                        |                                   |
| Pump speed on which pump data are based: | 1316 rpm                          |
| Actual calculated flow:                  | 12 m <sup>3</sup> /h              |
| Pump with motor (Yes/No):                | Y                                 |
| Resulting head of the pump:              | 121.7 kPa                         |
| Actual impeller diameter:                | 219 mm                            |
| Nominal impeller diameter:               | 250 mm                            |
| Shaft diameter:                          | 24 mm                             |
| Code for shaft seal:                     | BQQE                              |
| Mechanical seal type:                    | Single                            |
| Curve tolerance:                         | ISO9906:2012 3B2                  |
| Pump version:                            | A2                                |
| Bearing design:                          | Standard                          |
| <b>Materials:</b>                        |                                   |
| Pump housing:                            | Stainless steel                   |
| Pump housing:                            | EN 1.4408                         |
| Pump housing:                            | ASTM CF8M                         |
| Wear ring:                               | Stainless steel                   |
| Flange:                                  | Cast iron                         |
| Flange:                                  | EN-GJS-500-7                      |
| Flange:                                  | ASTM 70-50-05                     |
| Impeller:                                | Stainless steel                   |
| Impeller:                                | EN 1.4408                         |
| Impeller:                                | ASTM CF8M                         |
| Internal pump house coating:             | No coating                        |
| Material code:                           | K                                 |
| Code for rubber:                         | E                                 |
| Shaft:                                   | Stainless steel                   |
| Shaft:                                   | EN 1.4401                         |
| Shaft:                                   | AISI 316                          |
| <b>Installation:</b>                     |                                   |
| Range of ambient temperature:            | -20 .. 50 °C                      |
| Maximum operating pressure:              | 16 bar                            |
| Pipe connection standard:                | EN 1092-1                         |
| Type of inlet connection:                | DIN                               |
| Type of outlet connection:               | DIN                               |
| Size of inlet connection:                | DN 65                             |
| Size of outlet connection:               | DN 40                             |
| Pressure rating for connection:          | PN 16                             |
| Coupling type:                           | Flexible w/spacer                 |
| Base frame design:                       | EN/ISO                            |
| Code for base frame:                     | 5                                 |
| Grouting (Yes/No):                       | N                                 |
| Connect code:                            | F                                 |
| <b>Liquid:</b>                           |                                   |
| Pumped liquid:                           | Water                             |
| Liquid temperature range:                | -25 .. 120 °C                     |
| Selected liquid temperature:             | 70 °C                             |
| Density:                                 | 977.8 kg/m <sup>3</sup>           |
| Kinematic viscosity:                     | 1 mm <sup>2</sup> /s              |
| <b>Electrical data:</b>                  |                                   |
| Motor type:                              | 90LE                              |





Company name:

Created by:

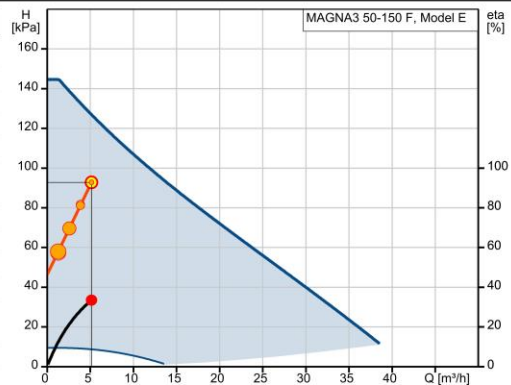
Phone:

Date:

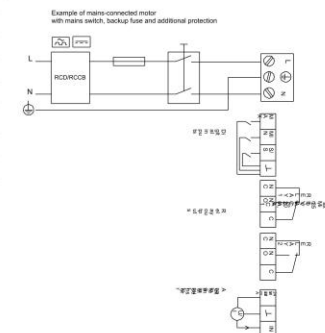
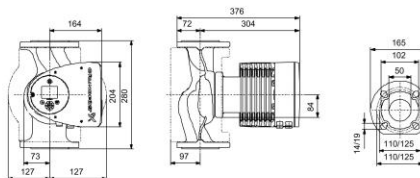
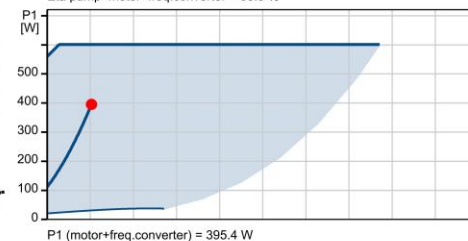
21/04/2024

| Description                            | Value               |
|--|---------------------|
| Rated power - P2:                      | 1.5 kW              |
| Mains frequency:                       | 50 Hz               |
| Rated voltage:                         | 3 x 380-500 V       |
| Rated current:                         | 2.90-2.50 A         |
| Cos phi - power factor:                | 0.93                |
| Rated speed:                           | 180-2000 rpm        |
| IE Efficiency class:                   | IE5                 |
| Motor efficiency at full load:         | 88.0 %              |
| Number of poles:                       | 4                   |
| Enclosure class (IEC 34-5):            | IP55                |
| Insulation class (IEC 85):             | F                   |
| Built-in motor protection:             | ELEC                |
| Motor No:                              | 99305879            |
| Bearing insulation type N-end:         | Steel Bearing       |
| <b>Controls:</b>                       |                     |
| Control panel:                         | HMI300 - Graphical  |
| Function Module:                       | FM300 - Advanced    |
| Frequency converter:                   | Built-in            |
| Pressure sensor:                       | N                   |
| <b>Others:</b>                         |                     |
| Minimum efficiency index, MEI $\geq$ : | 0.70                |
| Net weight:                            | 144 kg              |
| Gross weight:                          | 165 kg              |
| Shipping volume:                       | 0.44 m <sup>3</sup> |
| Language on pump nameplate:            | GB                  |

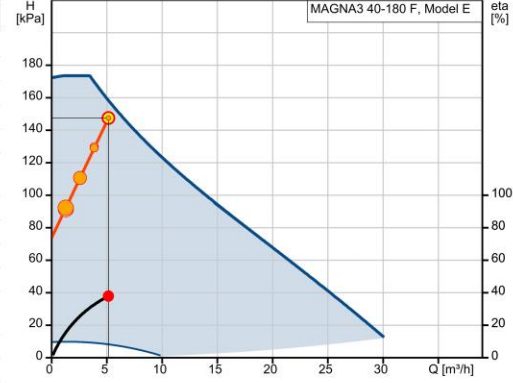
| Description                              | Value   |
|--|---|
| <b>General information:</b>              |   |
| Product name:                            | MAGNA3 50-150 F                                 |
| Product No:                              | On request                                      |
| EAN number:                              | On request                                      |
| <b>Technical:</b>                        |   |
| Pump speed on which pump data are based: | 3715 rpm  |
| Actual calculated flow:                  | 5.14 m <sup>3</sup> /h                          |
| Resulting head of the pump:              | 92.81 kPa                                       |
| Maximum head:                            | 150 dm  |
| TF class:                                | 110   |
| Approvals:                               | CE, VDE, EAC, MOROCCO, UKCA, TSE, RCM, UkrSEPRO |
| Model:                                   | E   |
| <b>Materials:</b>                        |   |
| Pump housing:                            | Cast iron                                       |
| Pump housing:                            | EN 1561 EN-GJL-250                              |
| Pump housing:                            | ASTM A48-250B                                   |
| Impeller:                                | Composite                                       |
| <b>Installation:</b>                     |   |
| Range of ambient temperature:            | 0 .. 40 °C                                      |
| Maximum operating pressure:              | 10 bar  |
| Type of connection:                      | DIN   |
| Size of connection:                      | DN 50   |
| Pressure rating for connection:          | PN 6/10   |
| Port-to-port length:                     | 280 mm  |
| <b>Liquid:</b>                           |   |
| Pumped liquid:                           | Water   |
| Liquid temperature range:                | -10 .. 110 °C                                   |
| Selected liquid temperature:             | 60 °C   |
| Density:                                 | 983.2 kg/m <sup>3</sup>                         |
| Kinematic viscosity:                     | 1 mm <sup>2</sup> /s                            |
| <b>Electrical data:</b>                  |   |
| Maximum power input - P1:                | 601 W   |
| P1 min.:                                 | 22 W  |
| Mains frequency:                         | 50 Hz   |
| Rated voltage:                           | 1 x 230 V                                       |
| Minimum current consumption:             | 0.23 A  |
| Maximum current consumption:             | 2.75 A  |
| Enclosure class (IEC 34-5):              | X4D   |
| Insulation class (IEC 85):               | F   |
| <b>Others:</b>                           |   |
| Energy (EEI):                            | 0.18  |
| Net weight:                              | 18.9 kg   |
| Gross weight:                            | 20.8 kg   |
| Shipping volume:                         | 0.046 m <sup>3</sup>                            |
| Danish VVS No.:                          | 380953515                                       |
| Swedish RSK No.:                         | 5732497   |
| Finnish LVI No.:                         | 4615156   |
| Norwegian NRF no.:                       | 9042676   |
| Country of origin:                       | DE  |
| Custom tariff no.:                       | 84137030  |
| Environmental approvals:                 | CN ROHS, WEEE                                   |



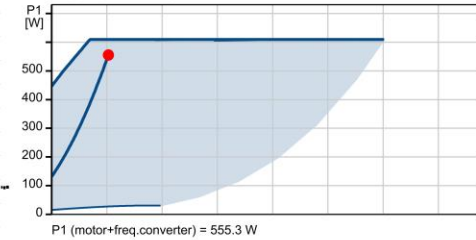
Q = 5.14 m<sup>3</sup>/h      H = 92.81 kPa  
 n = 79 % / 3715 rpm      Pumped liquid = Water  
 Density = 983.2 kg/m<sup>3</sup>  
 Liquid temperature during operation = 60 °C  
 Eta pump+motor+freq. converter = 33.5 %



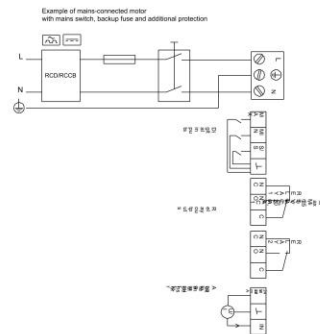
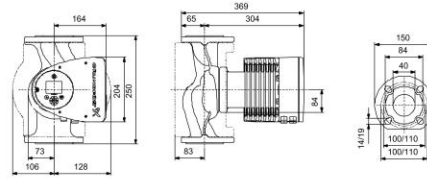
| Description                              | Value   |
|--|---|
| <b>General information:</b>              |   |
| Product name:                            | MAGNA3 40-180 F                                 |
| Product No:                              | On request                                      |
| EAN number:                              | On request                                      |
| <b>Technical:</b>                        |   |
| Pump speed on which pump data are based: | 4505 rpm  |
| Actual calculated flow:                  | 5.14 m <sup>3</sup> /h                          |
| Resulting head of the pump:              | 147.5 kPa                                       |
| Maximum head:                            | 180 dm  |
| TF class:                                | 110   |
| Approvals:                               | CE, VDE, EAC, MOROCCO, UKCA, TSE, RCM, UkrSEPRO |
| Model:                                   | E   |
| <b>Materials:</b>                        |   |
| Pump housing:                            | Cast iron                                       |
| Pump housing:                            | EN 1561 EN-GJL-250                              |
| Pump housing:                            | ASTM A48-250B                                   |
| Impeller:                                | Composite                                       |
| <b>Installation:</b>                     |   |
| Range of ambient temperature:            | 0 .. 40 °C                                      |
| Maximum operating pressure:              | 10 bar  |
| Type of connection:                      | DIN   |
| Size of connection:                      | DN 40   |
| Pressure rating for connection:          | PN 6/10   |
| Port-to-port length:                     | 250 mm  |
| <b>Liquid:</b>                           |   |
| Pumped liquid:                           | Water   |
| Liquid temperature range:                | -10 .. 110 °C                                   |
| Selected liquid temperature:             | 60 °C   |
| Density:                                 | 983.2 kg/m <sup>3</sup>                         |
| Kinematic viscosity:                     | 1 mm <sup>2</sup> /s                            |
| <b>Electrical data:</b>                  |   |
| Maximum power input - P1:                | 609 W   |
| P1 min.:                                 | 16 W  |
| Mains frequency:                         | 50 Hz   |
| Rated voltage:                           | 1 x 230 V                                       |
| Minimum current consumption:             | 0.18 A  |
| Maximum current consumption:             | 2.78 A  |
| Enclosure class (IEC 34-5):              | X4D   |
| Insulation class (IEC 85):               | F   |
| <b>Others:</b>                           |   |
| Energy (EEI):                            | 0.17  |
| Net weight:                              | 16 kg   |
| Gross weight:                            | 17.6 kg   |
| Shipping volume:                         | 0.039 m <sup>3</sup>                            |
| Danish VVS No.:                          | 380952418                                       |
| Swedish RSK No.:                         | 5732491   |
| Finnish LVI No.:                         | 4615150   |
| Norwegian NRF no.:                       | 9042664   |
| Country of origin:                       | DE  |
| Custom tariff no.:                       | 84137030  |
| Environmental approvals:                 | CN ROHS, WEEE                                   |



Q = 5.14 m<sup>3</sup>/h      H = 147.5 kPa  
 n = 92 % / 4505 rpm      Pumped liquid = Water  
 Density = 983.2 kg/m<sup>3</sup>  
 Liquid temperature during operation = 60 °C  
 Eta pump+motor+freq.converter = 37.9 %



P1 (motor+freq.converter) = 555.3 W









Company name:

Created by:

Phone:

Date: 21/04/2024

| Description                            | Value                           |
|--|---------------------------------|
| Rated current:                         | 36,5-34,0/21,0-19,4 A           |
| Starting current:                      | 820 %                           |
| Cos phi - power factor:                | 0.81                            |
| Rated speed:                           | 1470 rpm                        |
| IE efficiency:                         | IE4 94,2%                       |
| IE Efficiency class:                   | IE4                             |
| Motor efficiency at full load:         | 94.2 %                          |
| Motor efficiency at 3/4 load:          | 94.7 %                          |
| Motor efficiency at 1/2 load:          | 94.6 %                          |
| Number of poles:                       | 4                               |
| Enclosure class (IEC 34-5):            | IP55                            |
| Insulation class (IEC 85):             | F                               |
| Built-in motor protection:             | PTC                             |
| Motor No:                              | 92582379                        |
| Bearing insulation type N-end:         | HYBRID BEARING                  |
| <b>Controls:</b>                       |                                 |
| VFD product number:                    | 99616822                        |
| Frequency converter:                   | Built-in                        |
| Type of frequency converter:           | CUE 3X380-500V IP55 RUG<br>22KW |
| Appr. for VFD:                         | CE, CULUS, C-TICK               |
| Pressure sensor:                       | N                               |
| <b>Others:</b>                         |                                 |
| Minimum efficiency index, MEI $\geq$ : | 0.63                            |
| Net weight:                            | 591 kg                          |
| Gross weight:                          | 663 kg                          |
| Shipping volume:                       | 2.8 m <sup>3</sup>              |
| Country of origin:                     | HU                              |
| Custom tariff no.:                     | 84137059                        |
| Language on pump nameplate:            | GB                              |

## Reflex Variomat primary vessel VG 1000/740, for Variomat pressurisation stations, grey, 6 bar



Thinking solutions.



### Features

|                                     |             |
|-------------------------------------|-------------|
| Type                                | VG 1000/740 |
| Colour                              | grey        |
| Nominal volume                      | 1000 l      |
| Max. useful volume                  | 900 l       |
| Max. permissible system temperature | 110 °C      |
| max. perm. operating temperature    | 70 °C       |
| max. perm. operating pressure       | 6 bar       |
| Connection                          | G1"         |
| Diameter                            | 740 mm      |
| Height                              | 2737 mm     |
| High water connection               | 133 mm      |
| Tilt dimension approx.              | 2688 mm     |
| Weight                              | 127.00 kg   |

### Description

Reflex Variomat VG  
Diaphragm expansion vessel for Reflex Variomat one or two-pump controlled pressure maintenance stations, unpressurised, closed to atmosphere. Approval according to the EU Pressure Equipment Directive 2014/68/EU. Built according to DIN EN 13831 and VDI 4708 or AD 2000.

- Floor-standing with foot structure
- Replaceable full diaphragm - compliant with DIN EN 13831
- Exterior plastic-coated
- With dipstick tube degassing
- including welded side socket for connection of a bladder rupture detector
- basic vessels VG incl. transducer for level sensing



Modifications, errors and mistakes are subject to change. • PR1724en / 06 – 17  
Reflex Winkelmann GmbH • Gersteinstrasse 19 • 59227 Ahlen, Germany  
+49 2382 7069-0 • www.reflex.de • info@reflex.de

WINKELMANN  
BUILDING+INDUSTRY BRAND

*Prilog br. 14 Tehnička specifikacija ekspanzijske posude EX-1 [7]*

## Reflex Variomat control unit VS 2-1/60, for pressurisation, degassing and makeup, 10 bar

**reflex**

Thinking solutions.



### Features

|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| Type                                  | VS 2-1/60 |
| Control unit                          | Adjoining |
| max. perm. operating temperature      | 70 °C     |
| Perm. operating temperature generator | 105 °C    |
| max. perm. operating pressure         | 10 bar    |
| Max. p <sub>0</sub> setting           | 4.8 bar   |
| Max. sound pressure level             | 55 dB(A)  |
| Degree of protection                  | IP 54     |
| Electric connection                   | 230V/50Hz |
| Expansion line connection             | Rp 1"     |
| Make-up connection                    | Rp 1/2"   |
| Max. electrical rated power           | 1.10 kW   |
| Height                                | 921 mm    |
| Width                                 | 470 mm    |
| Depth                                 | 572 mm    |
| Weight                                | 36.90 kg  |

### Description

Reflex Variomat control unit, the Reflex Variomat is a pump control-led pressurisation module with incorporated automatic water make-up and system deaeration for sealed heating and chilled water systems. Constructed in compliance with DIN EN 12828 and the requirements of VDI 4708, with CE marking. Suitable for use in noise-sensitive areas.

Functional unit comprising a hydraulic part and a Control Touch operating unit. Both are ergonomically combined in an easy-to-maintain modular floor-standing framework system made of EV 1 anodized aluminium precision sections with CE marking.

#### Hydraulic part:

Pressure maintenance is implemented using a stainless steel circulation pump in conjunction with a rugged dirt-insensitive motorised ball valve with upstream dirt trap as an overflow device. A safety relief valve is included to act as a pressure safeguard for the Variomat VG primary tank and/or VF secondary tank that are to be connected. The system pressure is measured with an electronic sensor. Pressure-side system connections are implemented as backed up shut-off valves. All fittings are located on a rotatable base plate to enable a variable hydraulic system arrangement.

The Control Touch operating unit with TFT colour display inclusive of communications electronics is integrated in a panel-type rugged plastic housing and mounted directly on the control unit with a horizon-

tal alignment. An optional separate and vertical wall mounting plate at maximum three metres distance from the power electronics is possible. Communication electronics comprising:

- 4,3" resistive colour touchscreen for programming, operating documentation and monitoring as well as provision of help texts for all functions
- Two RS485 serial interfaces as data and/or communication interfaces
- Serial TTL-interface with two connection terminals for connection of 2 IO-boards
- Potential-free output for forwarding of the collective message
- Two electrically isolated analogue outputs e.g. for system pressure
- Input for the evaluation of contact water meters
- Slot for a compact bus module, one SD card, e.g. for data read-out, software updates, etc.
- 230V output for connection of level-dependent makeup/degassing stations

The power electronics are installed in a dedicated plastic control cabinet which is mounted directly below the operating unit. Power supply is via a main switch. Featuring in detail:

- Main switch on housing exterior
- Pump control

- Cable management for external connections
- Mounting slot for optional modules
- Control unit completely piped and wired ready for connection according to VDE regulations. System connections by means of integrated shut-off valves.

Control Touch is a fully automatic and freely programmable microprocessor control with touchscreen operation, real-time clock, differentiating error and parameter memory, combined graphical and clear-text display of system pressure, tank level and all relevant operating and fault messages, functional diagram, signalling of the active operating mode, collective fault message, low water level, functioning of pump, overflow valve and make-up valve.

Functioning of the pressurisation in the limits +/- 0.2 bar including pump monitoring. Optimised system water degassing due to patented, fully-automatic overflow control with cycles for continuous, interval and run-on degassing. Controlled make-up, automatic interruption and fault message upon exceeding of the runtime and/or the number of cycles. Processing of the signal of a contact water meter for maximum volume limit and/or capacity evaluation of ion exchangers located in the make-up line. Documentation and control of the entire system in respect of the above mentioned parameters.



Modifications, errors and mistakes are subject to change. • PR1724en / 06 – 17  
Reflex Winkelmann GmbH • Gersteinstrasse 19 • 59227 Ahlen, Germany  
+49 2382 7069-0 • www.reflex.de • info@reflex.de

A WINKELMANN  
BUILDING+INDUSTRY BRAND

*Prilog br. 15 Tehnička specifikacija upravljačke jedinice UJ-1 & UJ-2 [7]*

## Reflex Reflex DT 200, expansion vessel, green, 10/4 bar

reflex

Thinking solutions.



### Features

|                                      |           |
|--------------------------------------|-----------|
| Type                                 | DT 200    |
| Colour                               | green     |
| Diaphragm material                   | butyl     |
| Nominal volume                       | 200 l     |
| Max. useful volume                   | 150 l     |
| Max. permissible system temperature  | 70 °C     |
| Min. perm. operating temperature     | -10 °C    |
| max. perm. operating temperature     | 70 °C     |
| max. perm. operating pressure        | 10 bar    |
| Factory provided gas supply pressure | 4 bar     |
| Number of connections                | 2 St.     |
| Connection                           | DN50/PN16 |
| Diameter                             | 634 mm    |
| Height                               | 973 mm    |
| High water connection                | 105 mm    |
| Tilt dimension approx.               | 1033 mm   |
| Weight                               | 53.00 kg  |

### Description

#### Reflex DT

Flowed through diaphragm expansion tank for DHW systems, water supply installations and pressure-boosting systems. With diaphragm according to the elastomer directive and W 270. Exterior and interior coating in compliance with KTW-A. Only suitable for cold water systems. Up to Rp 1 1/4" including flowjet flow fitting, from DN50 including Duo flange connection piece with flow facility.

Built according to DIN EN 13831 and VDI 4708 or AD 2000. Approval according to Pressure Equipment Directive 2014/68/EC.

- Flowjet incl. shut-off and draining or dual connection
- replaceable bladder according to DIN EN 13831, DIN 4807 T5, KTW-C and W270, built and tested to DIN 4807 T5, DIN DVGW Reg. No. NW-0411AT2534
- interior and exterior coating in compliance with KTW-A, durable epoxy resin coating
- from PN10 and 600 litres with MBM coupling
- from PN16 with diaphragm break detector coupling
- pressure gauge and supply pressure valve protected by clip
- only for use in cold water pipes (consider installation and operating instructions)



Modifications, errors and mistakes are subject to change. • PR1724en / 06 – 17  
Reflex Winkelmann GmbH • Gersteinstrasse 19 • 59227 Ahlen, Germany  
+49 2382 7069-0 • www.reflex.de • info@reflex.de

A WINKELMANN  
BUILDING+INDUSTRY BRAND

*Prilog br. 16 Tehnička specifikacija ekspanzijske posude EX-PTV [7]*

## Reflex Variomat primary vessel VG 800, for Variomat pressurisation stations, grey, 6 bar

**reflex**

Thinking solutions.



### Features

|                                     |           |
|-------------------------------------|-----------|
| Type                                | VG 800    |
| Colour                              | grey      |
| Nominal volume                      | 800 l     |
| Max. useful volume                  | 720 l     |
| Max. permissible system temperature | 110 °C    |
| max. perm. operating temperature    | 70 °C     |
| max. perm. operating pressure       | 6 bar     |
| Connection                          | G1"       |
| Diameter                            | 740 mm    |
| Height                              | 2272 mm   |
| High water connection               | 133 mm    |
| Tilt dimension approx.              | 2277 mm   |
| Weight                              | 109.90 kg |

### Description

Reflex Variomat VG  
Diaphragm expansion vessel for Reflex Variomat one or two-pump controlled pressure maintenance stations, unpressurised, closed to atmosphere. Approval according to the EU Pressure Equipment Directive 2014/68/EU. Built according to DIN EN 13831 and VDI 4708 or AD 2000.

- Floor-standing with foot structure
- Replaceable full diaphragm - compliant with DIN EN 13831
- Exterior plastic-coated
- With dipstick tube degassing
- including welded side socket for connection of a bladder rupture detector
- basic vessels VG incl. transducer for level sensing



Modifications, errors and mistakes are subject to change. • PR1724en / 06 – 17  
Reflex Winkelmann GmbH • Gersteinstrasse 19 • 59227 Ahlen, Germany  
+49 2382 7069-0 • www.reflex.de • info@reflex.de

A WINKELMANN BRAND  
BUILDING+INDUSTRY

*Prilog br. 17 Tehnička specifikacija ekspanzijske posude EX-2 [7]*

# Reflex Reflexomat Silent Compact RSC Smart 200, compressor controlled pressurisation station, grey, 6 bar



Thinking solutions.



## Features

|                                     |               |
|-------------------------------------|---------------|
| Type                                | RSC Smart 200 |
| Colour                              | grey          |
| Nominal volume                      | 200 l         |
| Max. useful volume                  | 180 l         |
| Max. permissible system temperature | 120 °C        |
| max. perm. operating temperature    | 70 °C         |
| max. perm. operating pressure       | 6 bar         |
| Max. sound pressure level           | 59 dB(A)      |
| Degree of protection                | IP 54         |
| Connection                          | G1"           |
| Electric connection                 | 230V/50Hz     |
| Height                              | 1223 mm       |
| Max. electrical rated power         | 0,80 kW       |
| Diameter                            | 634 mm        |
| Weight                              | 52,40 kg      |
| High water connection               | 118 mm        |

## Description

### Reflexomat

Pneumatic and control module for compressor-controlled Reflexomat pressurisation station for pressurisation and for make-up water control in sealed heating and chilled water systems. Constructed in compliance with DIN EN 12828 and the requirements of VDI 4708, with CE marking. Suitable for use in noise-sensitive areas.

The function unit comprises a floor-standing expansion vessel, constructed in accordance with DIN EN 13831 and directive EU 2014/68/EU (EU-PED) with CE Marking, plus an attached control unit comprising a pneumatic system and a vertical, app-operated Control Smart control and operating unit. In the pneumatic part, pressure maintenance is implemented using a compressed air compressor in conjunction with a compressed air solenoid valve as an overflow device. Expansion vessel:

- Floor-standing design with feet including transducer for vessel content measurement
- System connection with integrated compensator
- Bladder
- Air-side inner chamber
- Fully plastic-coated exterior

A safety relief valve is included to act as a pressure safeguard for the RG primary tank or RF secondary tank. The system pressure is measured with an electronic sensor.

In the pneumatic part, the pressurisation is implemented using one compressed air compressor in conjunction with a compressed air solenoid valve as an overflow device. The system pressure is measured using an electronic sensor. Pneumatic part comprising:

- Compressed air compressor
- Type-tested air solenoid valve
- Type-tested safety valve, for pressure protection of the diaphragm expansion tank
- Electronic pressure sensor
- corresponding connection lines

The Control Smart controller is integrated in a robust plastic housing in which both the power and communication electronics and the control panel with dirt-resistant plastic foil keyboard are housed. Bluetooth is integrated as standard as a communications interface. The controller has a fully automatic microprocessor controller with time function, differentiating error and parameter memory, LED display of the operating modes and general error messaging, visualisation of the control states for system pressure and all relevant operating and fault messages using the Control Smart App via Bluetooth communication. Communication electronics comprising:

- RS485 interface (galvanically isolated) for the connection of optional communication components
- Floating output for forwarding of the group message

- Digital input for signal processing of a contact water meter
- 230V output for connection of level-dependent make-up/degassing stations
- Input for make-up functional request via external signal

Control Smart works with a plug & play function for independent system pressure detection, enabling convenient wireless operation via an app for smartphones and tablets running either iOS or Android to provide simple commissioning as well as visualisation of system operation. The following functions are available:

- Intuitive and self-explanatory menu and operating guidance
- Automatic setting of the time and date
- Setting and adjusting of the minimum operating pressure p0
- Status, warning and error display relating to facility pressure and operating conditions including diagnostic instructions and handling recommendations
- Easy and quick commissioning (commissioning-wizard)
- Individual configuration
- Maintenance and troubleshooting wizard
- Automatic software updates for system control

Safety and function-relevant parameters are protected against unauthorised access. is one of the world's



Modifications, errors and mistakes are subject to change. • PR1724en / 06 – 17  
Reflex Winkelmann GmbH • Gersteinstrasse 19 • 59227 Ahlen, Germany  
+49 2382 7069-0 • www.reflex.de • info@reflex.de

A WINKELMANN BUILDING+INDUSTRY BRAND

Prilog br. 18 Tehnička specifikacija ekspanzijske posude EX-3 [7]

Date: 24.4.2024.

Project: Untitled

### Selected safety valves & accessories

| #1  | #2 | Water                   | Product   | Technical Info  | Article N° | Pipe | Qty | § |
|---|----|-------------------------|---|---|------------|------|-----|---|
| Safety valves (from individual selection) |    |                         |   |   |            |      |     |   |
| 2500kW                                    |    | Hot water(-10 / 120 °C) | DSV 15-2.5 DGH<br>15 (1/2")<br>Thread (G 1/2" / G 1") | Set pressure: 2,5 bar<br>Heating, Indirect<br>Max. power: 4e+6 W<br>Power: 2,5e+6 W | 536 1025   | -    | 1   |   |
| 2800kw                                    |    | Hot water(-10 / 120 °C) | DSV 15-2.5 DGH<br>15 (1/2")<br>Thread (G 1/2" / G 1") | Set pressure: 2,5 bar<br>Heating, Indirect<br>Max. power: 4e+6 W<br>Power: 2,8e+6 W | 536 1025   | -    | 1   |   |
| 300kW                                     |    | Hot water(-10 / 120 °C) | DSV 15-2.5 DGH<br>15 (1/2")<br>Thread (G 1/2" / G 1") | Set pressure: 2,5 bar<br>Heating, Indirect<br>Max. power: 4e+6 W<br>Power: 300000 W | 536 1025   | -    | 1   |   |

**Legenda:**

- Polaz
- Povrat
- Recirkulacija
- Voda iz vodovoda
- - - Automatika podstanice

**SIMBOLI**

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  | Cirkulacijska pumpa -frekventno regulirana           |  | Odvajač nečistoće                            |
|  | Termometar   |  | Balansirajući ventil                         |
|  | Manometar  |  | Osjetnik tlaka-regulirana veličina           |
|  | Ekspanzijska posuda                                  |  | Temperaturni osjetnik-regulirana veličina    |
|  | Sigurnosni ventil s ispuhom                          |  | Ventil za punjenje/praznjenje                |
|  | Kuglasta slavina                                     |  | Diferencijalni presostat                     |
|  | Nepovratna klapna                                    |  | Odzračnik s ispuhom                          |
|  | Kalorimetar  |  |  |
|  | Kompenzator  |  | Ispust                                       |
|  | 3-putni miješajući ventil s motornim pogonom         |  | Pločasti izmjenjivač topline                 |
|  | Leptirasta slavina                                   |  | Regulator temperature                        |
|  | Cijevni izmjenjivač topline                          |  | Regulator protoka                            |
|  | Regulator tlaka s integriranim ograničivačem protoka |  | 3-putni miješajući ventil s motornim pogonom |

**EX-1** Ekspanzijska posuda  
 Nominalni volumen: 1000 l  
 Korisni volumen: 900 l  
 Max. radna temperatura: 110 °C  
 Max. radni tlak: 6 bara  
 Dimenzije (Ød x v) = Ø740x2737 mm  
 Masa: 127 kg  
 Proizvod kao Reflex Variomat primary vessel VG 1000/740 ili jednakovrijedno

**UJ-1 & UJ-2** Upravljačka jedinica ekspanzijske posude  
 Max. randa temperatura: 105 °C  
 Max. radni tlak: 10 bara  
 Dimenzije (dxšxv) = 572x470x921 mm  
 Masa: 36,9 kg  
 Snaga: 1,10 kW  
 Proizvod kao Reflex Variomat control unit VS 2-1/60 ili jednakovrijedno

**EX-PTV** Ekspanzijska posuda  
 Nominalni volumen: 200 l  
 Korisni volumen: 150 l  
 Max. radna temperatura: 70 °C  
 Max. radni tlak: 10 bara  
 Dimenzije (Ød x v) = Ø634x973 mm  
 Masa: 53 kg  
 Proizvod kao Reflex Refix DT 200 ili jednakovrijedno

**PTV** Spremnik potrošne tople vode  
 Volumen: 3 m³  
 Dimenzije (Ødxv)=1.3x2.6 m  
 Proizvod kao: Pireko SB-30-1-Fe ili jednakovrijedno

**HS-2** Hidraulička skretnica  
 Priključci: DN200/PN6  
 Statički tlak: 1.8 bar  
 Radni tlak: 0-6 bar  
 Dimenzije (dxšxv)=0.5x0.3x1.82 m  
 Masa: 206 kg  
 Proizvod kao: Hydraulic Separator DN400 ili jednakovrijedno

**P3** Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 65-315/261 AA1F2AESBAQELWA ili jednakovrijedno  
 Max. radni tlak= 16 bar  
 Snaga= 5,5 kW  
 Napajanje=3x380-500 V, 50 Hz  
 Bruto masa=309 kg  
 Radna točka:  
 H= 192,5 kPa  
 V= 14,29 m³/h

**P4** Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 40-200/217 AA2F2KESBQQEHWa ili jednakovrijedno  
 Max. radni tlak= 16 bar  
 Snaga= 1,5 kW  
 Napajanje=3x380-500 V, 50 Hz  
 Bruto masa=136 kg  
 Radna točka:  
 H= 131,8 kPa  
 V= 10,55 m³/h

**P5** Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 40-250/219 AA2F2KESBQQEHWa ili jednakovrijedno  
 Max. radni tlak= 16 bar  
 Snaga= 1,5 kW  
 Napajanje=3x380-500 V, 50 Hz  
 Bruto masa=165 kg  
 Radna točka:  
 H= 121,7 kPa  
 V= 12,0 m³/h

**P7** Optočna pumpa, proizvod kao tip MAGNA3 40-180 F ili jednakovrijedno  
 Max. radni tlak= 10 bar  
 Ulaz snage= 609 W  
 Napon=1x230 V, 50 Hz  
 Bruto masa=17,6 kg  
 Radna točka:  
 H= 147,5 kPa  
 V= 5,14 m³/h

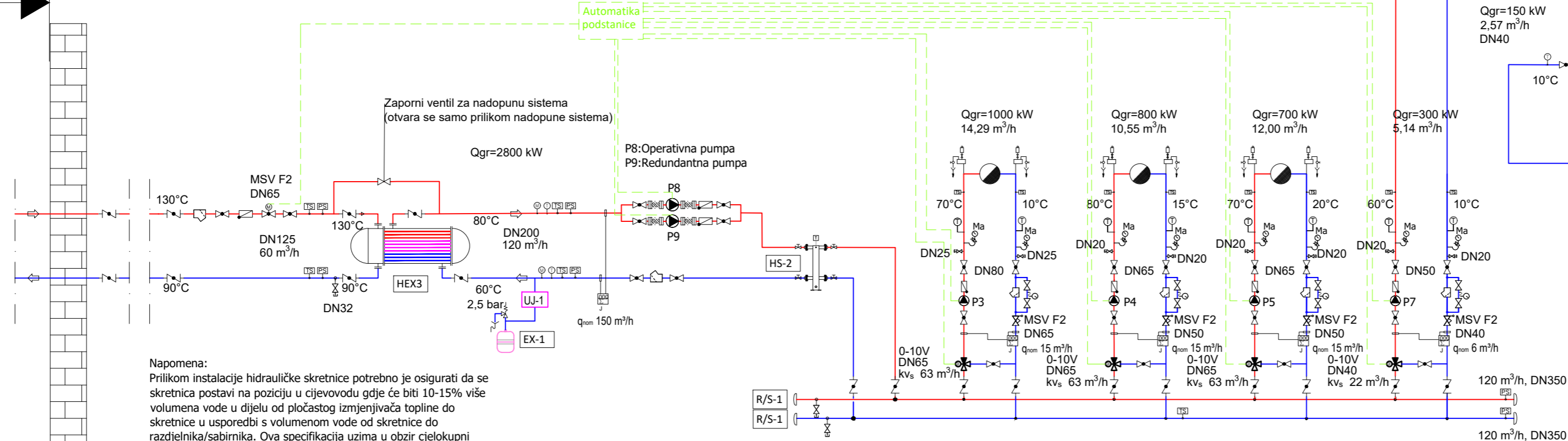
**P8 & P9** Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 125-315/275 AA2F2AESBQQEPW3 ili jednakovrijedno  
 Max. radni tlak= 16 bar  
 Snaga= 18,5 kW  
 Napajanje=3x380-420V, 50HZ  
 Bruto masa=663 kg  
 Radna točka:  
 H= 206,0 kPa  
 V= 120,0 m³/h

**HEX3** Cijevni izmjenjivač topline  
 Tip: voda/voda  
 P = 2800 kW  
 Pad tlaka: sekundarna strana ΔP = 85,87 kPa  
 Temperaturni režimi: primarna strana = 130/90°C sekundarna strana = 80/60°C

**R/S-1** Jednokomorni razdjelnik/sabirnik grijanja za spoj na 4 krugova grijanja i 1 kotlovski priključak (ukupno 5 priključaka).  
 1xDN200  
 1xDN80  
 2xDN65  
 1xDN50  
 dP=5 mbar-a  
 Protok medija: 120,4 m³/h  
 Max protok medija: 134,1 m³/h  
 Masa: 190 kg  
 Duljina: 3182 mm  
 Proizvod kao PROSINUSX, tip SINUS-Single chamber-heating-/cooling manifold DN 350 ili jednakovrijedno.

Ulaz u toplinsku podstanicu za grijanje stambenog objekta

Dolazni cijevovod iz centralne toplinske stanice



**Napomena:**  
 Prilikom instalacije hidrauličke skretnice potrebno je osigurati da se skretnica postavi na poziciju u cijevovodu gdje će biti 10-15% više volumena vode u dijelu od pločastog izmjenjivača topline do skretnice u usporedbi s volumenom vode od skretnice do razdjelnika/sabirnika. Ova specifikacija uzima u obzir cjelokupni hidraulički balans sustava, uključujući razdjelnik, sabirnik i izmjenjivač topline. Razmatranje ovog omjera ključno je za učinkovitost i stabilnost protoka kroz sustav, osiguravajući optimalnu distribuciju topline i minimalizaciju hidrauličkih gubitaka

Prilog br. 20 Hidraulička shema indirektnog sustava grijanja i PTV-a (cijevni izmjenjivač) [autor]

|   |   |   |                             |
|---|---|---|-----------------------------|
| <b>Građevina:</b><br>TOPLINSKA PODSTANICA ZA GRIJANJE STAMBENE GRAĐEVINE NA LOKACIJI OSIJEK | <b>Faza projekta:</b><br>GLAVNI PROJEKT - PROJEKT STROJRASKIH INSTALACIJA - GRIJANJE I HLAĐENJE | <b>Mentor:</b><br>Prof.dr.sc. Ante Čikić        |                             |
| <b>Investitor:</b><br>-   | <b>Sadržaj:</b><br>HIDRAULIČKA SHEMA INDIREKTOG SUSTAVA GRIJANJA I PTV-A (CIJEVNI IZMJENJIVAČ)  | <b>Student:</b><br>David Kresonja bacc.ing.mech |                             |
|   |   | <b>Datum:</b><br>07.2024                        | <b>Mjerilo:</b><br>-        |
|   |   | <b>Broj projekta:</b><br>001                    | <b>Nacrtni broj:</b><br>001 |



- Legenda:**
- Polaz
  - Povrat
  - Recirkulacija
  - Voda iz vodovoda
  - - - Automatika podstanice

**SIMBOLI**

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  | Cirkulacijska pumpa -frekventno regulirana           |  | Odvajaač nečistoće                           |
|  | Termometar   |  | Balansirajući ventil                         |
|  | Manometar  |  | Osjetnik tlaka-regulirana veličina           |
|  | Ekspanzijska posuda                                  |  | Temperaturni osjetnik - regulirana veličina  |
|  | Sigurnosni ventil s ispustom                         |  | Ventil za punjenje/pražnjenje                |
|  | Kuglasta slavina                                     |  | Diferencijalni presostat                     |
|  | Nepovratna klapna                                    |  | Odzračnik s ispustom                         |
|  | Kalorimetar  |  | Ispust                                       |
|  | Kompenzator  |  | Pločasti izmjenjivač topline                 |
|  | 3-putni miješajući ventil s motornim pogonom         |  | Regulator temperature                        |
|  | Leptirasta slavina                                   |  | Regulator protoka                            |
|  | Cijevni izmjenjivač topline                          |  | 3-putni miješajući ventil s motornim pogonom |
|  | Regulator tlaka s integriranim ograničivačem protoka |  |  |

**EX-3** Ekspanzijska posuda  
 Nominalni volumen: 200 l  
 Korisni volumen: 180 l  
 Max. radna temperatura: 120 °C  
 Max. radni tlak: 6 bara  
 Dimenzije (Ød x v) = Ø634x1223 mm  
 Masa: 52,4 kg  
 Dolazi s ugrađenom kontrolnom jedinicom:  
 Snaga: 0,8 kW  
 Napajanje 230V/50 Hz  
 Proizvod kao Reflex Reflexomat Silent Compact RSC Smart 200 ili jednakovrijedno

**EX-PTV** Ekspanzijska posuda  
 Nominalni volumen: 200 l  
 Korisni volumen: 150 l  
 Max. radna temperatura: 70 °C  
 Max. radni tlak: 10 bara  
 Dimenzije (Ød x v) = Ø634x973 mm  
 Masa: 53 kg  
 Proizvod kao Reflex Refix DT 200 ili jednakovrijedno

**EX-2** Ekspanzijska posuda  
 Nominalni volumen: 800 l  
 Korisni volumen: 720 l  
 Max. radna temperatura: 110 °C  
 Max. radni tlak: 6 bara  
 Dimenzije (Ød x v) = Ø740x2272 mm  
 Masa: 109,9 kg  
 Proizvod kao Reflex Variomat primary vessel VG 800 ili jednakovrijedno

**HS-1** Hidraulička skretnica  
 Priključci: DN200/PN6  
 Statički tlak: 1.8 bar  
 Radni tlak: 0-6 bar  
 Dimenzije (dxšxv)=0.5x0.3x1.82 m  
 Masa: 251 kg  
 Proizvod kao: Hydraulic Separator 500/300 ili jednakovrijedno

**P1 & P2** Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 100-160/167 BA2F2AESBQQEQWB ili jednakovrijedno  
 Max. radni tlak= 16 bar  
 Snaga= 22 kW  
 Napajanje=3x380-480V, 50 Hz  
 Bruto masa=286 kg  
 Radna točka:  
 H= 304,0 kPa  
 V= 107,14 m³/h

**P3** Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 65-315/261 AA1F2AESBAQELWA ili jednakovrijedno  
 Max. radni tlak= 16 bar  
 Snaga= 5,5 kW  
 Napajanje=3x380-500 V, 50 Hz  
 Bruto masa=309 kg  
 Radna točka:  
 H= 192,5 kPa  
 V= 14,29m³/h

**P4** Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 40-200/217 AA2F2KESBQQEHWA ili jednakovrijedno  
 Max. radni tlak= 16 bar  
 Snaga= 1,5 kW  
 Napajanje=3x380-500 V, 50 Hz  
 Bruto masa=136 kg  
 Radna točka:  
 H= 131,8 kPa  
 V= 10,55 m³/h

**UJ-1 & UJ-2** Upravljačka jedinica ekspanzijske posude  
 Max. randa temperatura: 105 °C  
 Max. radni tlak: 10 bara  
 Dimenzije (dxšxv) =572x470x921 mm  
 Masa: 36,9 kg  
 Snaga: 1,10 kW  
 Proizvod kao Reflex Variomat control unit VS 2-1/60 ili jednakovrijedno

**P5** Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 40-250/219 AA2F2KESBQQEHWA ili jednakovrijedno  
 Max. radni tlak= 16 bar  
 Snaga= 1,5 kW  
 Napajanje=3x380-500 V, 50 Hz  
 Bruto masa=165 kg  
 Radna točka:  
 H= 121,7 kPa  
 V= 12,0 m³/h

**R/S-2** Jednokomorni razdjelnik/sabirnik grijanja za spoj na 3 krugova grijanja i 1 kotlovski priključak (ukupno 4 priključaka).  
 1xDN150  
 1xDN80  
 2xDN65  
 dP=5 mbar-a  
 Protok medija: 107,5 m³/h  
 Max protok medija: 110,6 m³/h  
 Masa: 150 kg  
 Duljina: 2670 mm  
 Proizvod kao PROSINUSX, tip SINUS-Single chamber-heating-/cooling manifoldr 300 ili jednakovrijedno.

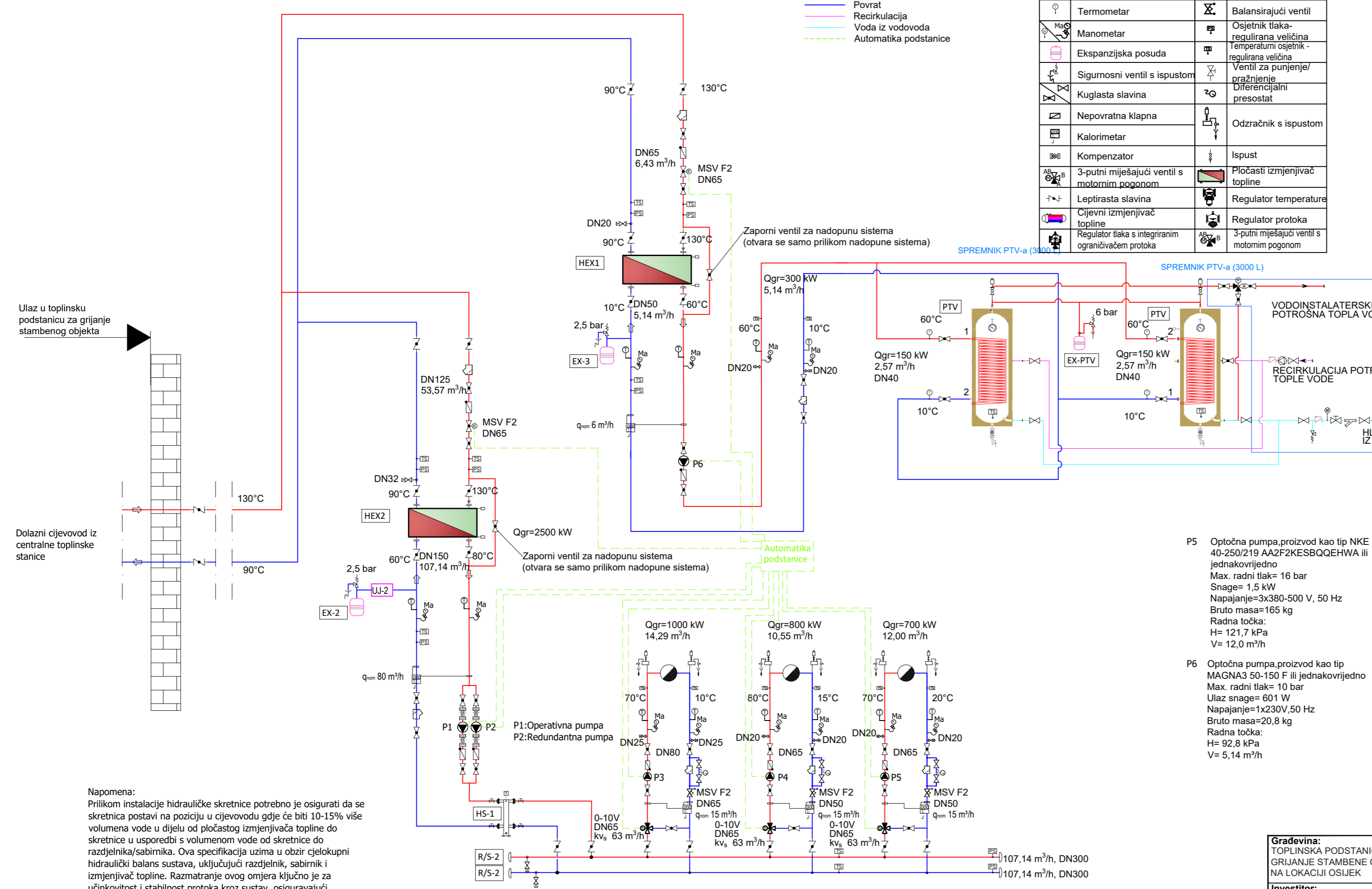
**P6** Optočna pumpa, proizvod kao tip MAGNA3 50-150 F ili jednakovrijedno  
 Max. radni tlak= 10 bar  
 Ulaz snage= 601 W  
 Napajanje=1x230V, 50 Hz  
 Bruto masa=20,8 kg  
 Radna točka:  
 H= 92,8 kPa  
 V= 5,14 m³/h

**PTV** Spremnik potrošne tople vode  
 Volumen: 3 m³  
 Dimenzije (Ødxv)=1.3x2.6 m  
 Proizvod kao: Pireko SB-30-1-Fe ili jednakovrijedno

**HEX1** Pločasti izmjenjivač topline  
 Tip: voda/voda  
 P = 300 kW  
 Pad tlaka:  
 primarna strana ΔP = 15,63 kPa  
 sekundarna strana ΔP = 24,90 kPa  
 Temperaturni režimi:  
 primarna strana = 130/90°C  
 sekundarna strana = 60/10°C  
 Dimenzije (vxšxd)= 466x258x84 mm  
 Masa: 20,96 kg  
 Proizvod kao Reflex Longtherm RMB-31-40 ili jednakovrijedno

**HEX2** Pločasti izmjenjivač topline  
 Tip: voda/voda  
 P = 2500 kW  
 Volumen: 3 m³  
 Pad tlaka:  
 primarna strana ΔP = 54,8 kPa  
 sekundarna strana ΔP = 194,3 kPa  
 Temperaturni režimi:  
 primarna strana = 130/90°C  
 sekundarna strana = 60/10°C  
 Dimenzije (vxšxd)= 1008x221x387 mm  
 Masa: 139,3 kg  
 Proizvod kao HEXONIC LE400-40L-DN100.SS ili jednakovrijedno

|   |  |   |   |
|---|--|---|---|
| <b>Građevina:</b><br>TOPLINSKA PODSTANICA ZA GRIJANJE STAMBENE GRAĐEVINE NA LOKACIJI OSIJEK | <b>Faza projekta:</b><br>GLAVNI PROJEKT - PROJEKT STROJRASKIH INSTALACIJA - GRIJANJE I HLADNENJE | <b>Mentor:</b><br>Prof.dr.sc. Ante Čikić        |   |
| <b>Investitor:</b><br>-   | <b>Sadržaj:</b><br>HIDRAULIČKA SHEMA INDIREKTNOG SUSTAVA GRIJANJA I PTV-A (PLOČASTI IZMJENJIVAČ) | <b>Student:</b><br>David Kresonja bacc.ing.mech |   |
|   |  | <b>Datum:</b><br>07.2024                        | <b>Mjerilo:</b><br>-                        |
|   |  | <b>Broj projekta:</b><br>001                    | <b>Nacrt br.</b><br>List br. 1/1 <b>002</b> |



**Napomena:**  
 Prilikom instalacije hidrauličke skretnice potrebno je osigurati da se skretnica postavi na poziciju u cijevovodu gdje će biti 10-15% više volumena vode u dijelu od pločastog izmjenjivača topline do skretnice u usporedbi s volumenom vode od skretnice do razdjelnika/sabirnika. Ova specifikacija uzima u obzir cjelokupni hidraulički balans sustava, uključujući razdjelnik, sabirnik i izmjenjivač topline. Razmatranje ovog omjera ključno je za učinkovitost i stabilnost protoka kroz sustav, osiguravajući optimalnu distribuciju topline i minimalizaciju hidrauličkih gubitaka

Prilog br. 21 Hidraulička shema indirektnog sustava grijanja i PTV-a (pločasti izmjenjivač) [autor]

- Legenda:**
- Polaz
  - Povrat
  - Recirkulacija
  - Voda iz vodovoda
  - Automatika podstanice

**SIMBOLI**

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  | Cirkulacijska pumpa -frekventno regulirana           |  | Odvajač nečistoće                            |
|  | Termometar   |  | Balansirajući ventil                         |
|  | Manometar  |  | Osjetnik tlaka-regulirana veličina           |
|  | Ekspanzijska posuda                                  |  | Temperaturni osjetnik - regulirana veličina  |
|  | Sigurnosni ventil s ispustom                         |  | Ventil za punjenje/pražnjenje                |
|  | Kuglasta slavina                                     |  | Diferencijalni presostat                     |
|  | Nepovratna klapna                                    |  | Odzračnik s ispustom                         |
|  | Kalorimetar  |  | Ispust                                       |
|  | Kompenzator  |  | 3-putni miješajući ventil s motornim pogonom |
|  | Leptirasta slavina                                   |  | Regulator temperature                        |
|  | Cijevni izmjenjivač topline                          |  | Regulator protoka                            |
|  | Regulator tlaka s integriranim ograničivačem protoka |  | 3-putni miješajući ventil s motornim pogonom |

**EX-PTV** Ekspanzijska posuda  
 Nominalni volumen: 200 l  
 Korisni volumen: 150 l  
 Max. radna temperatura: 70 °C  
 Max. radni tlak: 10 bara  
 Dimenzije (Ød x v) = Ø634x973 mm  
 Masa: 53 kg  
 Proizvod kao Reflex Refix DT 200 ili jednakovrijedno

**PTV** Spremnik potrošne tople vode  
 Volumen: 3 m³  
 Dimenzije (Ødxv)=1.3x2.6 m  
 Proizvod kao: Pireko SB-30-1-Fe ili jednakovrijedno

**HS-2** Hidraulička skretnica  
 Priklučci: DN200/PN6  
 Statički tlak: 1.8 bar  
 Radni tlak: 0-6 bar  
 Dimenzije (dxšxv)=0.5x0.3x1.82 m  
 Masa: 206 kg  
 Proizvod kao: Hydraulic Separator DN400 ili jednakovrijedno

**P3** Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 65-315/261 AA1F2AESBAQELWA ili jednakovrijedno  
 Max. radni tlak= 16 bar  
 Snaga= 5,5 kW  
 Napajanje=3x380-500 V, 50 Hz  
 Bruto masa=309 kg  
 H= 192,5 kPa  
 V= 14,29 m³/h

**P4** Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 40-200/217 AA2F2KESBQEQHWA ili jednakovrijedno  
 Max. radni tlak= 16 bar  
 Snaga= 1,5 kW  
 Napajanje=3x380-500 V, 50 Hz  
 Bruto masa=136 kg  
 Radna točka:  
 H= 131,8 kPa  
 V= 10,55 m³/h

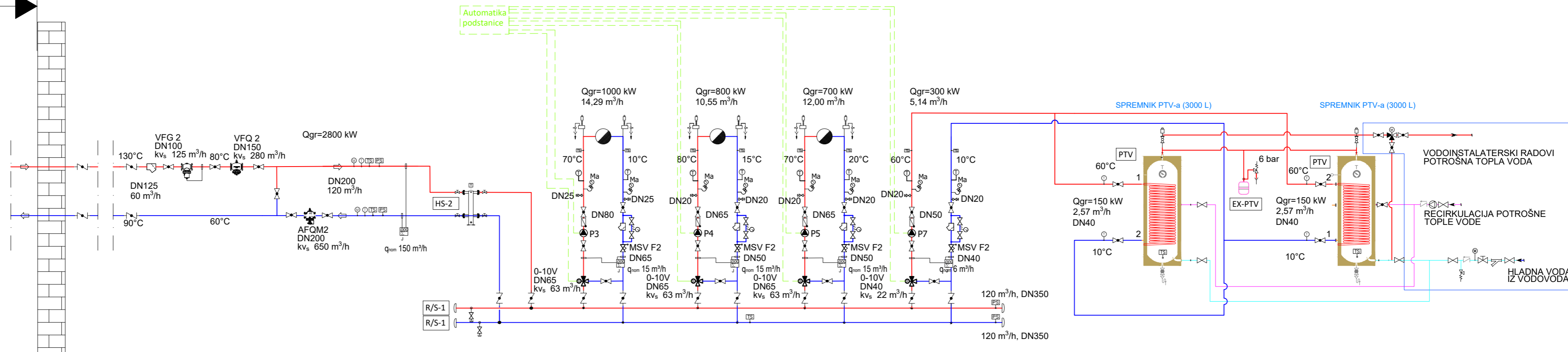
**P5** Optočna pumpa, proizvod kao tip RKE 40-250/219 AA2F2KESBQEQHWA ili jednakovrijedno  
 Max. radni tlak= 16 bar  
 Snaga= 1,5 kW  
 Napajanje=3x380-500 V, 50 Hz  
 Bruto masa=165 kg  
 Radna točka:  
 H= 121,7 kPa  
 V= 12,0 m³/h

**P7** Optočna pumpa, proizvod kao tip MAGNA3 40-180 F ili jednakovrijedno  
 Max. radni tlak= 10 bar  
 Ulaz snage= 609 W  
 Napon=1x230 V, 50 Hz  
 Bruto masa=17,6 kg  
 Radna točka:  
 H= 147,5 kPa  
 V= 5,14 m³/h

**R/S-1** Jednokomorni razdjelnik/sabirnik grijanja za spoj na 4 krugova grijanja i 1 kotlovski priključak (ukupno 5 priključaka).  
 1x DN200  
 1x DN80  
 2x DN65  
 1x DN50  
 dP=5 mbar-a  
 Protok medija: 120,4 m³/h  
 Max protok medija: 134,1 m³/h  
 Masa: 190 kg  
 Duljina: 3182 mm  
 Proizvod kao PROSINUSX, tip SINUS-Single chamber-heating-/cooling manifold DN 350 ili jednakovrijedno.

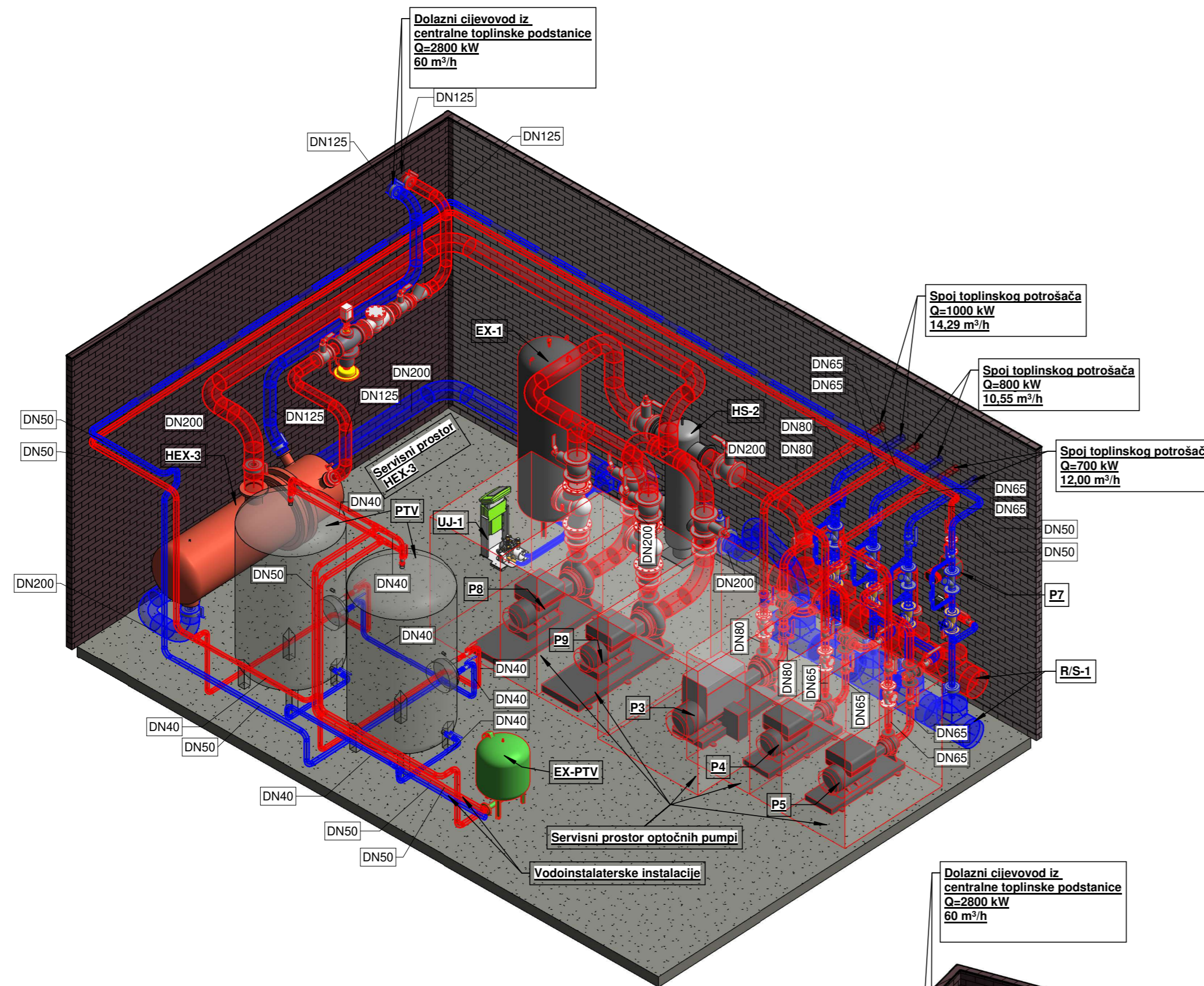
Ulaz u toplinsku podstanicu za grijanje stambenog objekta

Dolazni cijevovod iz centralne toplinske stanice



Prilog br. 22 Hidraulička shema direktnog sustava grijanja i PTV-a [autor]

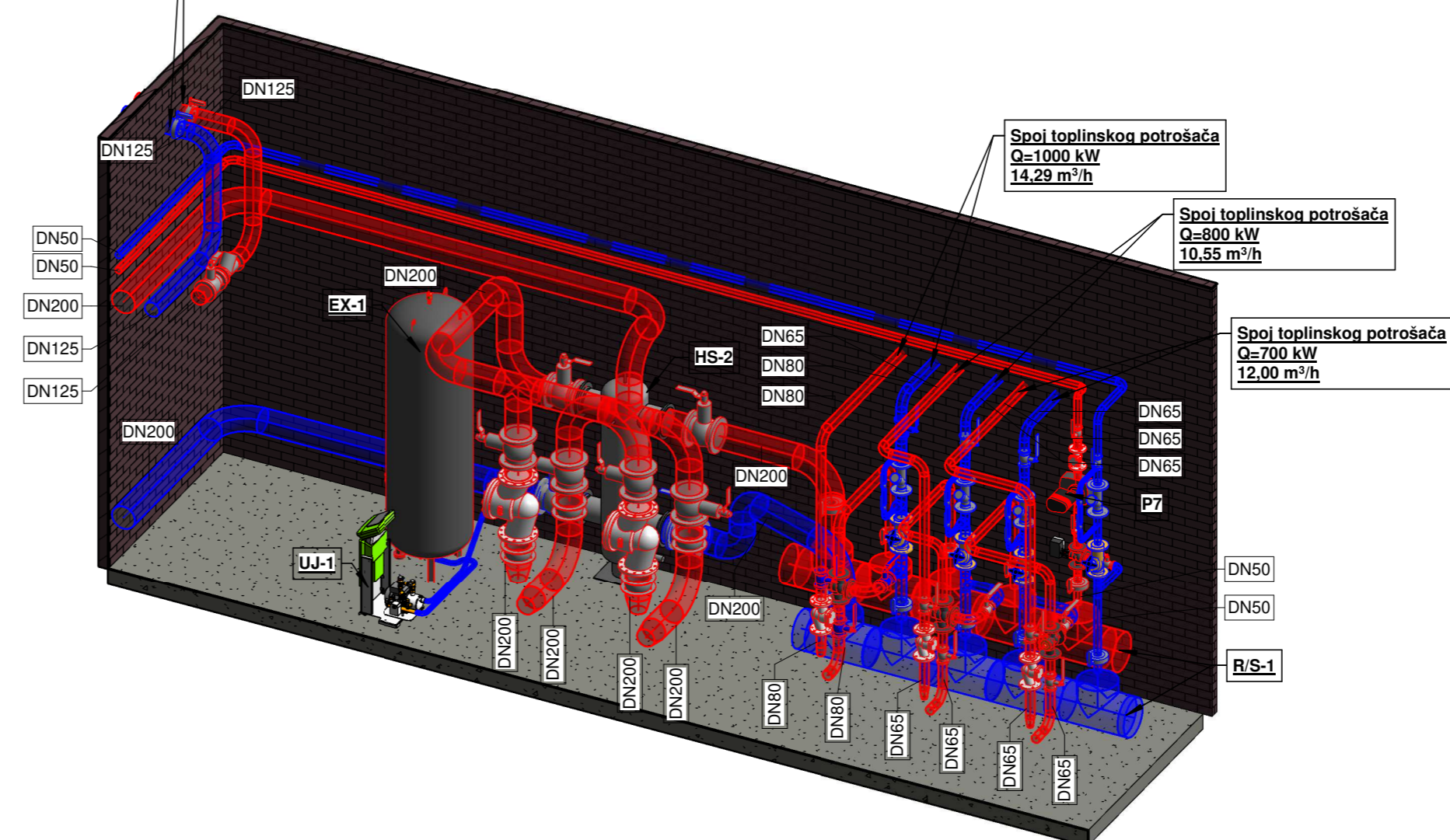
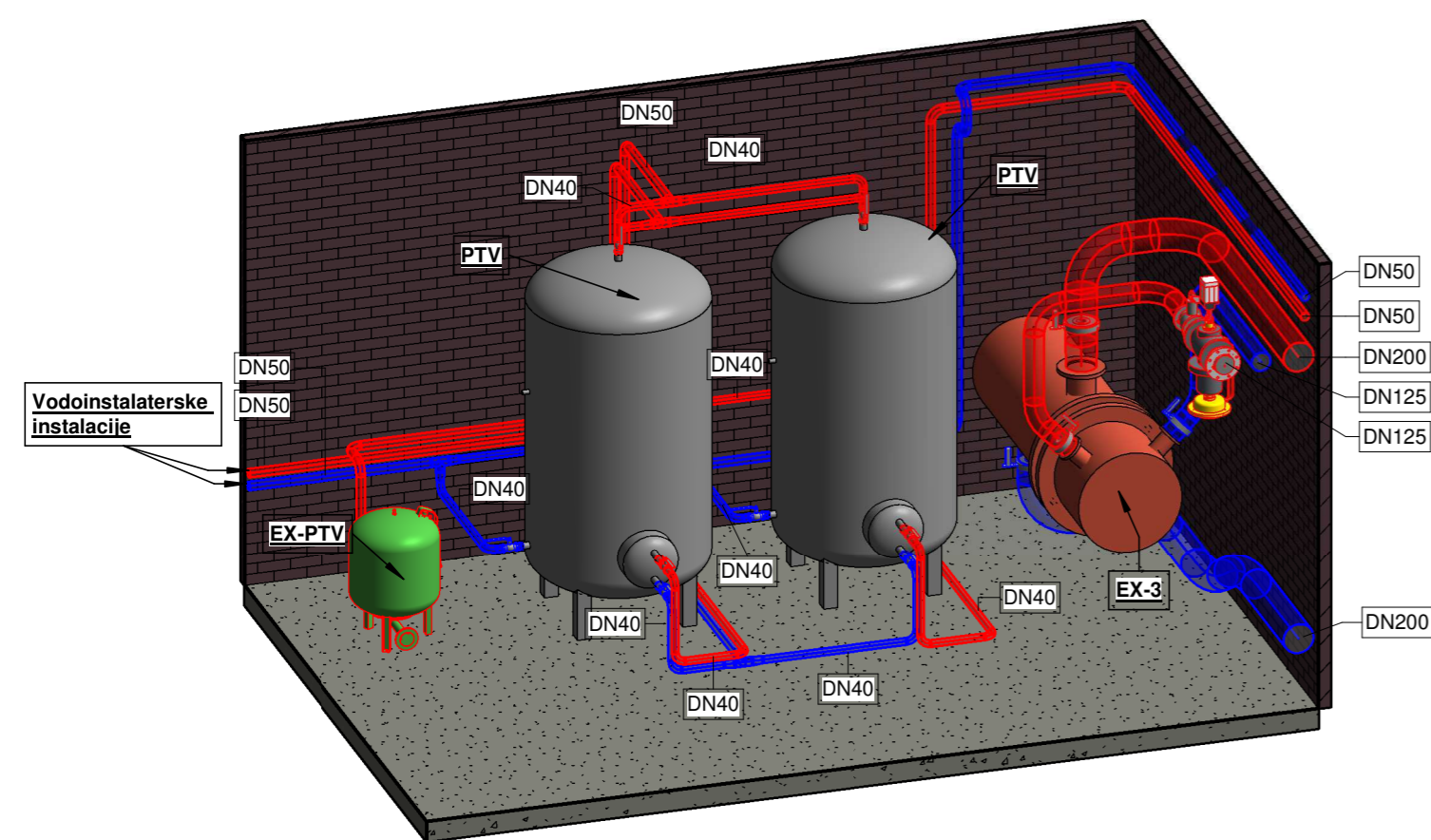
|   |   |   |                             |
|---|---|---|-----------------------------|
| <b>Građevina:</b><br>TOPLINSKA PODSTANICA ZA GRIJANJE STAMBENE GRAĐEVINE NA LOKACIJI OSIJEK | <b>Faza projekta:</b><br>GLAVNI PROJEKT - PROJEKT STROJRASKIH INSTALACIJA - GRIJANJE I HLAĐENJE | <b>Mentor:</b><br>Prof.dr.sc. Ante Čikić        |                             |
| <b>Investitor:</b><br>-   | <b>Sadržaj:</b><br>HIDRAULIČKA SHEMA DIREKTOG SUSTAVA GRIJANJA I PTV-A                          | <b>Student:</b><br>David Kresonja bacc.ing.mech |                             |
|   |   | <b>Datum:</b><br>07.2024                        | <b>Mjerilo:</b><br>-        |
|   |   | <b>Broj projekta:</b><br>001                    | <b>Nacrtni broj:</b><br>1/1 |
|   |   |   | 003                         |



**Legenda:**

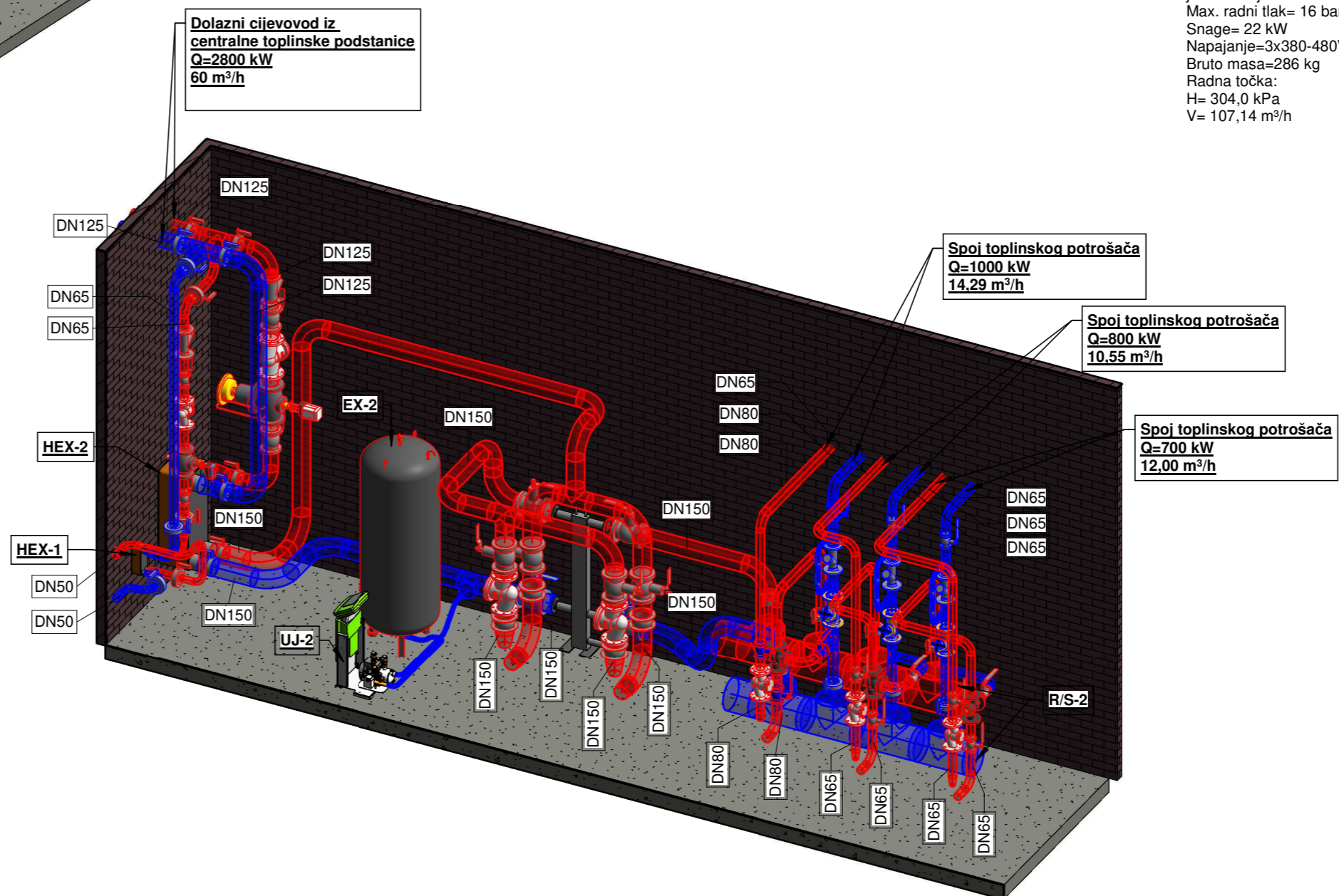
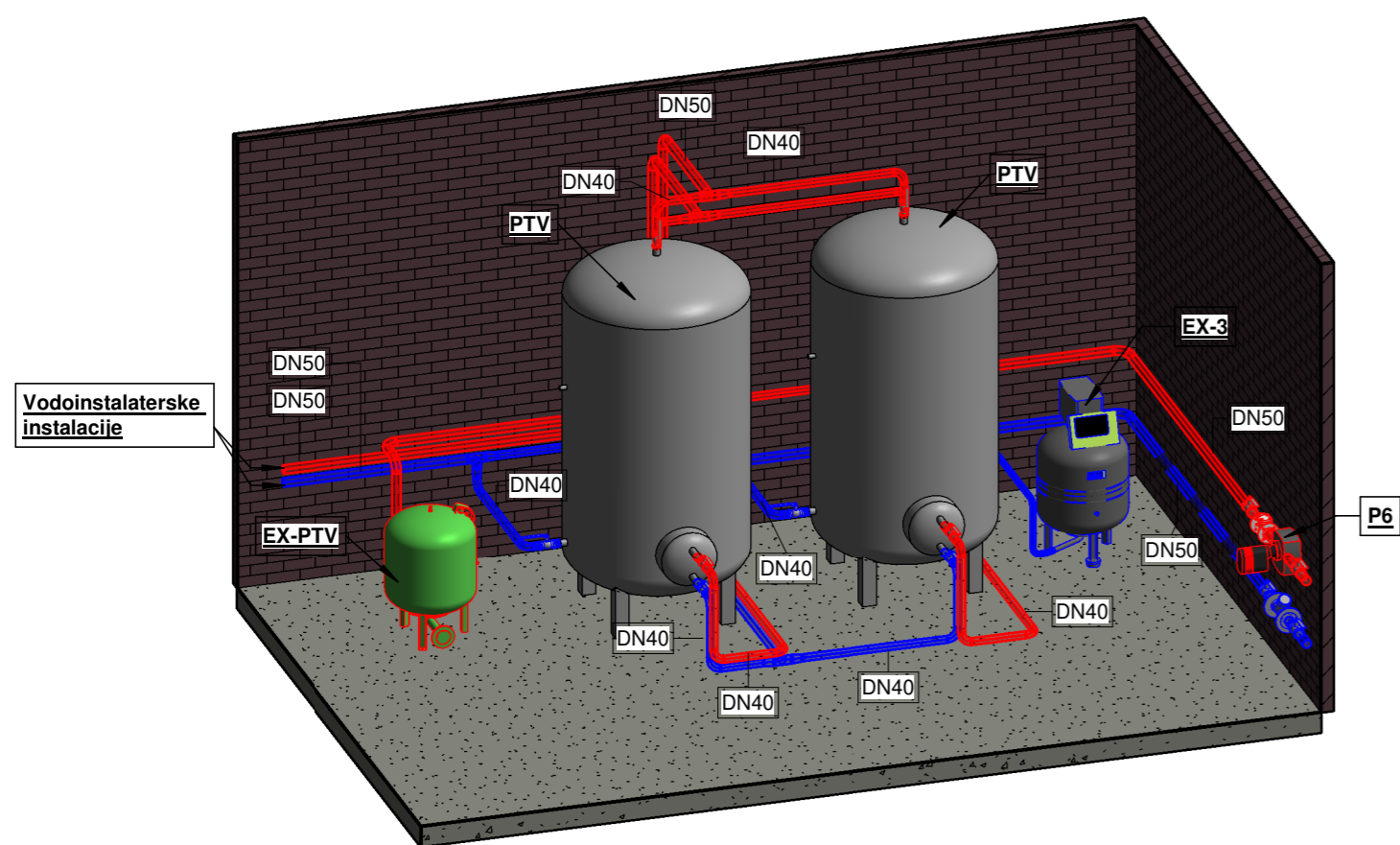
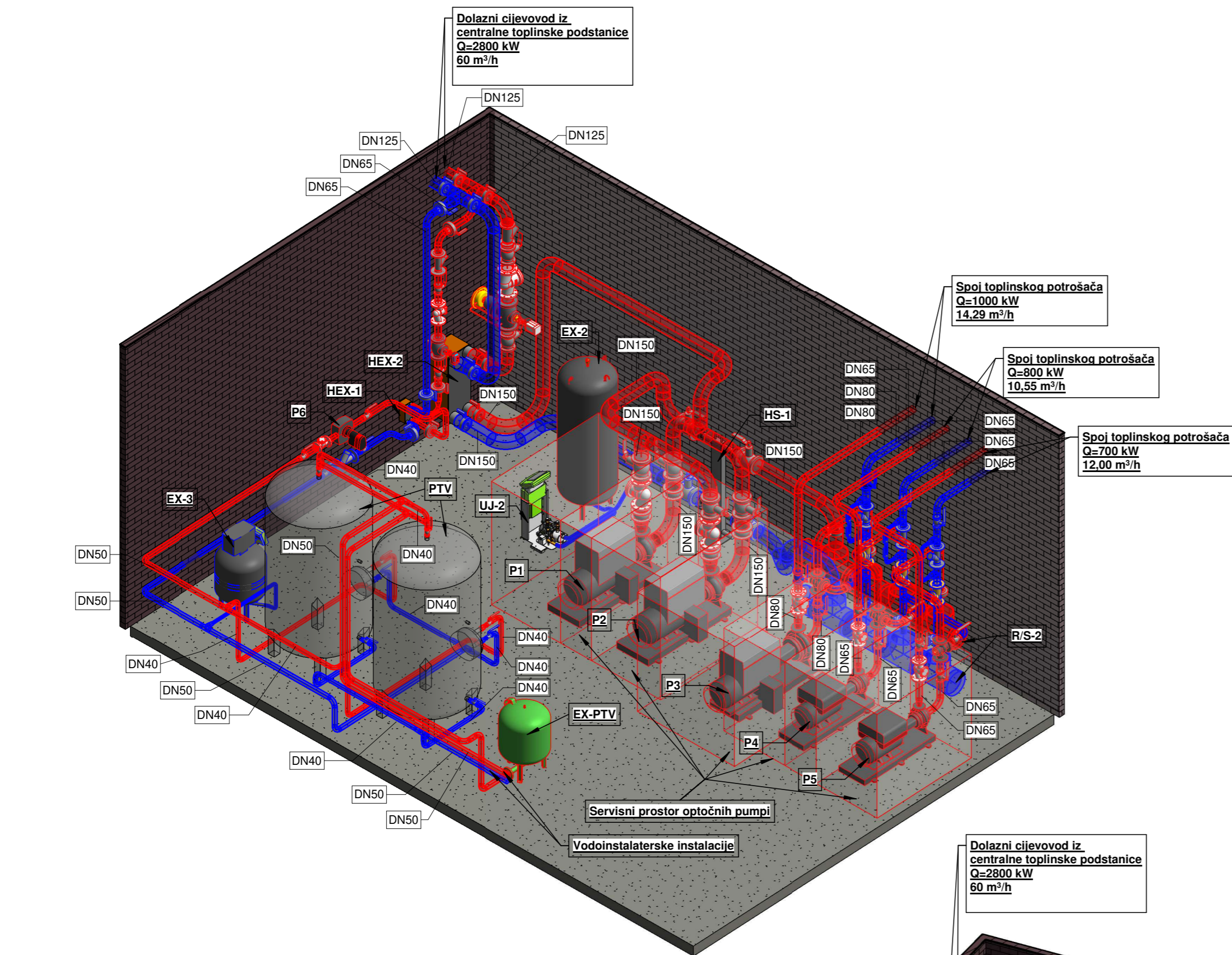
- Polaz
- Povrat

- EX-PTV** Ekspanzijska posuda  
Nominalni volumen: 200 l  
Korisni volumen: 150 l  
Max. radna temperatura: 70 °C  
Max. radni tlak: 10 bara  
Dimenzije (Ød x v) = Ø634x973 mm  
Masa: 53 kg  
Proizvod kao Reflex Refix DT 200 ili jednakovrijedno
- EX-1** Ekspanzijska posuda  
Nominalni volumen: 1000 l  
Korisni volumen: 900 l  
Max. radna temperatura: 110 °C  
Max. radni tlak: 6 bara  
Dimenzije (Ød x v) = Ø740x2737 mm  
Masa: 127 kg  
Proizvod kao Reflex Variomat primary vessel VG 1000/740 ili jednakovrijedno
- UJ-1 & UJ-2** Upravljačka jedinica ekspanzijske posude  
Max. radna temperatura: 105 °C  
Max. radni tlak: 10 bara  
Dimenzije (dxšxv) = 572x470x921 mm  
Masa: 36,9 kg  
Snaga: 1,10 kW  
Proizvod kao Reflex Variomat control unit VS 2-1/60 ili jednakovrijedno
- HS-2** Hidraulička skretnica  
Priključci: DN200/PN6  
Statički tlak: 1,8 bar  
Radni tlak: 0-6 bar  
Dimenzije (dxšxv) = 0,5x0,3x1,82 m  
Masa: 206 kg  
Proizvod kao: Hydraulic Separator DN400 ili jednakovrijedno
- P3** Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 65-315/261 AA1F2AESBAQELWA ili jednakovrijedno  
Max. radni tlak = 16 bar  
Snaga = 5,5 kW  
Napajanje = 3x380-500 V, 50 Hz  
Bruto masa = 309 kg  
Radna točka:  
H = 192,5 kPa  
V = 14,29 m³/h
- P4** Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 40-200/217 AA2F2KESBQQEHWa ili jednakovrijedno  
Max. radni tlak = 16 bar  
Snaga = 1,5 kW  
Napajanje = 3x380-500 V, 50 Hz  
Bruto masa = 136 kg  
Radna točka:  
H = 131,8 kPa  
V = 10,55 m³/h
- P5** Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 40-250/219 AA2F2KESBQQEHWa ili jednakovrijedno  
Max. radni tlak = 16 bar  
Snaga = 1,5 kW  
Napajanje = 3x380-500 V, 50 Hz  
Bruto masa = 165 kg  
Radna točka:  
H = 121,7 kPa  
V = 12,0 m³/h
- P7** Optočna pumpa, proizvod kao tip MAGNA3 40-180 F ili jednakovrijedno  
Max. radni tlak = 10 bar  
Ulaz snage = 609 W  
Napon = 1x230 V, 50 Hz  
Bruto masa = 17,6 kg  
Radna točka:  
H = 147,5 kPa  
V = 5,14 m³/h
- P8 & P9** Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 125-315/275 AA2F2AESBQQEPW3 ili jednakovrijedno  
Max. radni tlak = 16 bar  
Snaga = 18,5 kW  
Napajanje = 3x380-420V, 50HZ  
Bruto masa = 663 kg  
Radna točka:  
H = 206,0 kPa  
V = 120,0 m³/h
- PTV** Spremnik potrošne tople vode  
Volumen: 3 m³  
Dimenzije (Ødxv) = 1,3x2,6 m  
Proizvod kao: Pireko SB-30-1-Fe ili jednakovrijedno
- HEX1** Cijevni izmjenjivač topline  
Tip: voda/voda  
P = 2800 kW  
Pad tlaka:  
sekundarna strana ΔP = 85,87 kPa  
Temperaturni režimi:  
primarna strana = 130/90°C  
sekundarna strana = 80/60°C
- R/S-1** Jednokomorni razdjelnik/sabirnik grijanja za spoj na 4 krugova grijanja i 1 kotlovski priključak (ukupno 5 priključaka).  
1x DN200  
2x DN65  
1x DN50  
dP = 5 mbar-a  
Protok medija: 120,4 m³/h  
Max protok medija: 134,1 m³/h  
Masa: 190 kg  
Duljina: 3182 mm  
Proizvod kao PROSINUSX, tip SINUS-Single chamber-heating-/cooling manifold DN 350 ili jednakovrijedno.



Prilog br. 23 Dispozicija indirektnog sustava grijanja i PTV-a (cijevni izmjenjivač) [autor]

|  |   |  |                                 |
|--|---|--|---------------------------------|
| <b>Gradjevina:</b><br>TOPLINSKA PODSTANICA ZA GRIJANJE STAMBENE GRAĐEVINE NA LOKACIJI OSIJEK | <b>Faza projekta:</b><br>GLAVNI PROJEKT - PROJEKT STROJRASKIH INSTALACIJA - GRIJANJE I HLAĐENJE | <b>Mentor:</b><br>Prof.dr.sc. Ante Čikić         |                                 |
| <b>Investitor:</b>   | <b>Sadržaj:</b><br>DISPOZICIJA INDIREKTOG SUSTAVA GRIJANJA I PTV-a (CIJEVNI IZMJENJIVAČ)        | <b>Student:</b><br>David Kresonja bacc.ing.mech. |                                 |
|  |   | <b>Datum:</b><br>07.2024.                        | <b>Mjerilo:</b><br>1 : 50       |
|  |   | <b>Broj projekta:</b><br>001                     | <b>List br.:</b><br>1/1         |
|  |   |  | <b>Nacr. br.:</b><br><b>004</b> |



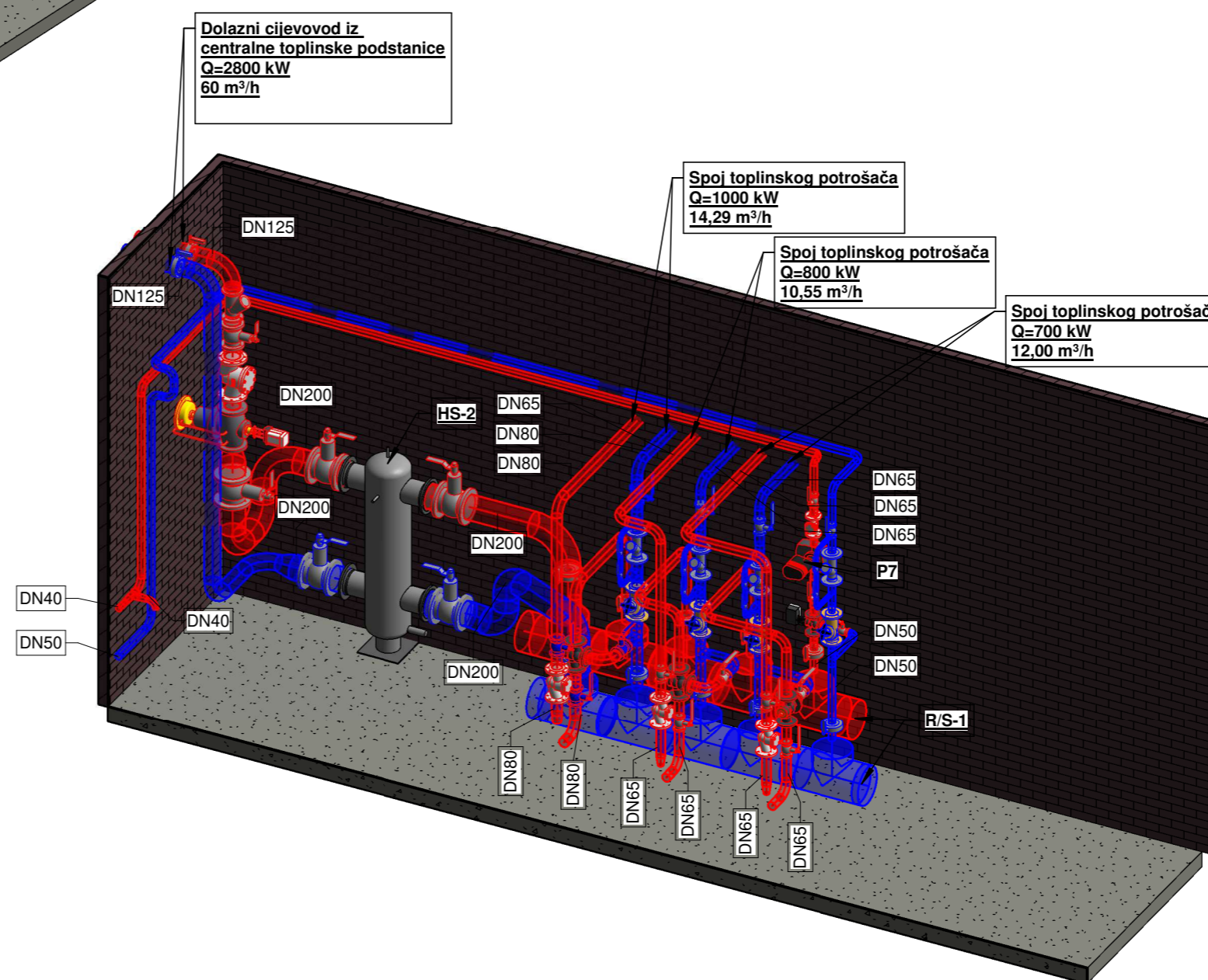
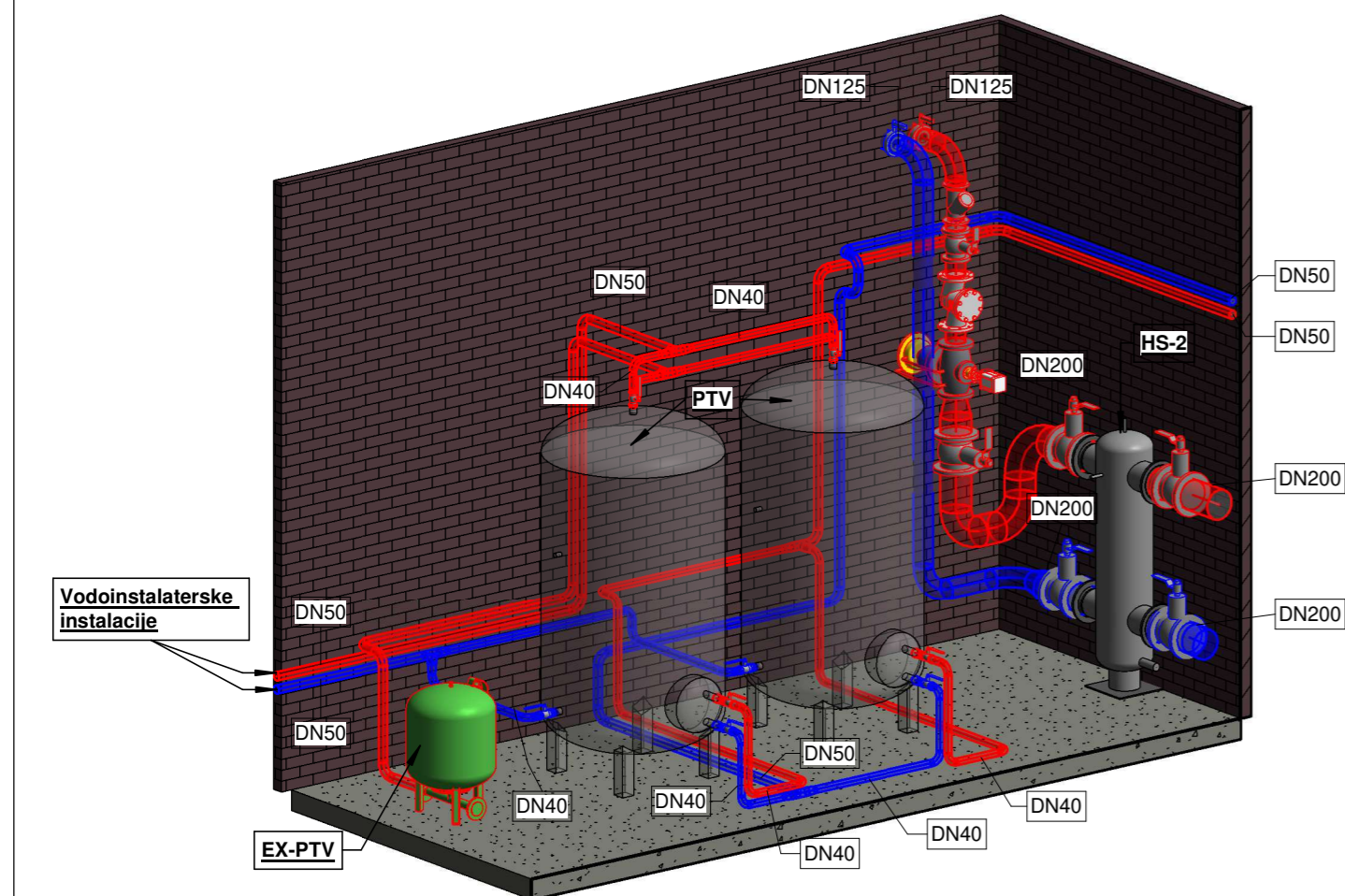
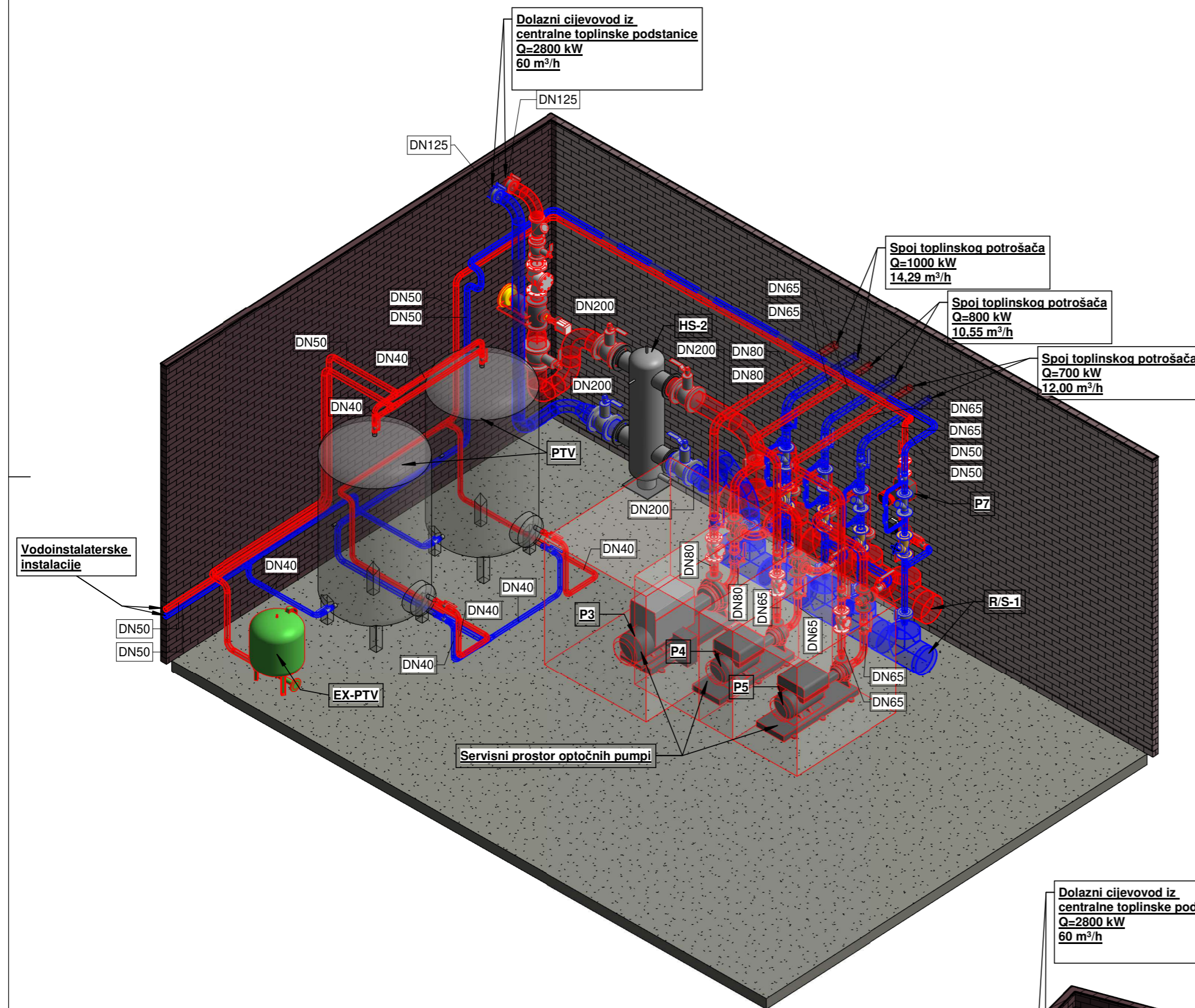
**Legenda:**

- Polaz
- Povrat

- EX-PTV** Ekspanzijska posuda  
 Nominalni volumen: 200 l  
 Korisni volumen: 150 l  
 Max. radna temperatura: 70 °C  
 Max. radni tlak: 10 bara  
 Dimenzije (Ød x v) = Ø634x973 mm  
 Masa: 53 kg  
 Proizvod kao Reflex Refix DT 200 ili jednakovrijedno
- EX-2** Ekspanzijska posuda  
 Nominalni volumen: 800 l  
 Korisni volumen: 720 l  
 Max. radna temperatura: 110 °C  
 Max. radni tlak: 6 bara  
 Dimenzije (Ød x v) = Ø740x2272 mm  
 Masa: 109,9 kg  
 Proizvod kao Reflex Variomat primary vessel VG 800 ili jednakovrijedno
- EX-3** Ekspanzijska posuda  
 Nominalni volumen: 200 l  
 Korisni volumen: 180 l  
 Max. radna temperatura: 120 °C  
 Max. radni tlak: 6 bara  
 Dimenzije (Ød x v) = Ø634x1223 mm  
 Masa: 52,4 kg  
 Dolazi s ugrađenom kontrolnom jedinicom:  
 Snaga: 0,8 kW  
 Napajanje 230V/50 Hz  
 Proizvod kao Reflex Reflexomat Silent Compact RSC Smart 200 ili jednakovrijedno
- P1 & P2** Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 100-160/167 BA2F2AESBQQEQWB ili jednakovrijedno  
 Max. radni tlak= 16 bar  
 Snaga= 22 kW  
 Napajanje=3x380-480V, 50 Hz  
 Bruto masa=286 kg  
 Radna točka:  
 H= 304,0 kPa  
 V= 107,14 m³/h
- P3** Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 65-315/261 AA1F2AESBAQELWA ili jednakovrijedno  
 Max. radni tlak= 16 bar  
 Snaga= 5,5 kW  
 Napajanje=3x380-500 V, 50 Hz  
 Bruto masa=309 kg  
 Radna točka:  
 H= 192,5 kPa  
 V= 14,29m³/h
- P4** Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 40-200/217 AA2F2KESBQQEHWA ili jednakovrijedno  
 Max. radni tlak= 16 bar  
 Snaga= 1,5 kW  
 Napajanje=3x380-500 V, 50 Hz  
 Bruto masa=136 kg  
 Radna točka:  
 H= 131,8 kPa  
 V= 10,55 m³/h
- P5** Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 40-250/219 AA2F2KESBQQEHWA ili jednakovrijedno  
 Max. radni tlak= 16 bar  
 Snaga= 1,5 kW  
 Napajanje=3x380-500 V, 50 Hz  
 Bruto masa=165 kg  
 Radna točka:  
 H= 121,7 kPa  
 V= 12,0 m³/h
- P6** Optočna pumpa, proizvod kao tip MAGNA3 50-150 F ili jednakovrijedno  
 Max. radni tlak= 10 bar  
 Ulaz snage= 601 W  
 Napajanje=1x230V, 50 Hz  
 Bruto masa=20,8 kg  
 Radna točka:  
 H= 92,8 kPa  
 V= 5,14 m³/h
- UJ-1 & UJ-2** Upravljačka jedinica ekspanzijske posude  
 Max. randa temperatura: 105 °C  
 Max. radni tlak: 10 bara  
 Dimenzije (dxšxv)=572x470x921 mm  
 Masa: 36,9 kg  
 Snaga: 1,10 kW  
 Proizvod kao Reflex Variomat control unit VS 2-1/60 ili jednakovrijedno
- HS-1** Hidraulička skretница  
 Priklučci: DN200/PN6  
 Statički tlak: 1.8 bar  
 Radni tlak: 0-6 bar  
 Dimenzije (dxšxv)=0.5x0.3x1.82 m  
 Masa: 251 kg  
 Proizvod kao: Hydraulic Separator 500/300 ili jednakovrijedno
- PTV** Spremnik potrošne tople vode  
 Volumen: 3 m³  
 Dimenzije (Ødxv)=1.3x2.6 m  
 Proizvod kao: Pireko SB-30-1-Fe ili jednakovrijedno
- HEX-1** Pločasti izmjenjivač topline  
 Tip: voda/voda  
 P = 300 kW  
 Pad tlaka:  
 primarna strana ΔP = 15,63 kPa  
 sekundarna strana ΔP = 24,90 kPa  
 Temperaturni režimi:  
 primarna strana = 130/90°C  
 sekundarna strana = 60/10°C  
 Dimenzije (vxšxd)= 466x258x84 mm  
 Masa: 20,96 kg  
 Proizvod kao Reflex Longtherm RMB-31-40 ili jednakovrijedno
- HEX-2** Pločasti izmjenjivač topline  
 Tip: voda/voda  
 P = 2500 kW  
 Pad tlaka:  
 primarna strana ΔP = 54,8 kPa  
 sekundarna strana ΔP = 194,3 kPa  
 Temperaturni režimi:  
 primarna strana = 130/90°C  
 sekundarna strana = 60/10°C  
 Dimenzije (vxšxd)= 1008x221x387 mm  
 Masa: 139,3 kg  
 Proizvod kao HEXONIC LE400-40L-DN100.SS ili jednakovrijedno

Prilog br. 24 Dispozicija indirektnog sustava grijanja i PTV-a (pločasti izmjenjivač) [autor]

|  |   |  |                                 |
|--|---|--|---------------------------------|
| <b>Gradjevina:</b><br>TOPLINSKA PODSTANICA ZA GRIJANJE STAMBENE GRAĐEVINE NA LOKACIJI OSIJEK | <b>Faza projekta:</b><br>GLAVNI PROJEKT - PROJEKT STROJRASKIH INSTALACIJA - GRIJANJE I HLAĐENJE | <b>Mentor:</b><br>Prof.dr.sc. Ante Čikić         |                                 |
| <b>Investitor:</b><br>-  | <b>Sadržaj:</b><br>DISPOZICIJA INDIREKTOG SUSTAVA GRIJANJA I PTV-a (PLOČASTI IZMJENJIVAČ)       | <b>Student:</b><br>David Kresonja bacc.ing.mech. |                                 |
|  |   | <b>Datum:</b><br>07.2024.                        | <b>Mjerilo:</b><br>1 : 50       |
|  |   | <b>Broj projekta:</b><br>001                     | <b>List br.:</b><br>1/1         |
|  |   |  | <b>Nacr. br.:</b><br><b>005</b> |



**Legenda:**

Polaz  
Povrat

- EX-PTV Ekspanzijska posuda  
Nominalni volumen: 200 l  
Korisni volumen: 150 l  
Max. radna temperatura: 70 °C  
Max. radni tlak: 10 bara  
Dimenzije (Ød x v) = Ø634x973 mm  
Masa: 53 kg  
Proizvod kao Reflex Refix DT 200 ili jednakovrijedno
- HS-2 Hidraulička skretnica  
Prijključci: DN200/PN6  
Statički tlak: 1.8 bar  
Radni tlak: 0-6 bar  
Dimenzije (dxšxv)=0.5x0.3x1.82 m  
Masa: 206 kg  
Proizvod kao: Hydraulic Separator DN400 ili jednakovrijedno
- P3 Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 65-315/261 AA1F2AESBAQELWA ili jednakovrijedno  
Max. radni tlak= 16 bar  
Snaga= 5.5 kW  
Napajanje=3x380-500 V, 50 Hz  
Bruto masa=309 kg  
Radna točka:  
H= 192.5 kPa  
V= 14,29m³/h
- P4 Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 40-200/217 AA2F2KESBQQEHWA ili jednakovrijedno  
Max. radni tlak= 16 bar  
Snaga= 1.5 kW  
Napajanje=3x380-500 V, 50 Hz  
Bruto masa=136 kg  
Radna točka:  
H= 131.8 kPa  
V= 10.55 m³/h
- P5 Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 40-250/219 AA2F2KESBQQEHWA ili jednakovrijedno  
Max. radni tlak= 16 bar  
Snaga= 1.5 kW  
Napajanje=3x380-500 V, 50 Hz  
Bruto masa=165 kg  
Radna točka:  
H= 121.7 kPa  
V= 12.0 m³/h
- P7 Optočna pumpa, proizvod kao tip MAGNA3 40-180 F ili jednakovrijedno  
Max. radni tlak= 10 bar  
Ulaz snage= 609 W  
Napon=1x230 V, 50 Hz  
Bruto masa=17,6 kg  
Radna točka:  
H= 147.5 kPa  
V= 5.14 m³/h
- PTV Spremnik potrošne tople vode  
Volumen: 3 m³/  
Dimenzije (Ødxv)=1.3x2.6 m  
Proizvod kao: Pireko SB-30-1-Fe ili jednakovrijedno
- R/S-1 Jednokomorni razdjelnik/sabirnik grijanja za spoj na 4 krugova grijanja i 1 kotlovski priključak (ukupno 5 priključaka).  
1xDN80  
1xDN200  
2xDN65  
1xDN50  
dP=5 mbar-a  
Protok medija: 120,4 m³/h  
Max protok medija: 134,1 m³/h  
Masa: 190 kg  
Duljina: 3182 mm  
Proizvod kao PROSINUSX, tip SINUS- Single chamber-heating-/cooling manifoldr DN 350 ili jednakovrijedno.

Prilog br. 25 Dispozicija direktnog sustava grijanja i PTV-a [autor]

|   |   |  |                                    |
|---|---|--|------------------------------------|
| <b>Gradovina:</b><br>TOPLINSKA PODSTANICA ZA GRIJANJE STAMBENE GRADEVINE NA LOKACIJI OSIJEK | <b>Faza projekta:</b><br>GLAVNI PROJEKT - PROJEKT STROJRASKIH INSTALACIJA - GRIJANJE I HLAĐENJE | <b>Mentor:</b><br>Prof.dr.sc. Ante Čikić         |                                    |
| <b>Investitor:</b><br>-   | <b>Sadržaj:</b><br>DISPOZICIJA DIREKTOG SUSTAVA GRIJANJA I PTV-a                                | <b>Student:</b><br>David Kresonja bacc.ing.mech. |                                    |
|   |   | <b>Datum:</b><br>07.2024                         | <b>Mjerilo:</b><br>1 : 50          |
|   |   | <b>Broj projekta:</b><br>001                     | <b>List br.:</b><br>1/1            |
|   |   |  | <b>Nacrtni broj:</b><br><b>006</b> |




## IZJAVA O AUTORSTVU

Završni/diplomski/specijalistički rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, David Kresonja (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog/specijalističkog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Direktni i indirektni sustav toplinske podstanice za toplovodno grijanje građevine s priključkom na vrelovod (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

  
(vlastoručni potpis)

Sukladno članku 58., 59. i 61. Zakona o visokom obrazovanju i znanstvenoj djelatnosti završne/diplomske/specijalističke radove sveučilišta su dužna objaviti u roku od 30 dana od dana obrane na nacionalnom repozitoriju odnosno repozitoriju visokog učilišta.

Sukladno članku 111. Zakona o autorskom pravu i srodnim pravima student se ne može protiviti da se njegov završni rad stvoren na bilo kojem studiju na visokom učilištu učini dostupnim javnosti na odgovarajućoj javnoj mrežnoj bazi sveučilišne knjižnice, knjižnice sastavnice sveučilišta, knjižnice veleučilišta ili visoke škole i/ili na javnoj mrežnoj bazi završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice, sukladno zakonu kojim se uređuje umjetnička djelatnost i visoko obrazovanje.