

Projekt toplovoda sa toplinskim podstanicama za grijanje i PTV-e stambenih građevina

Lukavski, Leonardo

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:122:410471>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-03**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)



SVEUČILIŠTE SJEVER
SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN



Diplomski rad br. 109/STR/2024

**Projekt toplovoda sa toplinskim
podstanicama za grijanje i PTV-e
stambenih građevina**

Leonardo Lukavski, 0336036109 (3835/336)

Varaždin, srpanj 2024.

SVEUČILIŠTE SJEVER
SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN
Studij sveučilišni diplomski Strojtarstvo



Diplomski rad br. 109/STR/2024

**Projekt toplovoda sa toplinskim
podstanicama za grijanje i PTV-e
stambenih građevina**

Student:
Leonardo Lukavski, (3835/336)

Mentor:
Prof. dr. sc. Ante Čikić

Varaždin, srpanj 2024.

Prijava diplomskog rada

Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za strojarstvo		
STUDIJ	diplomski sveučilišni studij Strojarstvo		
PRISTUPNIK	Lukavski Leonardo	MATIČNI BROJ	3835/336D
DATUM	18. lipnja 2024.	KOLEGIJ	KGH sustavi
NASLOV RADA	Projekt toplovođa sa toplinskim podstanicama za grijanje i PTV-e stambenih građevina		
NASLOV RADA NA RHGL JEZIKU	Heating pipeline project with thermal substations for heating and HWP of residential buildings		
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	109/STR/2024
OPIS	<p>U kogeneracijskom postrojenju ostvaruje se 15 MW električne snage i 40 MW toplinske snage s temperaturnim režimom rada tople vode 120/90°C pri radnom predtlaku 4 bar.</p> <p>Dio toplinske energije se troši na grijanje tri odvojene stambeno poslovne građevine (G1, G2, G3) na udaljenosti od kogeneracijskog postrojenja oko 180 m (G1), 250 m (G2) i 320 m (G3). Temperaturni režim grijanja toplom vodom objekta G1 je 80/60°C, G2 je 75/50°C i G3 je 85/65°C. Toplinski tereti objekata su: G1 max.1,5 MWh, G2 max.1,2 MWh i G3 max. 2,0 MWh. Prosječna unutarnja temperatura zraka grijanih prostorija iznosi 21°C. Grijanje stambeno poslovnih građevina se provodi od početka listopada do sredina travnja sezone grijanja kod promjenjivih vanjskih mikroklimatskih uvjeta na lokaciji Koprivnica.</p> <p>Potrebno je projektirati: glavni podzemni predizolirani toplovod odgovarajućeg protoka i hidrauličkih karakteristika sa pogonskim pumpama optimalnih tehničkih i hidrauličkih karakteristika uvažavajući promjenjive energetske veličine tijekom sezone grijanja i pripreme PTV-e. Toplinske podstanice su indirektnog tipa sa sekundarnim krugovima razvodnog grijanja s četiri pogonsko regulacijska kruga u odnosu 0,15xQmax, 0,25xQmax, 0,40xQmax i 0,20xQmax. U svakoj toplinskoj podstanici predviđjeti akumulacijski spremnik tople potrošne vode volumena: G1-2000 litara, G2-2500 litara i G3-2x3000 litara. Toplinske podstanice treba predvidjeti sa svojim pogonskim regulacijskim kontrolnim elementima.</p>

ZADATAK URUČEN

24.06.2024.



[Signature]

Predgovor

Pri pisanju ovog diplomskog rada, vodio sam se idejom da teoretska znanja stečena tijekom obrazovanja primijenim u praksi na način koji će biti koristan ne samo akademskoj zajednici, već i širem društvenom kontekstu. Izazovi s kojima sam se susreo na tom putu bili su brojni, ali su isto tako predstavljali priliku za osobni i profesionalni razvoj. Posebne zahvale dugujem prof. dr. sc. Ante Čikiću, čija strpljivost, susretljivost i stručno vodstvo bili su neprocjenjivi tijekom cijelog procesa nastanka ovog diplomskog rada. Također, zahvaljujem se svim profesorima Sveučilišta Sjever koji su svojim predavanjima, savjetima i stručnim znanjem obogatili moje obrazovanje i doprinijeli mojim akademskim uspjesima. Njihova predanost poslu i spremnost da znanje prenesu na studente u svakom su me trenutku inspirirali da težim izvrsnosti.

Na osobnoj razini, zahvaljujem svojoj obitelji, djevojci i prijateljima koji su me nesebično podržavali tijekom cijelog mog studija. Njihova motivacija i vjera u moje sposobnosti bili su mi vjetar u leđa u mnogim trenucima kada su predanost i entuzijizam počeli slabiti.

Sažetak

Ovaj diplomski rad fokusira se na projektiranje toplovodnog sustava sa toplinskim podstanicama za grijanje i pripremu tople potrošne vode stambenih građevina u Koprivnici. S obzirom na zadane kapacitete kogeneracijskog postrojenja od 15 MW električne i 40 MW toplinske snage, detaljno je razrađen optimalni dizajn glavnog toplovoda, toplinskih podstanica i sekundarnih krugova distribucije topline. Rad razmatra hidrauličke i tehničke aspekte sustava, energetske efikasnost, te utjecaj vanjskih mikroklimatskih uvjeta. Analiza uključuje optimizaciju protoka i temperaturnih režima, odabir opreme te predložene mjere za povećanje energetske ekonomičnosti. Predviđeni sustav koristi predizolirane cijevi za maksimalnu efikasnost i minimalne toplotne gubitke, s akcentom na održivost i adaptibilnost na promjenjive klimatske uvjete. Također, u radu su prikazane toplinske podstanice opremljene modernim kontrolno-regulacijskim uređajima koji osiguravaju optimalno upravljanje energijom i komfor stanovanja. Rezultati pokazuju da predloženi dizajn omogućuje značajne uštede u potrošnji energije, što potvrđuje njegovu primjenjivost i efikasnost.

Ključne riječi: toplovod, toplinska podstanica, kogeneracijsko postrojenje, energetska efikasnost, optimizacija protoka, hidrauličke karakteristike, predizolirane cijevi, regulacijski uređaji, grijanje, priprema tople vode.

Summary

This thesis focuses on the design of a district heating system with thermal substations for heating and domestic hot water preparation for residential buildings in Koprivnica. Given the cogeneration plant capacities of 15 MW of electrical and 40 MW of thermal power, an optimal design for the main heat distribution network, thermal substations, and secondary heat distribution circuits is thoroughly developed. The work examines hydraulic and technical aspects of the system, energy efficiency, and the impact of external microclimatic conditions. The analysis includes optimization of flow and temperature regimes, equipment selection, and proposed measures to enhance energy economic efficiency. The envisioned system utilizes pre-insulated pipes for maximum efficiency and minimal thermal losses, with an emphasis on sustainability and adaptability to changing climatic conditions. Additionally, the thesis presents thermal substations equipped with modern control and regulation devices that ensure optimal energy management and living comfort. Results demonstrate that the proposed design significantly reduces energy consumption, confirming its applicability and efficiency.

Keywords: district heating, thermal substation, cogeneration plant, energy efficiency, flow optimization, hydraulic characteristics, pre-insulated pipes, control devices, heating, domestic hot water preparation.

Popis korištenih kratica

AP (Pressure Drop) - pad tlaka

ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) - Američko društvo za grijanje, hlađenje i klimatizaciju

BMS (Building Management System) - Sustav za upravljanje zgradama

BTU (British Thermal Unit) - Britanska toplinska jedinica

CFM (Cubic Feet per Minute) - Kubni stopa po minuti

COP (Coefficient of Performance) - koeficijent učinkovitosti

CT (Chiller) - Hladnjak

DIN (Deutsche Industrie Normen) - Njemački industrijski standardi

DN (Diameter Nominal) - nazivni promjer

EER (Energy Efficiency Ratio) - Omjer energetske učinkovitosti

HPE (High Energy Performance) - Visoka energetska učinkovitost

HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning) - grijanje, ventilacija i klimatizacija

IEA (International Energy Agency) - Međunarodna agencija za energiju

ISO (International Organization for Standardization) - Međunarodna organizacija za standardizaciju

K (Kelvin) - Kelvin

Kv (Valve Flow Coefficient) - koeficijent protoka ventila

L (Length) - duljina

LED (Light Emitting Diode) - Diode koja emitira svjetlo

MW (megawatt) - megavat

PMV (Predicted Mean Vote) - predviđeni srednji glas

PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) - predviđeni postotak nezadovoljnih

PTV (Potrošna Topla Voda) - potrošna topla voda

Q (Flow Rate) - protok

THPE (Very High Energy Performance) - Vrlo visoka energetska učinkovitost

UNDP (United Nations Development Programme) - Program Ujedinjenih naroda za razvoj

UPS (Uninterruptible Power Supply) - neprekidno napajanje

VAV (Variable Air Volume) - varijabilni volumen zraka

VRF (Variable Refrigerant Flow) - promjenjivi volumen rashladnog sredstva

W (Watt) - Vat

kPa (kilopascal) - kilopaskal

kW (kilowatt) - kilovat

kWh (kilowatt-hour) - kilovat-sat

m (meter) - metar

Sadržaj

1.	Uvod.....	1
1.1.	Ciljevi projekta	2
1.2.	Ugodnost.....	2
1.3.	Građevinska fizika standardi za zgrade	3
2.	Toplina i svojstva dijelova zgrada.....	5
2.1.	Temperatura i količina topline	5
2.2.	Specifični toplinski kapacitet.....	8
2.3.	Toplinski mostovi	10
2.4.	Potrebna energija za grijanje.....	11
3.	Grijanje	13
3.1.	Centralno grijanje	14
3.2.	Daljinsko grijanje	14
3.3.	Direktan priključak	17
3.3.1.	Indirektan priključak.....	19
3.3.2.	Toplinska podstanica.....	22
4.	Tehnički opis stambeno-poslovnih objekata (G1, G2, G3)	24
5.	Dimenzioniranje cjevovoda.....	25
5.1.	Proračun protoka vode glavni cjevovod	26
5.2.	Dimenzioniranje balansirajućeg ventila	35
5.3.	Odabir hidrauličke skretnice	39
5.4.	Dimenzioniranje razdjelivača/sabirnika.....	40
5.5.	Cirkulacijske primarne crpke.....	44
5.5.1.	Razlika između otvorenog i zatvorenog sistema grijanja.....	48
5.6.	Proračun izolacije podzemnog cjevovoda.....	50
5.6.1.	Izračunavanje rastezanja cjevovoda i metode njegove kompenzacije	51
5.7.	Cirkulacijske sekundarne crpke	55
5.8.	Izbor i određivanje veličine ekspanzijske posude.....	62
6.	Regulacija sustava grijanja	65
6.1.	Princip rada i regulacije.....	66
6.2.	AKUMULACIJSKI SUSTAVI PTV-A.....	67
7.	Analiza energetske ekonomičnosti.....	69
7.1.	Energetska ekonomičnost postrojenja	70
7.1.1.	Omjer cijena energenata.....	72
7.1.2.	Energetska efikasnost	73
8.	Zaključak.....	75
9.	Literatura.....	76
10.	Popis slika.....	77
11.	Popis tablica	78
12.	PRILOZI	79

1. Uvod

Ovaj diplomski rad bavi se projektiranjem toplovodnog sustava koji uključuje toplinske podstanice za grijanje i pripremu tople potrošne vode u stambenim zgradama u Koprivnici. Korištenjem kogeneracijskog postrojenja koje može isporučiti 15 MW električne i 40 MW toplinske energije, rad istražuje optimalnu konfiguraciju glavne mreže distribucije topline, toplinskih podstanica i sekundarnih distribucijskih krugova u različitim mikroklimatskim uvjetima. Toplovodni sustavi su ključni element modernih energetske strategije za održivo grijanje urbanih područja, omogućujući smanjenje emisija štetnih plinova i ovisnosti o fosilnim gorivima. Zbog rastućih zahtjeva za održivim razvojem gradova, integracija kogeneracijskih postrojenja s toplovodnim sustavima može znatno poboljšati energetske učinkovitost, posebice u hladnijim mikroklimatskim uvjetima gdje je potreba za grijanjem izraženija. Ovi sustavi su izuzetno važni za smanjenje vanjske potrošnje energije i unutarnjih toplinskih gubitaka u zgradama. Integracijom toplinskih podstanica koje učinkovito reguliraju distribuciju i razmjenu topline moguće je optimizirati potrošnju i povećati ukupnu učinkovitost sustava. Daljinsko grijanje omogućuje bolje upravljanje energijom i resursima putem naprednih tehnoloških rješenja i automatiziranih kontrolnih sustava koji smanjuju operativne troškove i emisije CO₂. Kogeneracijska postrojenja koja simultano proizvode električnu i toplinsku energiju mogu doseći energetske učinkovitost do 90%. Optimalno projektiranje toplinskih podstanica treba uključivati detaljnu analizu toplinskih gubitaka, izolacijskih svojstava materijala i hidrauličkih uvjeta sustava. Ključno je osigurati da temperatura povratne vode bude dovoljno niska kako bi se maksimalno iskoristila zaostala toplina, što je posebno bitno za sustave koji koriste obnovljive izvore energije. Učinkovito upravljanje centraliziranim toplinskim sustavima zahtijeva planiranje rasporeda cjevovoda, kapaciteta pumpi i dimenzija izmjenjivača topline. To podrazumijeva sveobuhvatne proračune protoka, tlaka i temperature u različitim dijelovima mreže, što direktno utječe na performanse cijelog sustava. [1]

Moderni pristupi optimizaciji mreža daljinskog grijanja zahtijevaju ne samo poboljšanja fizičke infrastrukture, već i implementaciju sofisticiranih algoritama za dinamičko balansiranje i prilagodbu operativnih parametara u stvarnom vremenu.

1.1. Ciljevi projekta

Glavni cilj ovog diplomskog rada je projektiranje i implementacija učinkovitog, održivog i ekonomski isplativog sustava toplovoda s toplinskim podstanicama za grijanje i pripremu tople potrošne vode u stambenim zgradama u Koprivnici. Projekt se oslanja na kogeneracijsko postrojenje koje proizvodi 15 MW električne i 40 MW toplinske energije. Sustav je dizajniran tako da osigura pouzdanu, kontinuiranu i ekološki prihvatljivu opskrbu toplinom, minimizirajući energetske gubitke i emisije štetnih plinova, te maksimizirajući iskoristivost dostupnih energetske resursa. Cilj projekta je osigurati da toplovodni sustav može neprekidno opskrbljivati korisnike toplinskom energijom, čime se održava visoka razina komfora u stambenim prostorima. Ključno je koristiti robusne i pouzdane komponente otporne na lokalne operativne uvjete, te implementirati redundanciju u ključnim segmentima sustava kako bi se izbjegli mogući prekidi i osigurala neprekidna usluga.

Poseban naglasak stavlja se na minimizaciju energetske gubitaka primjenom najnovijih tehnologija izolacije cjevovoda i optimizacijom hidrauličkih parametara mreže za distribuciju topline. Korištenje prethodno izoliranih cijevi koje zadovoljavaju visoke standarde toplinske efikasnosti te razvoj optimiziranih trasa cjevovoda koji minimiziraju termalni otpor i hidraulički pritisak ključno je za smanjenje toplinskih gubitaka tijekom prijenosa topline od kogeneracijskog postrojenja do krajnjih korisnika.

1.2. Ugodnost

Ljudski organizam može se prilagoditi različitim vanjskim temperaturama, no postoji određena zona komfora unutar koje se čovjek osjeća najugodnije. Na osjećaj ugone u prostoru i reakciju na temperaturu utječe metabolizam, koji regulira proizvodnju i otpuštanje topline, što dovodi do fizioloških prilagodbi kao što su termoregulacija i znojenje. Ekstremna toplina ili hladnoća mogu uzrokovati opću termičku nelagodu, dok lokalizirani problemi, poput propuha, temperaturnih razlika na površinama ili neujednačene temperature zraka, mogu izazvati lokaliziranu nelagodu. Efektivno upravljanje termičkom ugodnošću zahtijeva kontrolu nekoliko varijabli unutarnjeg okoliša. Moderni HVAC sustavi (sustavi grijanja, ventilacije i klimatizacije) ključni su za regulaciju ovih faktora, uključujući temperaturu, vlažnost i kvalitetu zraka, kako bi se održale optimalne uvjete za zdrav i ugodan prostor. Dobro dizajnirani i održavani HVAC sustavi ne samo da poboljšavaju ugodnost, već i energetske učinkovitost te smanjuju ekološki utjecaj. U dizajniranju HVAC

sustava važno je precizno odrediti toplinsko opterećenje prostora i odabrati komponente koje će učinkovito regulirati mikroklimu. Nadalje, upotreba pametnih termostata i automatiziranih kontrolnih sustava može značajno unaprijediti energetska učinkovitost i personalizirati iskustvo ugodnosti u prostoru. Za postizanje prihvatljive termičke klime u prostoru ključno je osigurati termičku neutralnost, što znači da ne postoji potreba za dodatnim grijanje ili hlađenjem prostora. Na osjećaj topline utječu faktori poput aktivnosti osobe, izolacijskih svojstava odjeće, temperature i brzine zraka te relativne vlažnosti.

Prema standardu DIN EN ISO 7730, termička ugodnost procjenjuje se pomoću PMV (Predicted Mean Vote) i PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) indeksa koji sumiraju utjecaje navedenih faktora u jedinstvenu ocjenu na skali od sedam stupnjeva, od vrlo toplog (+3) do hladnog (-3), kao što je prikazano u tablici 1.2.1. Neutralna točka na ovoj skali (0) odgovara termičkoj neutralnosti, gdje osoba ne osjeća ni toplinu ni hladnoću. Kvaliteta termičkog okruženja mjeri se predviđenim postotkom nezadovoljnih korisnika (PPD), koji je u korelaciji s PMV ocjenama. Neutralnost PMV indeksa (PMV = 0) ukazuje na optimalnu termičku ugodnost u prostoru. [3]

PMV	3	2	1	0,5	0	-0,5	-1	-2	-3
PPD	90%	75%	25%	10%	5%	10%	25%	75%	90%

Tablica 1.2.1; Prikaz PMV-a i PPD-a [autor]

1.3. Građevinska fizika standardi za zgrade

Energetski standard zgrade ključan je za definiranje maksimalno dopuštene potrošnje energije koja ne kompromitira toplinsku udobnost unutar prostora. Takvi standardi se postižu kroz specifične arhitektonske i građevinske mjere, kao i kroz primjenu adekvatnih tehničkih sustava unutar zgrade. Iako ponašanje stanara ne utječe na sam energetski standard, ono igra značajnu ulogu u realnoj potrošnji energije zgrade. Različiti energetski standardi su prisutni u industriji gradnje, a njihovi nazivi i specifikacije variraju. Nacionalni propisi i norme svake države često daju osnovne smjernice, dok su energetske oznake zgrada obično utvrđene kroz kvalitetu energije koju zgrada koristi. Tipično, potrošnja energije se može izraziti kroz ekvivalent potrošnje loživog ulja ili prirodnog plina, gdje 1 kWh/(m²) odgovara približno 0,1 l loživog ulja/(m²) ili 0,1 m³ prirodnog plina/(m²).

Standard zvani "3-litarska kuća" implicira potrošnju od oko 30 kWh/(m²), a kategorizacija energetske standarda zgrada generalno uključuje sljedeće tipove:

- Niskoenergetska kuća,
- Pasivna kuća,
- Kuća nulte energije,
- Kuća s viškom energije,
- Energetski samodostatna kuća.

Ovi standardi mogu se razlikovati u definicijama i nazivima u različitim zemljama. Na primjer, u Švicarskoj se često koristi „Minergie“ standard koji ima specifične razine energetske efikasnosti. Energetska efikasnost zgrada ne samo da smanjuje troškove za energiju, već i znatno doprinosi smanjenju emisija stakleničkih plinova. Stoga, implementacija strogih energetske standarda ima i ekološki aspekt. Uvođenje modernih tehnologija i materijala u gradnji može dodatno optimizirati potrošnju energije. Inovacije poput pametnih termostata, trostrukog stakla i bolje izolacije su ključne za postizanje visokih energetske standarda. Zemlje s hladnijom klimom posebno su usmjerene na razvoj i primjenu pasivnih kuća koje maksimalno iskorištavaju pasivno sunčevo grijanje i minimaliziraju gubitak topline. Pasivne kuće koriste do 90% manje energije za grijanje u odnosu na tradicionalne zgrade. Ovo je primjer kako tehnološki napredak omogućava izgradnju energetski efikasnijih i ekološki prihvatljivijih stambenih prostora. [4]

2. Toplina i svojstva dijelova zgrada

Toplina se u svakodnevnom životu manifestira kao fenomen kojeg percipiramo kroz osjetilna iskustva, primjerice, kada osjetimo toplinu koja zrači od upaljene peći. Stanje topline određenog objekta opisujemo kao hladno, mlako, toplo ili vruće, ovisno o njegovoj toplinskoj energiji. Kada trljamo dva čvrsta tijela jedno o drugo ili udaramo čekićem po metalu, generiramo toplinu tj. kinetička energija trljanja ili udarca pretvara se u toplinsku energiju. Dakle, toplina može nastati kao rezultat mehaničkog rada. Primjer pretvorbe kemijske energije u toplinsku je stavljanje metalne šipke u plamen, gdje toplina nastaje izgorijevanjem goriva i prenosi se na šipku. Nasuprot tome, u parnom stroju, toplina iz zagrijanog plina koristi se za pokretanje stroja, pri čemu se plin hladi, a toplinska energija pretvara se u mehanički rad. Ova sposobnost topline da se transformira u druge oblike energije i obrnuto, čini je jedinstvenom vrstom energije. Toplinska energija može nastati transformacijom iz drugih oblika energije te se može pretvoriti natrag u druge oblike energije. Toplina se može dodavati ili oduzimati fizičkim tijelima, bilo da su u čvrstom, tekućem ili plinovitom stanju.

Jedinica za mjerenje topline je džul, skraćenica J, što je također standardna jedinica za energiju u Međunarodnom sustavu jedinica.

$$1 \text{ J} = 1 \text{ W} \times \text{s} = 1 \text{ N} \times \text{m} \quad (1)$$

Ovdje u formuli (1) se Ws koristi kao oznaka za vatsekundu, a Nm za njutnmetar. Vat, označen kao W, mjerna je jedinica za snagu, dok je njutn, označen kao N, jedinica za silu. U prošlosti, prije nego što je bilo poznato da je toplina oblik energije, koristila se jedinica kalorija, označena kao cal, koja danas nije priznata jedinica. Jedna kalorija definirana je kao količina topline potrebna za zagrijavanje jednog grama vode od 14,5 °C do 15,5 °C. S obzirom na suvremeno razumijevanje topline kao jednog od oblika energije, jasno je da se toplina treba mjeriti istim jedinicama koje se koriste za energiju. (6)

2.1. Temperatura i količina topline

Temperatura, kao jedna od sedam osnovnih fizikalnih veličina, predstavlja makroskopsko svojstvo tijela koje nam omogućuje da usporedimo je li neko tijelo toplije ili hladnije od drugog. Viša temperatura ukazuje na toplije tijelo, dok niža ukazuje na hladnije. Visina temperature ovisi o količini unutarnje energije koju tijelo sadrži, uzimajući u obzir

njegovu masu i tlak. U Europi se najčešće koriste Celzijevi stupnjevi (oznaka °C), dok je standardna jedinica u Međunarodnom sustavu jedinica Kelvin (oznaka K) za temperaturu. Temperatura izražena u Kelvinima poznata je kao termodinamička ili apsolutna temperatura, pri čemu se Kelvini označavaju slovom 'T', a Celzijevi stupnjevi slovom 'θ'. Za formiranje većih ili manjih jedinica temperature ne koriste se decimalni prefiksi.

Termodinamička temperatura definirana je pomoću dvije referentne točke: trojne točke destilirane vode pod tlakom od 101325 Pa (1 atmosfera) i apsolutne nule, koja je određena kao 0 K. Trojna točka destilirane vode je specifična točka na temperaturnoj skali gdje voda može koegzistirati u tekućem, čvrstom i plinovitom stanju. Raspon između točke taljenja leda pri standardnom tlaku i apsolutne nule iznosi 273,15 K. Mjerenje u kelvinima počinje od apsolutne nule (0 K), te su termodinamičke temperature uvijek pozitivne.

Celzijeva skala također koristi dvije referentne točke: točku taljenja leda i točku vrenja vode, obje pri tlaku od 101325 Pa. Ovaj temperaturni raspon podijeljen je na 100 jednakih dijelova, pri čemu svaki dio predstavlja 1 °C. Na Celzijevoj skali, temperature ispod točke ledišta označene su kao negativne, dok su one iznad točke vrenja pozitivne. Iako temperature u Celzijevim stupnjevima mogu biti negativne, iz fizikalne perspektive to nema smisla jer je temperatura mjera unutarnje energije, koja ne može biti manja od nule. Stoga, fizikalno valjana skala, poput Kelvinove, počinje od nule i sadrži samo pozitivne vrijednosti. Iako je veličina jednog kelvina jednaka veličini jednog Celzijevog stupnja, početne točke ovih dviju skala razlikuju se. Celzijeva skala ima proizvoljno određeno ishodište (točka taljenja leda), dok Kelvinova skala počinje od apsolutne nule. Razlika između Celzijeve i Kelvinove skale leži samo u izboru nulte točke, a ne u veličini temperaturne jedinice.

Da bismo predvidjeli unutarnju temperaturu, potrebno je odrediti funkcionalnu povezanost između vanjske temperature, povijesne unutarnje temperature, temperature dovoda vode, temperature povratne vode, protoka i ostalih parametara. Neophodno je uspostaviti fizički model koji opisuje termalni proces zgrade i koristiti model kako bi se dobila funkcionalna veza između ostalih varijabli i unutarnje temperature. Slika 2.1.1. prikazuje pojednostavljenu termodinamičku shemu grijane prostorije. Prema teoriji prijenosa topline zgrade, dobitak topline zgrada u vremenu τ uglavnom je toplina dobivena od podstanice grijanja. Potrošnja topline u vremenu τ uglavnom se sastoji od tri dijela, naime, toplinskih gubitaka kroz ovojnicu zgrade, toplinskog tereta uzrokovanog hladnim zračnim infiltracijama i toplinskim gubicima zbog infiltracije hladnog zraka. (7)

Dinamički termalni proces zgrade može se opisati jednadžbom (2):

$$(\rho_{\text{zra}} V_{\text{cp, air}}) \frac{dT_{\text{in},\tau}}{d\tau} = Q_{h,\tau} - Q_{w,\tau} - Q_{\text{tf},\tau} \quad (2)$$

Gdje je

ρ : gustoća unutarnjeg zraka, kg/m³;

ρ_{zra} : gustoća zraka

V : volumen

$c_{p,\text{air}}$: specifični toplinski kapacitet zraka

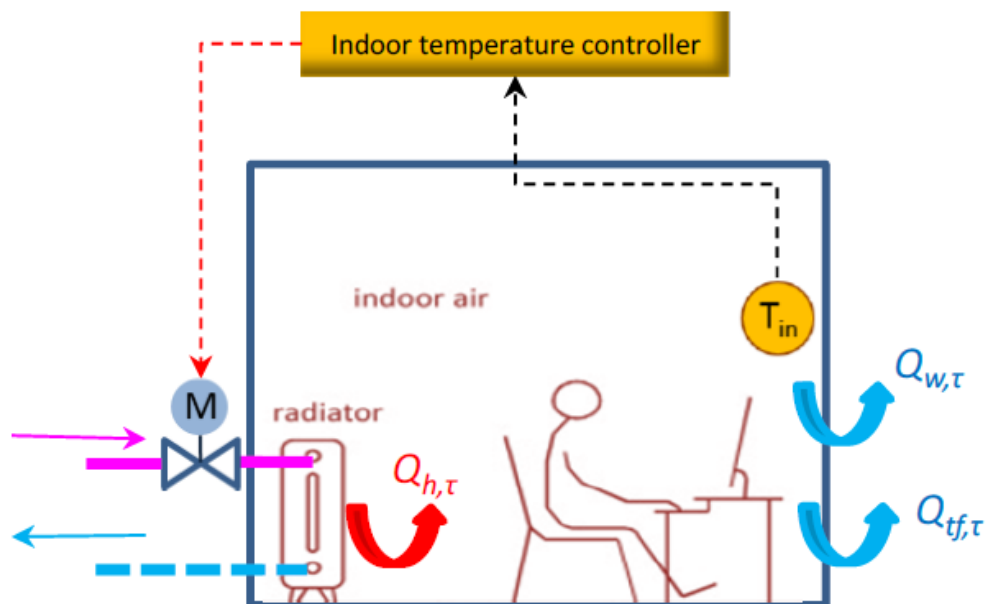
$T_{\text{in},\tau}$: unutarnja temperatura u trenutku τ

$\frac{dT_{\text{in},\tau}}{d\tau}$: promjena unutarnje temperature u vremenu τ

$Q_{h,\tau}$:toplinski tok od grijanja u trenutku τ

$Q_{w,\tau}$: toplinski gubitak kroz zidove u trenutku τ

$Q_{\text{tf},\tau}$: toplinski tok kroz podove i stropove u trenutku τ



Slika 2.1.1; Grijanje prostorije (7)

Toplina, poput ostalih oblika energije, mjeri se količinom energije koja se prenosi između tijela. Temperatura odražava termičko stanje tijela i njegovu sposobnost da prenese toplinu, što je funkcija temperaturne razlike. Stoga, razlika u temperaturama između dva područja djeluje kao pokretačka sila koja omogućava prijenos topline od toplijeg prema hladnijem području. Ovaj prijenos topline se opisuje kroz koncept temperaturnog gradijenta, koji se definira kao razlika temperatura po jedinici udaljenosti unutar tijela u određenom smjeru.

Toplina koja prelazi s jednog tijela na drugo zbog temperaturne razlike naziva se toplinski prijenos. Promjena temperature tijela kroz dodavanje ili uklanjanje topline (osim tijekom promjene agregatnog stanja) rezultira iz ovog procesa. Brojni eksperimenti potvrdili su ovu povezanost prema izrazu. (3)

$$Q = c_p \times m \times \Delta T \quad (3)$$

gdje je:

Q: količina topline (J)

ΔT : promjena temperature (K)

m: masa (kg)

c_p : specifični toplinski kapacitet (J/(kg x K))

2.2. Specifični toplinski kapacitet

Specifični toplinski kapacitet, označen kao c_p , predstavlja količinu topline potrebnu da se temperatura tijela poveća za jedan stupanj. Ova vrijednost može varirati ovisno o temperaturi materijala ili tijela. U praksi, kada su promjene temperature unutar manjih intervala, kao što je to često slučaj u građevinarstvu, koristi se koncept srednjeg specifičnog toplinskog kapaciteta kao aproksimacija za taj temperaturni raspon. Specifični toplinski kapacitet također ovisi o uvjetima pod kojima se materijal zagrijava. Kod čvrstih materijala i tekućina, deformacija materijala tijekom zagrijavanja ne utječe značajno na vrijednost c_p , pa se može zanemariti. Međutim, kod plinova su promjene u volumenu značajne i moraju se uzeti u obzir. Kada se plin zagrijava pri konstantnom tlaku, povećava se ne samo njegova unutarnja energija već i volumen. Ako je volumen plina fiksiran, sva dodana toplina ide isključivo na povećanje unutarnje energije.

Specifični toplinski kapacitet plinova varira ovisno o uvjetima zagrijavanja. Ako se plin zagrijava pri konstantnom tlaku, specifični toplinski kapacitet označava se kao c_p . Ako je volumen konstantan, specifični toplinski kapacitet označava se kao c_v . Razlika između c_p i c_v

mora se jasno naznačiti jer uvjeti pod kojima materijal prelazi iz početnog u konačno stanje značajno utječu na količinu potrebne topline za isti porast temperature. U tablici 2.2.1. može se vidjeti vrijednost specifičnog toplinskog kapaciteta nekih materijala. (8)

Materijal	c	Materijal	c
	J/(kg×K)		J/(kg×K)
zid od pune opeke od gline	900	bakar	380
zid od šupljih blokova od gline	900	čelik	450
zid od šupljih blokova od betona	1 000	prirodni kamen	1 000
armirani beton	1 000	ekspandirani polistiren	1 450
vapneno-cementna žbuka	1 000	mineralna vuna	1 030
gips	1 000	zrak*	1 000
drvo	1 700	voda	4 186
staklo	750	led	2 000
aluminijске legure	880	vodena para*	1 900

Tablica 2.2.1; Vrijednost specifičnog toplinskog kapaciteta nekih materijala [autor]

Važno je istaknuti visoki specifični toplinski kapacitet vode, koji iznosi 4 186 J/(kg x K). Zbog toga voda predstavlja efikasan medij za prijenos topline i skladištenje toplinske energije. Proizvod specifičnog toplinskog kapaciteta vode (c_p) i mase materijala (m) definira se prema izrazu (4) kao toplinski kapacitet tog tijela, označen sa C , čija je jedinica mjere J/K:

$$C = c \times m \quad (4)$$

Gdje je:

C : ukupni toplinski kapacitet (J/K)

c : specifični toplinski kapacitet (J/(kg x K))

m : masa materijala (kg)

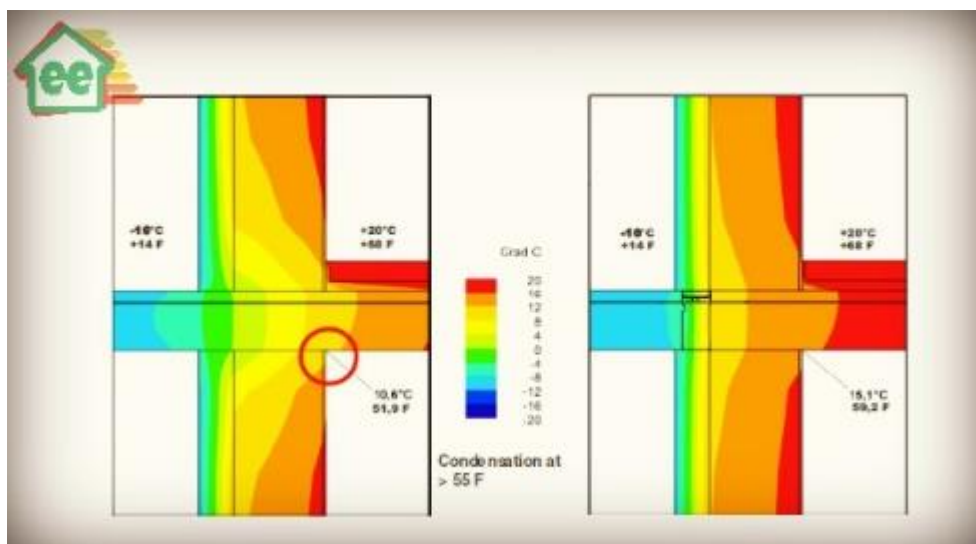
Stoga, toplinski kapacitet predstavlja količinu topline koja je potrebna da se dodijeli ili ukloni iz tijela kako bi se njegova temperatura promijenila za 1 K ili 1 °C.

2.3. Toplinski mostovi

Toplinski mostovi su specifična područja u građevinskoj ovojnici zgrade kroz koja se intenzivnije prenosi toplina u usporedbi s okolnim materijalom, što dovodi do veće gustoće toplinskog toka. Ovi mostovi često su rezultat nepravilnosti u geometriji ili materijalima zgrade i predstavljaju ključne točke za potencijalne gubitke topline. U svakodnevnom govoru, toplinski mostovi se ponekad nazivaju "hladni mostovi" jer je unutarnja površinska temperatura toplinskog mosta obično niža od temperature susjednih područja. Alternativno, koristi se i izraz "temperaturni most", ali standardni tehnički termin koji se preporučuje je "toplinski most".

Definiranje toplinskog mosta nije potpuno jasno bez detaljnijeg razmatranja toplinskog toka kroz zgradu. Toplina se prenosi iz grijanih prostora zgrade u hladnije vanjske prostore, a intenzitet tog prijenosa mjeri se gustoćom toplinskog toka, koja označava količinu topline koja prolazi kroz jediničnu površinu ovojnice zgrade u jedinici vremena. U praksi se ovo prikazuje kroz linije toplinskog toka koje pokazuju putanju prijenosa topline i izoterme koje spajaju točke jednake temperature, ove dvije linije su uvijek međusobno okomite.

Uobičajeni građevni dijelovi, poput zidova i ploča, obično imaju paralelne linije toplinskog toka koje su okomite na površinu dijela i horizontalne izoterme. U područjima gdje postoje toplinski mostovi, linije toplinskog toka i izoterme nisu paralelne i pokazuju varijacije u smjeru toka, što ukazuje na potencijalno problematična područja gdje se toplina ne prenosi efikasno. Linije toplinskog toka su zakrivljene i ne slijede jednostavnu pravocrtanu putanju, reflektirajući složenost i izazove u upravljanju toplinskim gubicima na tim mjestima. Zato je za točno određivanje toplinskih mostova i njihovih granica potrebno detaljno analizirati kako toplina prolazi kroz strukturu zgrade, posebice kroz mjesta s poremećajima u homogenosti materijala ili geometriji. (9)



Slika 2.3.1; Prikaz toplinskog mosta [9]

2.4. Potrebna energija za grijanje

Energetska potreba za grijanje određene zone zgrade, označena kao $Q_{H,nd}$, kada se pretpostavlja kontinuirano grijanje ($Q_{H,nd,cont}$), koja je uvijek veća ili jednaka nuli, izračunava se za svaku zonu i za svaki računski vremenski interval (mjesec ili grijna sezona) korištenjem sljedeće jednadžbe (5):

$$Q_{H,nd} = Q_{H,nd,cont} = Q_{H,ht} \times \eta_{H,gn} \times Q_{H,gn} \quad (5)$$

gdje je:

$Q_{H,nd}$: potrebna toplina za grijanje u normaliziranim uvjetima (Wh)

$Q_{H,nd,cont}$: kontinuirana potrebna toplina za grijanje u normaliziranim uvjetima(Wh)

$Q_{H,ht}$: potrebna toplina za grijanje (Wh)

$\eta_{H,gn}$: učinkovitost sustava grijanja

$Q_{H,gn}$: generirana toplina za grijanje(Wh)

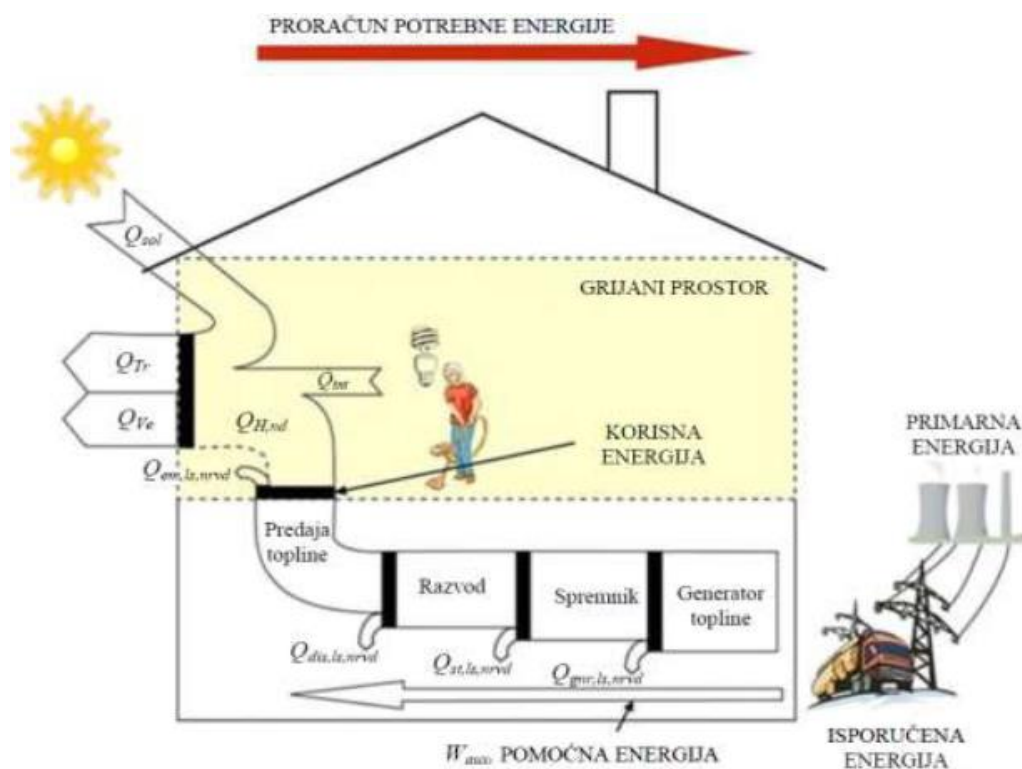
U metodi mjesečnog proračuna, vremenski korak za proračun je jedan mjesec, dok se trajanje sezone grijanja određuje specifičnom metodom. Za sezonski proračun, korak je cijela sezona grijanja, a njeno trajanje se također specificira odgovarajućom metodom. Ako u određenom mjesecu postoje periodi bez potrebe za grijanjem, to se odražava kroz smanjene vrijednosti faktora iskorištenja. U ovaj proračun nije uključena potreba za latentnom energijom potrebnom za ovlaživanje zraka. Ukupna količina prenesene topline za grijanje, $Q_{H,ht}$, za svaku zonu zgrade i za svaki proračunski korak izračunava se pomoću sljedećeg

izraza(6):

$$Q_{H,ht} = Q_{H,tr} + Q_{H,ve} \quad (6)$$

gdje je

- $Q_{H,ht}$: predstavlja ukupne toplinske gubitke (Wh),
- $Q_{H,tr}$: predstavlja toplinske gubitke zbog prijenosa(Wh),
- $Q_{H,ve}$: predstavlja toplinske gubitke zbog ventilacije(Wh).



Slika 2.4.1; Tokovi energije [10]

Za razliku od standardnog prijenosa topline, glavni pokretač toplinskog toka iz izvora topline nije temperatura razlika između promatranog prostora i izvora topline. Toplinski ponori, koji uklanjaju toplinu iz zgrade, tretiraju se kao negativni toplinski dobitci. Dijagram prikazan na slici 2.4.1. ilustrira tokove energije unutar zgrade tijekom grijanja. Iz dijagrama se mogu identificirati ključni tokovi energije koji su važni za razvoj efikasnog projektnog rješenja za zgradu. [10]

3. Grijanje

Primarni cilj grijanja je zagrijati prostor koji se koristi tijekom zime kako bi se kompenzirali toplinski gubici ljudskog tijela zagrijavanjem okoline, čime se postiže toplinska ravnoteža između ljudskog tijela i njegove okoline te osigurava termofiziološka ugodnost za osobu. Faktori koji utječu na osjećaj ugodnosti uključuju odjeću i aktivnost, ali posebice temperaturu zraka, prosječnu temperaturu zidova, vlažnost zraka, cirkulaciju zraka i čistoću zraka. Sustavi grijanja direktno utječu samo na temperaturu zraka i prosječnu temperaturu zidova (uključujući radijatore i druge izvore topline), koji zajedno definiraju pojam „osjetne temperature“. Ostali faktori, kao što su vlažnost zraka, kretanje zraka i čistoća zraka, mogu se kontrolirati isključivo upotrebom klima-uređaja, koji predstavljaju najučinkovitija tehnička sredstva za stvaranje ugodne i zdrave klime u prostorima. Dakle, dok grijanje prvenstveno adresira i modulira temperaturu zraka i zidova u prostoriji, kompletna klimatska kontrola zahtijeva integraciju naprednih klimatizacijskih sistema koji optimiziraju sve ključne parametre okoliša za maksimalnu udobnost. Grijanje prostorija u zgradama tijekom hladnijih mjeseci godine je proces koji omogućava održavanje optimalne temperature za ugodan boravak i rad, kao i za potrebe industrijskih procesa ili skladištenja proizvoda. Grijanje utječe na zračnu temperaturu i srednju temperaturu površina unutar prostorije, koje skupa definiraju osjetilnu temperaturu prostora. Ostali aspekti toplinske ugodnosti, kao što su brzina strujanja zraka, vlažnost i čistoća, regulirani su sustavima za klimatizaciju. [5]

Sustav grijanja je tehnička komponenta zgrade koja omogućava regulaciju temperature unutar prostora prema potrebi, tijekom hladnijih perioda kada prirodni uvjeti ne zadovoljavaju potrebe za toplinom. Cilj korištenja sustava grijanja je postići i održati željenu temperaturu uz minimalnu potrošnju energije.

Energija za grijanje može dolaziti iz različitih izvora, uključujući fosilna goriva (nafta, ugljen, prirodni plin), obnovljive izvore (drvo, solarna energija, geotermalna energija), ili električnu energiju (iz nuklearnih, hidro ili termoelektrana). Sustav grijanja pretvara ovu energiju u toplinu koja se zatim distribuira po zgradi.

Komponente svakog sustava grijanja obuhvaćaju:

- podsustav za generaciju topline,
- podsustav za distribuciju topline u prostor,
- podsustav za pohranu topline (opcionalno),
- podsustavi za regulaciju i kontrolu topline, osiguravajući prilagodbu prema stvarnim potrebama,

Sustav grijanja mora biti pravilno dimenzioniran u smislu kapaciteta izvora topline i efikasnosti distribucije topline, kako bi zadovoljio potrebe prostora koji se grije, uz maksimalnu sigurnost i minimalnu potrošnju energije.

Vrste sustava grijanja variraju prema načinu instalacije i vrsti energenta:

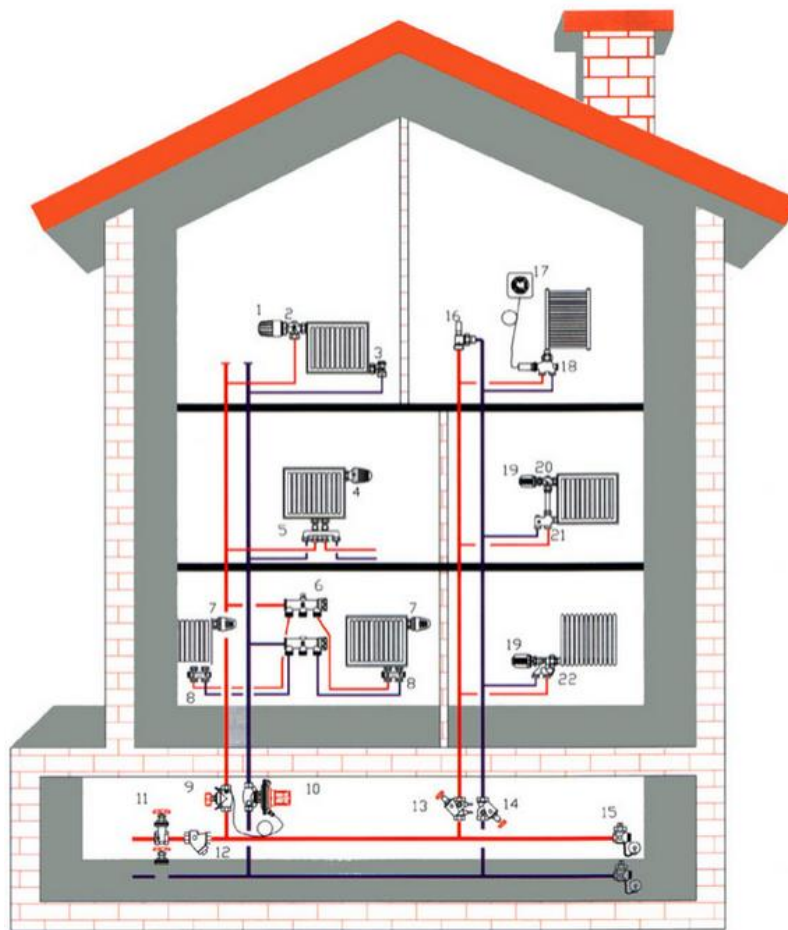
- pojedinačni grijači su neovisni izvori topline obično postavljeni u jednoj prostoriji,
- centralno grijanje koristi jedan izvor topline za zagrijavanje više prostora ili cijele zgrade,
- daljinsko grijanje koristi centralizirani izvor topline za zagrijavanje više zgrada,
- specijalizirani sustavi koriste obnovljive izvore energije za ekološki prihvatljivo grijanje.

Ovi sustavi, posebice pojedinačni grijači, često su jednostavni za instalaciju i ne zahtijevaju složene distribucijske mreže, čineći ih idealnim za manje objekte ili prostorije unutar većih zgrada. Bez obzira na vrstu, svaki sustav grijanja treba biti prilagođen specifičnim potrebama i uvjetima prostora koji se grije. [5]

3.1. Centralno grijanje

3.2. Daljinsko grijanje

Daljinsko grijanje je sustav u kojem se toplinska energija prenosi iz centralnog izvora do korisnika u različitim vrstama objekata, uključujući stambene, komercijalne i industrijske zgrade. Ovaj sustav koristi paru ili vruću vodu kao medij za prijenos topline, omogućujući zagrijavanje prostora, grijanje vode i podršku industrijskim procesima. Toplovodno grijanje koristi toplu vodu kao medij za prijenos topline, s maksimalnom temperaturom do 120°C. Prednosti daljinskog grijanja uključuju značajne ekonomske uštede i pozitivne ekološke učinke. Toplina se prenosi konvekcijom ili radijacijom kroz različite vrste ogrjevnih tijela kao što su radijatori i konvektori. Dvocjevni sustavi slika 3.2.1. imaju odvojene cjevovode za odlaznu i povratnu vodu, omogućujući bolju regulaciju temperature i efikasnost.



Slika 3.2.1; Dvocjevni sistem [5]

Analizirane zgrade koriste dvocjevni toplovodni sustav s temperaturnim režimom 120/90 °C, povezan na kogneracijsko postrojenje u Koprivnici, što omogućava efikasno i ekonomično grijanje. [5]

-Podjela daljinskih sustava grijanja-

Daljinski sustavi grijanja se mogu klasificirati prema:

1. Energetskom stanju prijenosnika:

Vrela/topla voda:

- Visokotemperaturni sustav (iznad 175°C),
- Srednjetemperaturni sustav (od 120 do 175°C),
- Niskotemperaturni sustav (do 120°C).

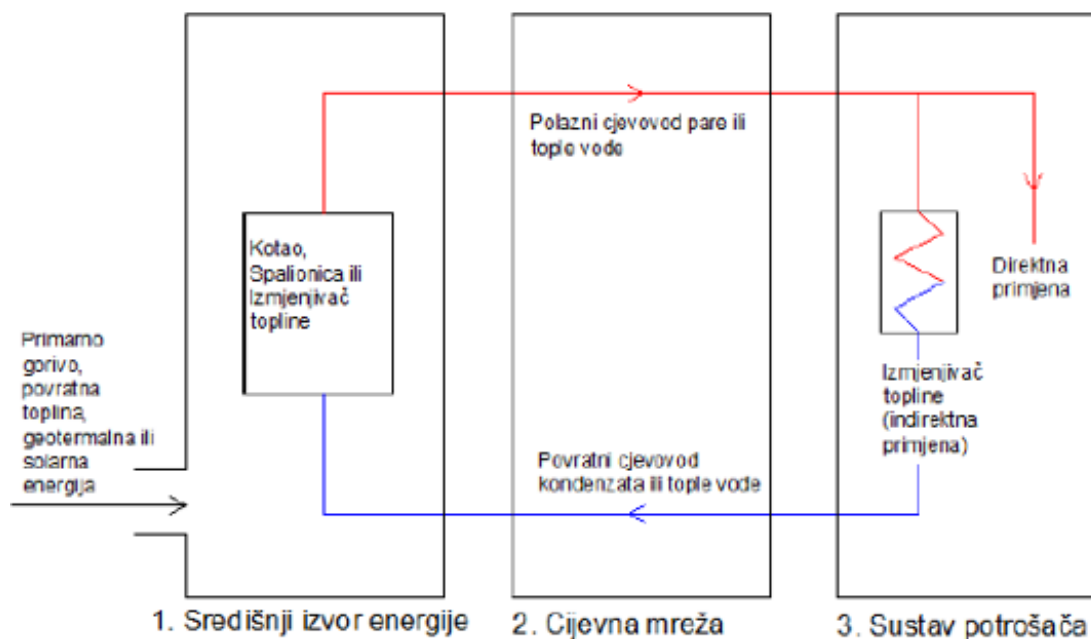
Parovodni sustavi: koriste paru za prijenos energije, idealno za industrijska postrojenja. [11], [12]

2. Vrste izvora topline:

- Kogeneracijski sustavi: zajednička proizvodnja toplinske i električne energije, obično u termoelektranama.
- Blokvske kotlovnice: lokalizirana proizvodnja toplinske energije za manje zajednice ili specifične infrastrukture kao što su bolnice ili škole.
- Industrijski sustavi: upotreba otpadne topline iz proizvodnih procesa za grijanje objekata u blizini. [11], [12]

Glavne komponente sustava:

- Središnji izvor energije (kotao, solarni, geotermalni),
- Cijevna mreža (predizolirane i izolirane cijevi),
- Sustav potrošača (ventili, regulacija, izmjenjivač topline). [11], [12]



Slika 3.2.2; Glavne komponente [12]

-Detalji implementacije i prednosti-

Daljinski sustavi grijanja koriste distribucijsku mrežu za opskrbu topline, koja može biti bazirana na pari ili vrućoj vodi. Parovodni sustavi su efikasni zbog korištenja latentne topline pare, dok toplovodni sustavi mogu servisirati šire područje zbog mogućnosti povećanja tlaka vode crpnim stanicama. [12]

Ovi sustavi nude značajne prednosti:

- Ekološke prednosti: centralizirana kontrola emisija i mogućnost kogeneracije smanjuju ukupni ekološki otisak.
- Ekonomske prednosti: smanjeni operativni troškovi i potreba za manje održavanja, uz niže osiguranje zbog manjeg rizika od požara ili eksplozija.
- Tehničke prednosti: jednostavniji sustavi unutar zgrada bez potrebe za dodatnim instalacijama kao što su izmjenjivači topline. Primjena daljinskog grijanja idealna je u urbanim sredinama s visokom gustoćom potrošnje gdje se može postići visoka godišnja iskoristivost sustava, što je ključno za pokrivanje inicijalnih investicijskih izdataka.

3.3. Direktan priključak

Direktni priključak omogućava da voda iz centralne toplane teče izravno kroz ogrjevna tijela unutar zgrade, bez odvajanja vode iz sistema daljinskog grijanja i internog sustava zgrade. To zahtijeva da komponente unutar potrošačkog sustava budu adekvatno prilagođene za rad pri visokim tlakovima, temperaturama, te specifičnom kemijskom sastavu vode iz toplane.

Glavna prednost ovog sistema je eliminacija potrebe za montažom dodatnih komponenata kao što su izmjenjivači topline, cirkulacijske pumpe, i sistemi za pripremu vode (omekšivač vode, filteri, klorinacija, itd.). Ovo značajno smanjuje investicijske troškove i omogućava da temperature povrata vode budu identične projektiranim vrijednostima. [12]

-Komponente i regulacija-

Direktni priključak tipično sadržava:

- Regulator diferencijalnog tlaka: ograničava protok vode na maksimalnu ugovorenu vrijednost te osigurava konstantan pad tlaka u sistemu.
- Termoregulacijski ventil: regulira protok vode kako bi se održale optimalne temperature polazne i povratne vode.
- Sigurnosni ventil: zaštita od previsokog tlaka u sustavu.
- Prigušni ventil: reducira tlak vode na prihvatljive vrijednosti za zgradu.
- Zaporna armatura: omogućava kontrolu i izolaciju dijela sistema po potrebi.
- Mjerilo topline: mjeri i izračunava potrošnju energije unutar sistema.

-Sigurnosni i regulacijski aspekti-

Tlak u distribucijskom sustavu mora biti u skladu s lokalnim građevinskim normama kako bi se osigurala sigurnost instalacija. Na primjer, ako je radiator dizajniran za rad pri tlaku od 1,5 bara, a tlak u toplani iznosi 5 bara, prigušni ventil će reducirati tlak na sigurnosne vrijednosti pri ulasku u zgradu. Također, diferencijalni regulator tlaka sprječava prekomjeren protok i održava konstantan pad tlaka u cijevima, što je ključno za visoke zgrade zbog utjecaja statičkog tlaka. [12]

-Upravljanje protokom i temperaturom-

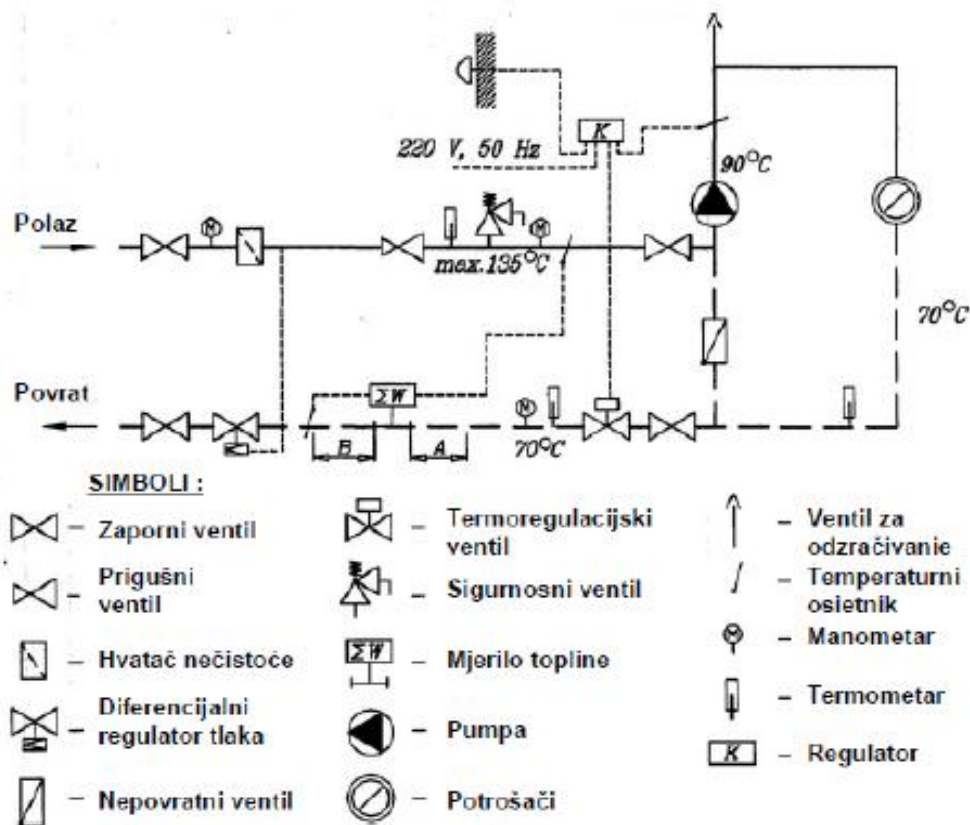
Termoregulacijski ventil od vitalne je važnosti za održavanje stabilnosti sustava, regulirajući protok vode prema potrebama potrošača i održavajući željenu povratnu temperaturu. Za dodatnu kontrolu i smanjenje buke i kavitacije u sustavu, instaliraju se balansni ventili.

U hitnim situacijama, kada je potrebno povećati dobavu toplinske energije, nadležne institucije (npr. HEP Toplinarstvo) trebaju biti obaviještene kako bi prilagodile postavke na diferencijalnom regulatoru tlaka.

-Instalacije i dodatna oprema-

Za efikasnu pripremu potrošne tople vode (PTV), koriste se spiralni izmjenjivači topline zajedno s akumulacijskim spremnicima, što optimizira iskorištavanje toplinske energije i smanjuje troškove operativnog održavanja.

Ovaj sustav direktnog priključka nudi značajne prednosti u efikasnosti i ekonomičnosti, čineći ga idealnim za zgrade koje zahtijevaju stalnu i pouzdanu opskrbu toplinom bez potrebe za kompleksnim i skupim internim infrastrukturama grijanja. [12]



Slika 3.3.1; Direktan priključak[12]

3.3.1. Indirektan priključak

Indirektni priključak uključuje većinu istih komponenata kao direktni priključak, osim što se dodaje *pločasti izmjenjivač topline*. Izmjenjivač topline omogućava odvajanje sustava daljinskog grijanja od internog sustava zgrade, čime se sprječava miješanje vode iz različitih krugova. To omogućava korištenje standardnih ogrjevnih tijela bez potrebe za prilagodbom na kemijski sastav vode iz toplane te omogućuje održavanje stabilnog tlaka unutar zgrade.

-Karakteristike i prednosti-

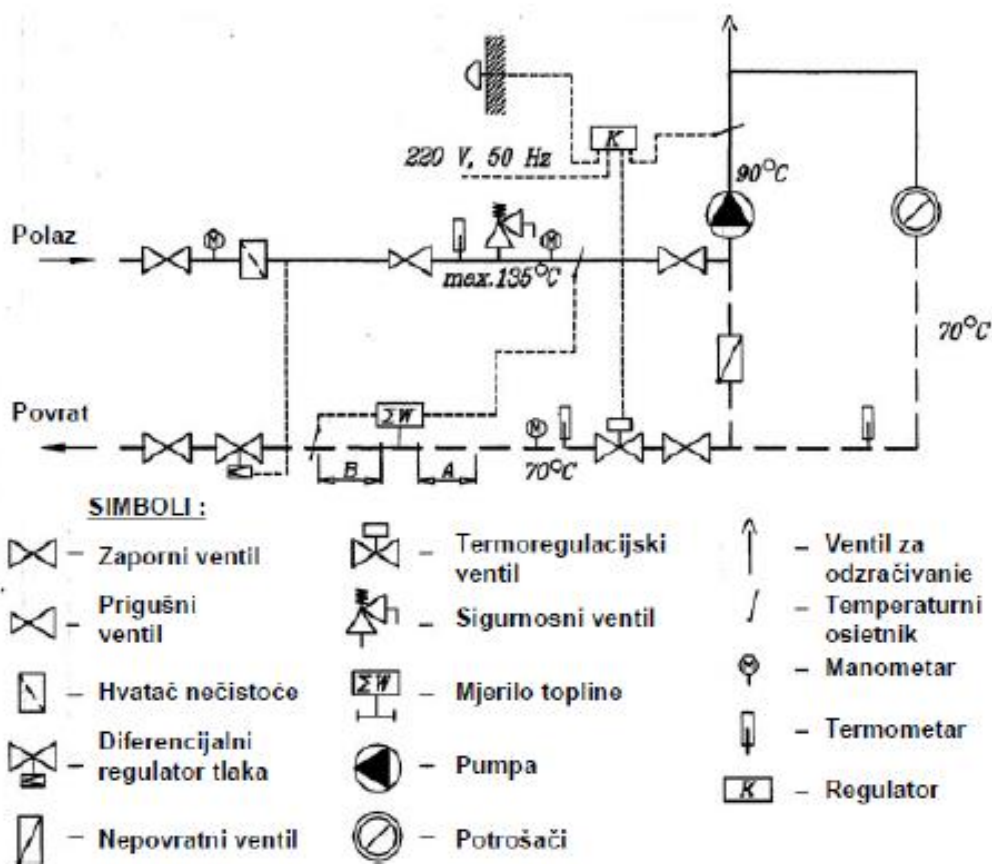
- Izmjenjivač topline: sprječava direktan kontakt vode iz toplane s vodom unutar zgrade, što štiti unutarnje instalacije.
- Održavanje tlaka: tlak unutar zgrade ostaje stabilan bez obzira na tlak u sustavu daljinskog grijanja, što reducira potrebu za specifičnim ogrjevnim tijelima prilagođenim za visoke tlakove.
- Kvaliteta vode: ne zahtijeva ogrjevna tijela prilagođena kemijskom sastavu vode iz toplane, što širi izbor opreme i smanjuje troškove.

-Nedostaci i operativni troškovi-

- Veći početni troškovi: ugradnja izmjenjivača topline predstavlja dodatni inicijalni trošak.
- Povećani operativni troškovi: toplinski gubici i veća potrebna snaga pumpe (zbog izmjenjivača topline) rezultiraju većim operativnim troškovima.
- Regulacija temperature: slično direktnom sustavu, regulacija se postiže kontrolom protoka tople vode iz toplane kroz izmjenjivače topline, uz upotrebu termoregulacijskog ventila.

-Procesi i komponente-

- Dvostruki izmjenjivač topline: uključuje predgrijač i dogrijač. Predgrijač se koristi za predgrijavanje ulazne vode iz vodovoda koristeći toplinu iz ohlađene vode koja izlazi iz dogrijača, gdje primarna vruća voda iz toplane predaje svoju toplinu.
- Termoregulacijski ventil: održava željenu temperaturu i protok vode kroz sustav, prilagođavajući se potrebama potrošača.



Slika 3.3.1.1; Indirektan priključak[12]

-Izmjenjivač topline-

Izmjenjivači topline koriste se u indirektnim sustavima daljinskog grijanja, gdje omogućuju prijenos toplinske energije između dviju tekućina koje su termički izolirane jedna od druge. Ovi uređaji služe kao barijera između tlakova i temperatura toplane i internog sustava zgrade, istovremeno sprečavajući miješanje tekućina koje mogu biti različito kemijski tretirane.

Prilikom odabira i implementacije izmjenjivača topline, ključno je odabrati uređaj čiji kapacitet odgovara predviđenim opterećenjima sustava. Osim toga, potrebno je uzeti u obzir specifične zahtjeve za materijale korištene u brtvama pločastih izmjenjivača, s obzirom na to da oni mogu imati ograničenja pri niskim tlakovima i temperaturama.

Posebnu pažnju treba posvetiti mjerenju i minimiziranju pada tlaka na oba kraja izmjenjivača. Veći pad tlaka može omogućiti upotrebu manjih i jeftinijih izmjenjivača, no zahtijeva snažniju cirkulacijsku pumpu, što može povećati operativne troškove.

Ugradnja filtera prije izmjenjivača topline može značajno doprinijeti zaštiti uređaja od nečistoća, čime se produžuje njegov vijek trajanja i povećava učinkovitost rada.

U praksi se najčešće koriste dva osnovna tipa izmjenjivača topline:

Pločasti izmjenjivači topline: sastoje se od tankih, blago razdvojenih metalnih ploča koje su zapečaćene na rubovima. Razmaci među pločama formiraju kanale kroz koje protječu tekućine, pri čemu mediji nikada nisu u izravnom kontaktu. Turbulentno strujanje unutar kanala omogućuje visok stupanj prijenosa topline. Ovi izmjenjivači su energetski učinkovitiji i zauzimaju manje prostora u odnosu na druge modele, što ih čini idealnim za kompaktne prostore.

Cijevni (Shell-and-Tube) izmjenjivači topline: u ovim izmjenjivačima jedna tekućina protječe kroz cijevi, dok druga tekućina teče oko cijevi unutar veće ljuske. Ovi modeli su manje učinkoviti u odnosu na pločaste izmjenjivače i zahtijevaju veći prostorni kapacitet. Izmjenjivači topline ne samo da omogućuju prijenos topline između tekućina različitih temperatura bez dodatnog dovoda energije, već su ključni i u procesima kao što su zagrijavanje ili hlađenje tekućina te isparavanje ili kondenzacija. Ove funkcije su neophodne u mnogim industrijskim aplikacijama, uključujući sustave daljinskog grijanja, gdje optimalna regulacija temperature i tlaka značajno doprinosi energetskoj učinkovitosti i smanjenju operativnih troškova. Korištenjem izmjenjivača topline, sustavi daljinskog grijanja mogu učinkovito iskoristiti raspoloživu toplinsku energiju, maksimizirajući prijenos topline uz minimalne gubitke. [12]

3.3.2. Toplinska podstanica

Toplinska podstanica je ključni element u sustavima centraliziranog grijanja, koji omogućuje prijenos toplinske energije iz centralnog izvora (kao što je kogeneracijsko postrojenje) na pojedinačne građevine ili zone unutar zgrade. Njezina glavna uloga je osigurati učinkovit, pouzdan i siguran prijenos toplinske energije te optimalnu kontrolu i distribuciju topline prema potrebama korisnika.

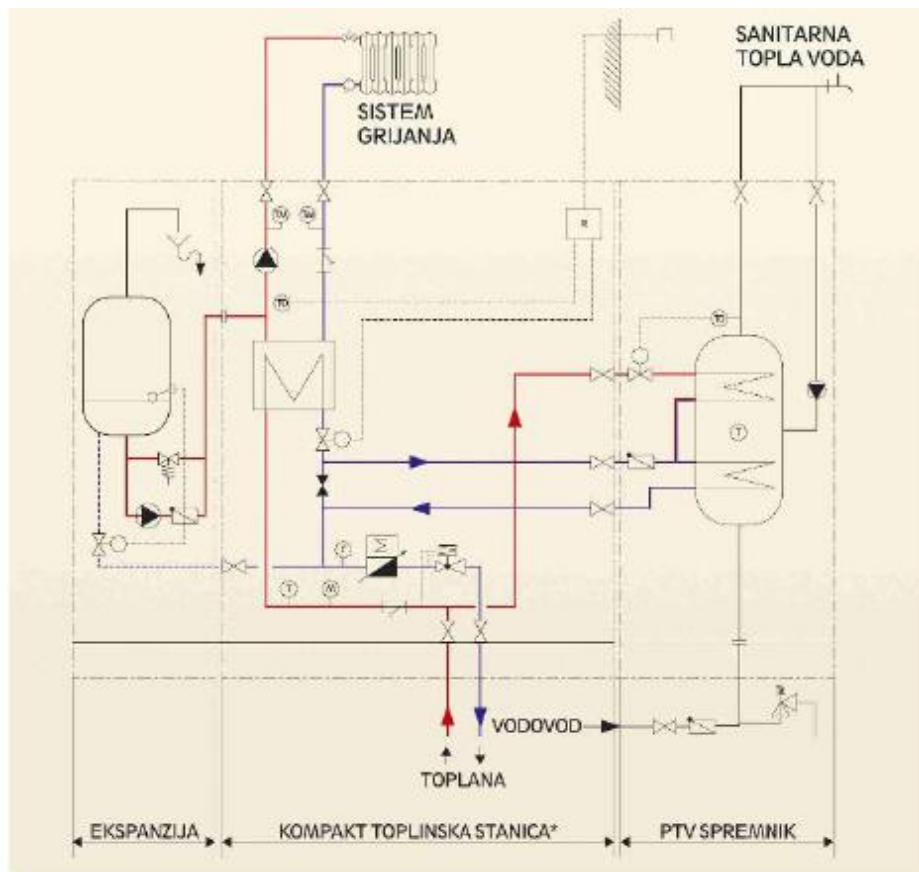
-Funkcionalnost toplinske podstanice-

Prijenos topline: toplinska podstanica koristi izmjenjivače topline za prijenos toplinske energije iz primarnog kruga (koji dolazi iz centralnog izvora) u sekundarni krug (koji distribuira toplinu unutar zgrade). Ovaj postupak omogućuje indirektan prijenos topline, što znači da nema miješanja fluida između krugova, čime se osigurava higijena i sigurnost sustava.

Kontrola temperature: u toplinskoj podstanici nalaze se regulacijski ventili i senzori koji omogućuju preciznu kontrolu temperature isporučene toplinske energije prema zahtjevima korisnika. Time se osigurava stabilna unutarnja temperatura u zgradama, što je posebno važno za udobnost stanara i korisnika poslovnih prostora.

Sigurnost i zaštita: toplinske podstanice opremljene su sigurnosnim elementima poput tlačnih ventila, senzora pritiska i temperature, te sigurnosnih prekidača koji sprečavaju neželjene događaje poput pregrijavanja ili pretlaka u sustavu.

Energetska učinkovitost: korištenjem akumulacijskih spremnika za toplu vodu (PTV) u svakoj podstanici omogućava se skladištenje viška toplinske energije koja se može koristiti tijekom vršnih opterećenja. Time se povećava energetska učinkovitost sustava i smanjuju gubici topline. [12]



Slika 3.3.2.1; Toplinska podstanica [12]

Zašto koristiti toplinsku podstanicu?

Toplinske podstanice koriste se zbog svoje sposobnosti da efikasno, pouzdano i fleksibilno upravljaju distribucijom toplinske energije unutar složenih sustava grijanja. One omogućuju preciznu kontrolu temperature, sigurnost sustava i optimizaciju potrošnje energije, što rezultira povećanom udobnošću korisnika i ekonomičnošću rada sustava. Osim toga, podstanice omogućuju modularni pristup upravljanju energijom, što je posebno korisno u kompleksnim zgradama s različitim potrebama za grijanje.

4. Tehnički opis stambeno-poslovnih objekata (G1, G2, G3)

Kogeneracijsko postrojenje ostvaruje proizvodnju električne energije od 15 MW i toplinske energije od 40 MW, s radnim temperaturnim režimom tople vode od 120/90°C i radnim predtlakom od 4 bara. Energija proizvedena u postrojenju koristi se za grijanje tri odvojene stambeno-poslovne zgrade (G1, G2, G3) koje su smještene na udaljenostima od 180 m, 250 m, odnosno 320 m od kogeneracijskog postrojenja. Svaka zgrada ima specifičan temperaturni režim grijanja: G1 ima 80/60°C, G2 ima 75/50°C, a G3 ima 85/65°C. Maksimalno toplinsko opterećenje za svaku zgradu su:

- G1 – 1,5 MWh,
- G2 – 1,2 MWh,
- G3 – 2,0 MWh.

Grijanje se provodi tijekom grijne sezone koja traje od početka listopada do sredine travnja, uzimajući u obzir specifične mikroklimatske uvjete u Koprivnici. Temperatura zraka u grijanim prostorijama održava se na prosječnim 21°C kako bi se osigurao optimalan komfor korisnika. Za postizanje optimalnog sustava grijanja, nužno je projektirati glavni podzemni predizolirani toplovod s optimalnim protokom i hidrauličkim karakteristikama. Ključan aspekt je primjena pogonskih pumpi koje su prilagođene tehničkim i hidrauličkim zahtjevima sustava. Također, potrebno je osigurati toplinske podstanice indirektnog tipa za svaku zgradu. Ove podstanice će uključivati različite regulacijske i kontrolne elemente, kao i sigurnosne i signalne sustave. Svaka toplinska podstanica bit će opremljena akumulacijskim spremnicima tople potrošne vode sa sljedećim kapacitetima: 2000 litara za zgradu G1, 2500 litara za zgradu G2, i 2 x 3000 litara za zgradu G3. Svakoj podstanici bit će dodijeljena četiri pogonsko-regulacijska kruga koja će odgovarati različitim potrebama grijanja (0,15xQ_{max}, 0,25xQ_{max}, 0,40xQ_{max} i 0,20xQ_{max}). Kako bi se postigla energetska efikasnost, projekt mora uključiti detaljan plan za optimalno korištenje toplinske energije tijekom cijele grijne sezone, uzimajući u obzir promjene vanjske temperature. Planiranje uključuje korištenje naprednih hidrauličkih modela za simulaciju i analizu protoka kroz mrežu, što će omogućiti precizan dizajn sustava. Regulacijska oprema mora uključivati sofisticirane termostatske ventile i elektroničke kontrolere za precizno upravljanje temperaturama u različitim dijelovima sustava.

5. Dimenzioniranje cjevovoda

Centralizirani izvor topline koji osigurava kako električnu tako i toplinsku energiju. Za ovaj projekt, postrojenje nudi 40 MW toplinske snage pri temperaturnom režimu od 120/90°C, što je ključno za efikasno grijanje i pripremu PTV. Svaka od građevina ima specifične potrebe za grijanjem koje variraju od 1,2 do 2,0 MWh, s različitim temperaturnim režimima (G1 pri 80/60°C, G2 pri 75/50°C, i G3 pri 85/65°C). Projekt mora osigurati dovoljne kapacitete i prilagodljivost kako bi zadovoljio sve varijacije. Određivanje optimalne putanje toplovoda od kogeneracijskog postrojenja do svake građevine, uzimajući u obzir udaljenosti i moguće prepreke na terenu. Korištenje visokokvalitetnih predizoliranih cijevi koje minimiziraju toplinske gubitke i osiguravaju dugotrajnost infrastrukture. Odabir materijala cijevi i debljina izolacije ključni su za učinkovitost cijelog sistema. Izračunavanje potrebnog protoka vode kroz sistem koji može nositi zadane toplinske terete uz minimalne gubitke pritiska. Uključivanje adekvatnih pumpi koje će omogućiti stabilan i efikasan transport topline na potrebne udaljenosti.

Temperatura polaza	Temperatura povrata	Srednja temperatura	Gustoća (kg/m ³)	Spec. topl. koef. (kJ/kgK)	Topl. vodljivost (W/mK)	Dinam. žilavost (Ns/m ²)	Hrapavost (mm)
120	90	105	995,65	4,186	0,67	0,0004	0,045

Tablica 5.0.1; ; Ulazni podaci [autor]

5.1. Proračun protoka vode glavni cjevovod

- Da bi se izračunao maseni protok vode (m) potreban za prijenos određene količine toplinske energije (Q_t), koristi se specifični toplinski kapacitet vode (c_p) i temperaturna razlika (ΔT) između ulaza i izlaza prema izrazu (7)
- Izraz pokazuje da je maseni protok vode (m) direktno proporcionalan toplinskom učinku (Q_t), a inverzno proporcionalan specifičnom toplinskom kapacitetu vode (c_p) i temperaturnoj razlici (ΔT).

$$m = \frac{Q_t}{c_p \times \Delta T} \quad (7)$$

gdje je:

- Q_t ; toplinski kapacitet građevina (W),
- c_p ; specifični toplinski kapacitet vode (≈ 4.186 kJ/kgK)
- ΔT ; razlika temperatura (K)

	Q(kW)	c_p (J/kgK)	ΔT (K)	m (kg/s)	V (m ³ /s)	V (m ³ /h)
	GLAVNI CJEVOVOD OD IZVORA DO GLAVNE STANICE					
	4700	4,2	30	37,30	0,04	134,29
	CJEVOVOD DO SVAKE PODSTANICE					
PRIMARNI [UNUTAR POJEDINE PODSTANICE]	1500	4,2	30	11,90	0,01	42,86
	1200	4,2	30	9,52	0,01	34,29
	2000	4,2	30	15,87	0,02	57,14
	CJEVOVOD U PODSTANICAMA					
PRIMARNI [UNUTAR POJEDINE PODSTANICE]	1500	4,2	20	17,86	0,02	64,29
	1200	4,2	25	11,43	0,01	41,14
	2000	4,2	20	23,81	0,02	85,71
	ZGRADA G1					
SEKUNDARNI [ZGRADA G1]	225	4,2	20	2,68	0,00	9,64
	375	4,2	20	4,46	0,00	16,07
	600	4,2	20	7,14	0,01	25,71
	300	4,2	20	3,57	0,00	12,86

		ZGRADA G2					
SEKUNDARNI [ZGRADA G2]		180	4,2	25	2,14	0,00	6,17
		300	4,2	25	3,57	0,00	10,29
		480	4,2	25	5,71	0,01	16,46
		240	4,2	25	2,86	0,00	8,23
		ZGRADA G3					
SEKUNDARNI [ZGRADA G3]		300	4,2	20	3,57	0,00	12,86
		500	4,2	20	5,95	0,01	21,43
		800	4,2	20	9,52	0,01	34,29
		400	4,2	20	4,76	0,00	17,14

Tablica 5.1.1; Tablica izračunatih protoka [autor]

Maseni protok vode kroz glavni cjevovod koji je potreban za zadovoljavanje toplinskog kapaciteta od 4,7 MWh iznosi približno 37,30 kg/s.

Da bi se odredio potreban volumni protok (V) potrebno je maseni protok (m) izračunat izrazom (8) podijeliti sa gustoćom fluida (ρ), shodno tome proizlazi izraz:

$$V = \frac{m}{\rho} \quad (8)$$

Gdje je:

- V; volumni protok (m^3/s),
- m; maseni protok (kg/s),
- ρ ; gustoća fluida (kg/m^3).

Volumni protok kroz glavni cjevovod iznosi 134,735 m^3/h . Istom analogijom su određeni svi protoci.

Protoci vode prikazani u tablici 5.1.1. ključni su za osiguranje učinkovitog prijenosa toplinske energije od kogeneracijskog postrojenja do podstanica pojedinih zgrada. Toplinski učinak (Q) svake zgrade diktira količinu topline koja mora biti prenesena kroz cjevovod.

Veći toplinski učinak zahtijeva veći maseni i volumni protok vode kako bi se postigao željeni prijenos topline.

Temperaturna razlika (ΔT) utječe na veličinu potrebnog protoka. Manja temperaturna razlika zahtijeva veći protok kako bi se kompenzirala razlika u temperaturi. U slučaju zgrade G2 s temperaturnim režimom 75/50°C, razlika temperature je 25°C, što znači da će protok

biti manji u usporedbi s manjom temperaturnom razlikom, poput zgrade G3 s režimom 85/65°C.

Maseni protok (m) i volumni protok (V) osiguravaju da cjevovod može prenijeti dovoljnu količinu toplinske energije za grijanje zgrade. Na primjer, za zgradu G2 s toplinskim teretom od 1,2 MWh i ΔT od 25°C, izračunati maseni protok je 11,43 kg/s, dok je volumni protok 41,14 m³/h. Ovi protoci su optimizirani da zadovolje toplinske potrebe zgrade bez nepotrebnog gubitka energije.

-Sekundarni krugovi-

Sekundarni krugovi u podstanicama omogućuju distribuciju topline unutar svake zgrade. Svaki krug ima različiti udio maksimalnog toplinskog tereta (0,15xQ_{max}, 0,25xQ_{max}, 0,40xQ_{max} i 0,20xQ_{max}). Na primjer, za zgradu G2 s maksimalnim toplinskim teretom od 1,2 MWh:

- Prvi krug (0,15xQ_{max}): 0,15 x 1,2 MWh = 0,18 MWh
- Drugi krug (0,25xQ_{max}): 0,25 x 1,2 MWh = 0,30 MWh
- Treći krug (0,40xQ_{max}): 0,40 x 1,2 MWh = 0,48 MWh
- Četvrti krug (0,20xQ_{max}): 0,20 x 1,2 MWh = 0,24 MWh

Ovi krugovi omogućuju preciznu kontrolu grijanja u različitim dijelovima zgrade, što povećava energetska učinkovitost i udobnost korisnika. Na primjer, u zgradi G2, prvi krug može biti namijenjen za grijanje prostorija koje zahtijevaju manju količinu topline (npr. hodnici), dok treći krug može biti namijenjen za prostorije koje zahtijevaju više topline (npr. glavni uredi ili stambeni prostori).

Tablica protoka vode pomaže u projektiranju cjevovoda optimalnih hidrauličkih karakteristika za različite dijelove sustava grijanja. Osiguravanjem adekvatnih masenih i volumnih protoka, sustav može učinkovito prenositi toplinsku energiju, održavajući željenu unutarnju temperaturu i udobnost korisnika, uz optimalnu potrošnju energije. Za zgradu G3 s najvećim toplinskim teretom od 2,0 MWh i temperaturnim režimom 85/65°C, izračunati maseni protok je 23,81 kg/s, a volumni protok 85,71 m³/h. Ovi protoci su ključni za osiguravanje da zgrada može primiti i distribuirati dovoljnu količinu toplinske energije za grijanje svih prostorija, čak i tijekom najhladnijih dana u sezoni grijanja.

Potreban promjer cijevi za razvod cjevovoda grijanja dobiven je izvođenjem jednadžbi (9) i (10)

$$A = \frac{V}{w} \quad (9)$$

gdje je:

A; površina presjeka cijevi (m²)

V; volumni protok (m³/s)

W; brzina strujanja (m/s)

Promjer cijevi (D) zatim se izračunava iz površine presjeka:

$$D = \sqrt{\frac{4xA}{\pi}} \quad (10)$$

- odabrana maksimalna brzina strujanja glavnog cjevovoda iznosi $w = 1,5$ m/s – brzina vode u razvodu cjevovoda grijanja

- odabrana maksimalna brzina strujanja sekundarnih cjevovoda iznosi $w = 0,8$ m/s – brzina vode u razvodu cjevovoda grijanja

Izračunavanjem izraza (11) dobivamo minimalni promjer cjevovoda (D) u tablici 5.1.2., shodno tome odabire se prvi veći cjevovod prema standardu DIN EN 10255.

- **DN32:** koristi se za manje distribucijske sustave i kućanske instalacije.
- **DN40 - DN80:** često se koriste u srednjim industrijskim i komercijalnim sustavima grijanja i hlađenja.
- **DN100 - DN150:** primjenjuju se u većim industrijskim postrojenjima i centraliziranim sustavima grijanja/hlađenja.
- **DN200 - DN250:** koriste se za glavne distribucijske linije u velikim sustavima, uključujući gradske distribucijske mreže za grijanje i hlađenje.

					Oznaka	Formula
--	--	--	--	--	--------	---------

m (kg/s)						
----------	--	--	--	--	--	--

ρ (kg/m ³)					1000	
------------------------	--	--	--	--	------	--

V (m ³ /h)	Odabrana brzina strujanja v (m/s)	D (m)	Odabrani standardni cijevovod	Vanjski promjer (mm)	Debljina stijenke (mm)	Unutarnji promjer (mm)	Stvarna brzina strujanja v (m/s)
-----------------------	-----------------------------------	-------	-------------------------------	----------------------	------------------------	------------------------	----------------------------------

ORA DO GLAVNE STANICE

134,29	1,5	0,18	DN200	219,1	4,5	210,1	1,08
--------	-----	------	-------	-------	-----	-------	------

42,86	1,5	0,10	DN100	114,3	4	106,3	1,34
-------	-----	------	-------	-------	---	-------	------

34,29	1,5	0,09	DN100	114,3	4	106,3	1,07
-------	-----	------	-------	-------	---	-------	------

				4,2	30	15,87	0,02	57,14	1,5	0,12
--	--	--	--	-----	----	-------	------	-------	-----	------

64,29	1,5	0,12	DN125	139,7	4	131,7	1,31
-------	-----	------	-------	-------	---	-------	------

41,14	1,5	0,10	DN100	114,3	4	106,3	1,29
-------	-----	------	-------	-------	---	-------	------

85,71	1,5	0,14	DN150	165,1	4,5	156,1	1,24
-------	-----	------	-------	-------	-----	-------	------

A G1

9,64	0,8	0,07	DN100	114,3	4	106,3	0,30
------	-----	------	-------	-------	---	-------	------

16,07	0,8	0,08	DN100	114,3	4	106,3	0,50
-------	-----	------	-------	-------	---	-------	------

25,71	0,8	0,11	DN125	139,7	4	131,7	0,52
-------	-----	------	-------	-------	---	-------	------

12,86	0,8	0,08	DN80	88,9	4	80,9	0,70
-------	-----	------	------	------	---	------	------

ZGRADA G2

4,2	25	1,71	0,00	6,17	0,8	0,05	DN65	76,1	3,6	68,
4,2	25	2,86	0,00	10,29	0,8	0,07	DN80	88,9	4	80,
4,2	25	4,57	0,00	16,46	0,8	0,09	DN100	114,3	4	106,
4,2	25	2,29	0,00	8,23	0,8	0,06	DN80	88,9	4	80,
ZGRADA G3										
4,2	20	3,57	0,00	12,86	0,8	0,08	DN80	88,9	4	80,
4,2	20	5,95	0,01	21,43	0,8	0,10	DN100	114,3	4	106,
4,2	20	9,52	0,01	34,29	0,8	0,12	DN125	139,7	4	131,
4,2	20	4,76	0,00	17,14	0,8	0,09	DN100	114,3	4	106,
<div style="border: 1px solid black; background-color: #e0f0e0; padding: 5px;"> <p>standardu DIN EN 10255 e Formuli</p> </div>										

Tablica 5.1.2; Tablica odabranih promjera [autor]

Tablica 5.1.2. pruža sveobuhvatan pregled dimenzija cijevi, protoka i brzina strujanja za primarne i sekundarne cjevovode unutar sustava grijanja. Analizom ovih parametara možemo zaključiti kako je odabir odgovarajućih promjera cijevi ključan za postizanje optimalne funkcionalnosti i energetske učinkovitosti sustava.

Primarni cjevovodi

Primarni cjevovodi prenose toplinsku energiju iz glavnog izvora do podstanica. U ovom slučaju, odabrana je brzina strujanja tekućine od 1,5 m/s. Ova brzina je optimalna jer omogućuje učinkovit prijenos topline uz minimalne hidrauličke gubitke. Glavni cjevovod s toplinskim učinkom od 4700 kW koristi cijev DN200, gdje je stvarna brzina strujanja 1,08 m/s. Ovaj odabir osigurava dovoljan protok vode (134,29 m³/h) kako bi se prenijela potrebna toplinska energija od izvora do glavne stanice, uz održavanje prihvatljivih gubitaka energije i tlaka.

Sekundarni cjevovodi

Sekundarni cjevovodi distribuiraju toplinsku energiju unutar zgrada. Za ove cjevovode, odabrana je niža brzina strujanja od 0,8 m/s kako bi se smanjili hidraulički gubici i osigurala učinkovitija distribucija topline. Zgrada G2 s toplinskim učinkom od 180 kW koristi cijev DN65, gdje je stvarna brzina strujanja 0,58 m/s. Ovaj odabir osigurava da je volumni protok (6,17 m³/h) adekvatan za grijanje zgrade, omogućujući ravnomjernu raspodjelu toplinske energije u svim dijelovima zgrade bez prevelikih gubitaka tlaka.

-Analiza stvarnih brzina strujanja-

Stvarne brzine strujanja, koje su izračunate na temelju odabranih promjera cijevi, potvrđuju da su dimenzije cijevi pravilno odabrane kako bi se zadovoljile potrebe sustava grijanja.

- Primarni cjevovodi: odabrane brzine strujanja u rasponu od 1,07 m/s do 1,34 m/s potvrđuju da je sustav dimenzioniran za stabilan prijenos toplinske energije s minimalnim hidrauličkim gubicima.
- Sekundarni cjevovodi: odabrane brzine strujanja u rasponu od 0,50 m/s do 0,70 m/s osiguravaju da je distribucija topline unutar zgrada učinkovita, uz očuvanje energetske učinkovitosti i smanjenje troškova rada.

Primjerice, za zgradu G3 s toplinskim učinkom od 300 kW i odabranom brzinom strujanja od 0,8 m/s, stvarna brzina strujanja unutar cijevi DN80 iznosi 0,54 m/s. Ovaj odabir osigurava dovoljnu količinu protoka (12,86 m³/h) za grijanje zgrade, uz istovremeno održavanje visoke razine energetske učinkovitosti.

-Pad tlaka po metru cijev-

Pad tlaka u cijevima predstavlja gubitak energije tekućine koja prolazi kroz cjevovod zbog otpora koji nastaje trenjem između tekućine i stijenki cijevi, kao i zbog turbulencije unutar same tekućine. Ovi gubici su ključni parametri koje inženjeri moraju uzeti u obzir prilikom projektiranja sustava grijanja i hlađenja jer utječu na potrebnu snagu pumpi, energetska učinkovitost sustava i ukupne operativne troškove.

Pad tlaka po metru cijevi (Pa/m) ukazuje na to koliko se tlak tekućine smanjuje na svakom metru cjevovoda. Veći pad tlaka znači da će biti potrebno više energije za održavanje protoka tekućine, dok manji pad tlaka doprinosi energetska učinkovitosti sustava. Stoga, optimizacija dimenzija cijevi i brzine strujanja tekućine ključna je za postizanje ekonomičnog i učinkovitog sustava grijanja.

Pad tlaka po metru cijevi može se izračunati pomoću Darcy-Weisbachove jednadžbe (11), koja uzima u obzir nekoliko ključnih parametara prema tablici 5.1.3. ulaznih parametara: koeficijent otpora (λ), gustoću fluida (ρ), brzinu strujanja fluida (w), promjer cijevi (d) i duljinu cijevi (L).

Formula za izračun pada tlaka (11)

$$\Delta P = \lambda \times \frac{L}{d} \times \frac{\rho w^2}{2} \quad (11)$$

Ulazni paramteri:

Simbol	Značenje	Vrijednost	Jedinica
λ	Koeficijent otpora	0.045	-
ρ	Gustoća fluida	995,65	kg/m ³
v	Brzina fluida	1.08	m/s
d	Promjer cijevi	0.212	m
L	Dužina cijevi	1	m

Tablica 5.1.3; Ulazni podaci [autor]

Za pad tlaka po metru cijevi ($\Delta P/L$), jednadžba (12) postaje:

$$\frac{\Delta P}{L} = \lambda \times \frac{\rho w^2}{2d} \quad (12)$$

Kada izračunamo ovaj izraz dobivamo 569,96 Pa rezultat te vrijednosti ubacujemo u formulu za izračun pada tlaka.

I kada uvrstimo vrijednosti u prethodni izraz (12) dobivamo da je pad tlaka po metru cjevovoda za DN200 120,98 Pa/m približno 121 Pa/m, pri brzini od 1,08 m/s.

Pad tlaka po metru cijevi važan je parametar pri projektiranju cjevovoda jer utječe na odabir pumpi i energetska učinkovitost sustava grijanja. Veći pad tlaka zahtijeva snažnije pumpe, što može povećati operativne troškove. Optimalno dimenzioniranje cijevi osigurava ravnomjeran protok, smanjuje energetske gubitke i osigurava stabilan rad sustava grijanja tijekom cijele sezone.

Ovi izračuni omogućuju projektantima da precizno dimenzioniraju cjevovode, čime se postiže balans između troškova instalacije i operativnih troškova, te se osigurava visoka učinkovitost sustava grijanja.

Prema istoj analogiji izračunati su padovi tlaka i za ostale cjevovode u tablici 5.1.4. ispod:

	Q(kW)	V(m ³ /h)	Odabrana brzina strujanja v (m/s)	Odabrani standardni cjevovod	Pad tlaka po metru (Pa/m)
	GLAVNI CJEVOVOD OD IZVORA DO GLAVNE STANICE				
	4700	134,29	1,5	DN200	121
	CJEVOVOD DO SVAKE PODSTANICE				
PRIMARNI DO SVAKE PODSTANICE E]	1500	42,86	1,5	DN100	142
	1200	34,29	1,5	DN100	91
	2000	57,14	1,5	DN125	82
	CJEVOVOD U PODSTANICAMA				
PRIMARNI [UNUTAR POJEDINE PODSTANICE E]	1500	64,29	1,5	DN125	154
	1200	41,14	1,5	DN100	80
	2000	85,71	1,5	DN150	128
	ZGRADA G1				
SEKUNDARNI [ZGRADA G1]	225	9,64	0,8	DN100	30
	375	16,07	0,8	DN100	20
	600	25,71	0,8	DN125	17
	300	12,86	0,8	DN80	54
	ZGRADA G2				
SEKUNDARNI [ZGRADA G2]	180	6,17	0,8	DN65	29
	300	10,29	0,8	DN80	34
	480	16,46	0,8	DN100	21
	240	8,23	0,8	DN80	22
	ZGRADA G3				
SEKUNDARNI [ZGRADA G3]	300	12,86	0,8	DN80	54
	500	21,43	0,8	DN100	36
	800	34,29	0,8	DN125	30
	400	17,14	0,8	DN100	23

Tablica 5.1.4; Tablica izračunatih pada tlakova [autor]

5.2. Dimenzioniranje balansirajućeg ventila

Balansirajući ventili su ključne komponente u hidrauličkim sustavima, osiguravajući ravnomjeran protok tekućine kroz različite dijelove sustava. Pravilnim odabirom i postavljanjem balansirajućih ventila osiguravate optimalne radne uvjete sustava, povećavate učinkovitost i smanjujete energetske gubitke.



Slika 5.2.1; Balansirajući ventil [13]

Osnovna formula za pad tlaka kroz ventil (13)

Pad tlaka kroz balansirajući ventil može se procijeniti pomoću Bernoullijevog zakona i empirijskih podataka proizvođača:

$$\Delta P = \frac{Q^2}{Kv^2} \quad (13)$$

Gdje je:

ΔP : pad tlaka kroz ventil (kPa)

Q: protok kroz ventil (m^3/h)

Kv: kapacitet ventila, tj. protok kroz ventil pri padu tlaka od 1 bar (m^3/h)

Metoda za odabir ventila

Određivanje potrebnog protoka (Q)

Protok tekućine kroz dio sustava gdje će biti postavljen ventil može se izračunati ili izmjeriti koristeći projektne podatke ili mjerne instrumente. Protok se najčešće izražava u litrama po sekundi (L/s) ili kubičnim metrima po satu (m³/h). Za precizno određivanje protoka, važno je koristiti pouzdane metode mjerenja kako bi se osiguralo da je ventil pravilno dimenzioniran za specifične uvjete rada sustava.

Određivanje dopuštenog pada tlaka (ΔP)

Dopušteni pad tlaka predstavlja maksimalnu dopuštenu razliku u tlaku prije i poslije ventila, a ključan je za održavanje optimalnog rada sustava. Pad tlaka obično je definiran u tehničkoj dokumentaciji sustava i izražava se u kilopaskalima (kPa) ili barima (bar). Ova vrijednost je kritična jer preveliki pad tlaka može uzrokovati neefikasnost sustava i povećanje operativnih troškova.

Izračunavanje potrebnog Kv

Kv vrijednost (koeficijent protoka ventila) predstavlja sposobnost ventila da propušta tekućinu pri određenom padu tlaka. Za izračunavanje Kv vrijednosti koja odgovara specifičnom protoku i dopuštenom padu tlaka, koristi se odgovarajuća formula (14):

$$Kv = \frac{Q}{\sqrt{\Delta P}} \quad (14)$$

Gdje je:

Kv: kapacitet ventila, izražen u m³/h

Q: protok kroz ventil, izražen u m³/h

ΔP : pad tlaka kroz ventil, izražen u kPa

Autoritet balansirajućeg ventila je mjera koja pokazuje koliko efektivno ventil može regulirati protok u odnosu na ukupni hidraulički otpor sustava. Autoritet ventila (N_v) definiran prema izrazu (15) je kao omjer pada tlaka kroz ventil pri potpuno otvorenom stanju (ΔP_v) i ukupnog pada tlaka u sustavu (ΔP_{ukupno}).

$$N_v = \frac{\Delta P_v}{\Delta P_{ukupno}} \quad (15)$$

Gdje je:

ΔP_v : pad tlaka kroz ventil pri potpuno otvorenom stanju (kPa)

ΔP_{ukupno} : ukupni pad tlaka u sustavu (kPa)

Zašto je autoritet balansirajućeg ventila bitan?

Visok autoritet ventila omogućava precizniju regulaciju protoka. Kada je ventil blizu potpuno otvorenog stanja, promjena u poziciji ventila značajno utječe na protok, omogućavajući finu regulaciju. Optimalan autoritet ventila doprinosi energetske učinkovitosti sustava. Sustav radi učinkovitije jer ventil može bolje kontrolirati protok, smanjujući nepotrebne gubitke energije.

Općenito, idealan autoritet ventila je između 0,4 i 0,7. To znači da pad tlaka kroz ventil pri potpuno otvorenom stanju treba činiti 40-70% ukupnog pada tlaka u sustavu.

Cjevovod	Balansirajući ventili – ZGRADA G1							
Naziv grane	UKUPNI PAD TLAKA	Protok (m ³ /h)	PROTOK (l/h)	KV	DIMENZ IJA VENTILA	KV	PAD TLAKA NA VENTIL U kPa	AUTORITET
IZVOR [1] - RS1 [2]	-	-	-	-	-	-	-	-
RS1 [2]- HEX1 [5]	210,01	42,86	42857,14	29,57	DN100	29,50	211,06	0,50
HEX 1 [5] - RS2 [6]	-	-	-	-	-	-	-	-
RS2 [6]	9,43	9,64	9642,86	31,41	DN100	29,50	10,68	0,53
	28,23	16,07	16071,43	30,25	DN100	29,50	29,68	0,51
	44,07	25,71	25714,29	38,73	DN100	29,50	75,98	0,63
	72,84	12,86	12857,14	15,07	DN65	12,60	104,12	0,59

Cjevovod		Balansirajući ventili - ZGRADA G2						
Naziv grane	UKUPNI PAD TLAKA	Protok (m3/h)	PROTOK (l/h)	KV	DIMENZIJA VENTILA	KV	PAD TLAKA NA VENTILU kPa	AUTORITET
RS1 [2]- HEX2 [3]	170,10	34,29	34285,71	26,29	DN100	29,50	135,08	0,44
HEX 2 [3] - RS3 [7]	-	-	-	-	-	-	-	-
RS3 [7]	27,41	6,17	6171,43	11,79	DN65	12,60	23,99	0,47
	47,65	10,29	10285,71	14,90	DN80	12,50	67,71	0,59
	39,24	16,46	16457,14	26,27	DN100	29,50	31,12	0,44
	30,06	8,23	8228,57	15,01	DN65	12,60	42,65	0,59
Cjevovod		Balansirajući ventili - ZGRADA G3						
Naziv grane	UKUPNI PAD TLAKA	Protok (m3/h)	PROTOK (l/h)	KV	DIMENZIJA VENTILA	KV	PAD TLAKA NA VENTILU kPa	AUTORITET
RS1 [2]- HEX3 [4]	323,08	57,14	57142,86	31,79	DN100	29,50	375,21	0,54
HEX 3 [4] - RS4 [9]	-	-	-	-	-	-	-	-
RS4 [9]	128,87	12,86	12857,14	11,33	DN80	12,50	105,80	0,45
	79,96	21,43	21428,57	23,96	DN100	29,50	52,76	0,40
	62,66	34,29	34285,71	43,31	DN80	43,20	62,99	0,50
	33,98	17,14	17142,86	29,41	DN100	29,50	33,77	0,50

Tablica 5.2.1; Tablica autoriteta [autor]

Tablice 5.2.1. prikazuju podatke o balansirajućim ventilima za tri zgrade (ZGRADA G1, ZGRADA G2, ZGRADA G3) u hidrauličkom sustavu. Svaka tablica sadrži informacije o cjevovodima, padovima tlaka, protoku, veličini ventila, Kv vrijednostima i autoritetu ventila. Kv vrijednost je ključna za odabir ventila jer pokazuje kapacitet ventila. Dimenzija ventila (DN) daje informacije o fizičkoj veličini ventila. Pad tlaka na ventilu prikazuje koliko tlaka ventil "uzme" iz ukupnog pada tlaka. Ovo je bitno za razumijevanje kako ventil utječe na ukupni hidraulički otpor sustava.

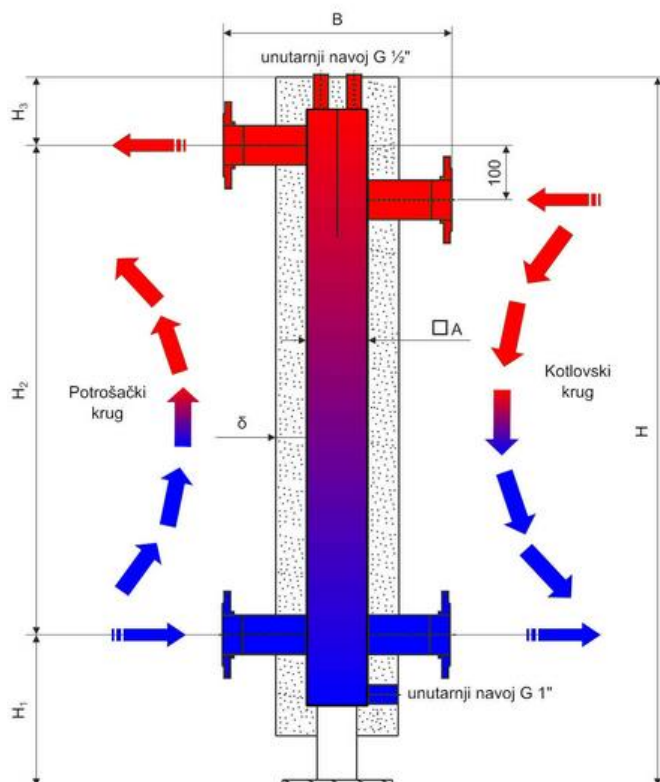
5.3. Odabir hidrauličke skretnice

Hidraulička skretnica omogućava hidrauličko odvajanje primarnog kruga od sekundarnog kruga cirkulacije radnog medija. Radi temperaturnog razdvajanja polaza i povrata, neophodno je skretnicu postaviti vertikalno. Isto tako, razmak između polaznog i povratnog voda mora biti minimalno tri do četiri promjera cijevi kako bi se uspostavilo mirno strujanje. U mom specifičnom slučaju, hidraulička skretnica je postavljena na dolaz iz kongerencijskog postrojenja te na odlaz prema glavnoj toplinskoj stanici iz koje se račva na tri podstanice. Ova konfiguracija omogućava optimalno temperaturno razdvajanje te neometano strujanje radnog medija. Postavljanje skretnice u ovom položaju osigurava da svaki od krugova (kogeneracijskog postrojenja i podstanica) može raditi neovisno, čime se postiže veća efikasnost sustava. Vertikalna instalacija skretnice osigurava pravilno temperaturno razdvajanje polaza i povrata, čime se minimizira miješanje različitih temperaturnih zona unutar sustava. Također, održavanje minimalnog razmaka između polaznog i povratnog voda od tri do četiri promjera cijevi ključno je za uspostavljanje mirnog strujanja, čime se smanjuju hidraulički gubici i osigurava stabilan rad sustava.

Ovaj pristup ima smisla jer omogućava efikasno odvijanje radnih procesa unutar sustava grijanja, te osigurava optimalne radne uvjete za sve dijelove sustava, uključujući glavnu toplinsku stanicu i povezane podstanice. Postavljanje skretnice na opisan način omogućava fleksibilnost u radu sustava, povećava energetske efikasnost i smanjuje mogućnost hidrauličkih i toplinskih problema..

- Funkcija: hidraulička skretnica omogućuje balansiranje protoka između primarnog i sekundarnih krugova. Osigurava stabilan rad cirkulacijskih pumpi i sprječava hidrauličke udare.
- Učinkovitost: osigurava da primarni i sekundarni krugovi rade neovisno jedan o drugom, održavajući optimalnu hidrauličku ravnotežu.

Dimenzionirana je za adekvatan protok iz primarnog kruga bez značajnih gubitaka pritisk. Protok u sustavu grijanja iznosi 134,29 m³ /h.



Slika 5.3.1; Hidraulička skretnica [14]

Odabrana je hidraulička skretnica proizvođača "Reflex" tip DN500 s maksimalnim protokom do 215 m³ /h.

5.4. Dimenzioniranje razdjeljivača/sabirnika

Razdjelnik i sabirnik su komponente u sustavu centralnog grijanja, gdje imaju ulogu regulacije distribucije topline od centralnog izvora topline do krajnjih potrošača kroz različite grane grijanja. Osnovna funkcija razdjelnika je raspodjela grijane tekućine prema pojedinim krugovima grijanja, dok sabirnik prikuplja povratnu tekućinu i vraća je natrag u centralni izvor topline. U osnovi, razdjelnik i sabirnik se sastoje od dvije cijevi s odgovarajućim zavarenim cijevnim nastavcima, što omogućava njihovu fleksibilnost u priključivanju na različite grane sustava grijanja. Kod toplovodnih sustava grijanja, razdjelnik se nalazi u polaznom vodu gdje distribuira grijanu vodu prema potrošačima, dok se sabirnik nalazi u povratnom vodu i služi za prikupljanje povratne vode koja se vraća prema centralnom izvoru topline.. Minimalna dimenzija sabirnika i razdjelnika računata je prema formuli (16):

$$DN \sqrt{DN_1^2 + DN_2^2 + DN_3^2 + \dots + DN_n^2} \quad (16)$$

gdje je:

DN_{\min} → minimalni promjer razdjelnika/sabirnika

DN → standardna dimenzija priključka kruga grijanja

Cjevovod	Dionica	Tip cijevi	Izračun dimenzija [DN]	Minimalna standardna vrijednost dimenzija [DN]
PRIMARNI	GLAVNI	DN200	296,86	300
	G1	DN125		
	G2	DN100		
	G3	DN150		
SEKUNDARNI ZGRADA G1	G1	DN100	205	250
		DN100		
		DN125		
SEKUNDARNI ZGRADA G2	G2	DN80	164,41	250
		DN65		
		DN80		
		DN100		
SEKUNDARNI ZGRADA G3	G3	DN80	204,95	250
		DN80		
		DN100		
		DN125		
		DN100		

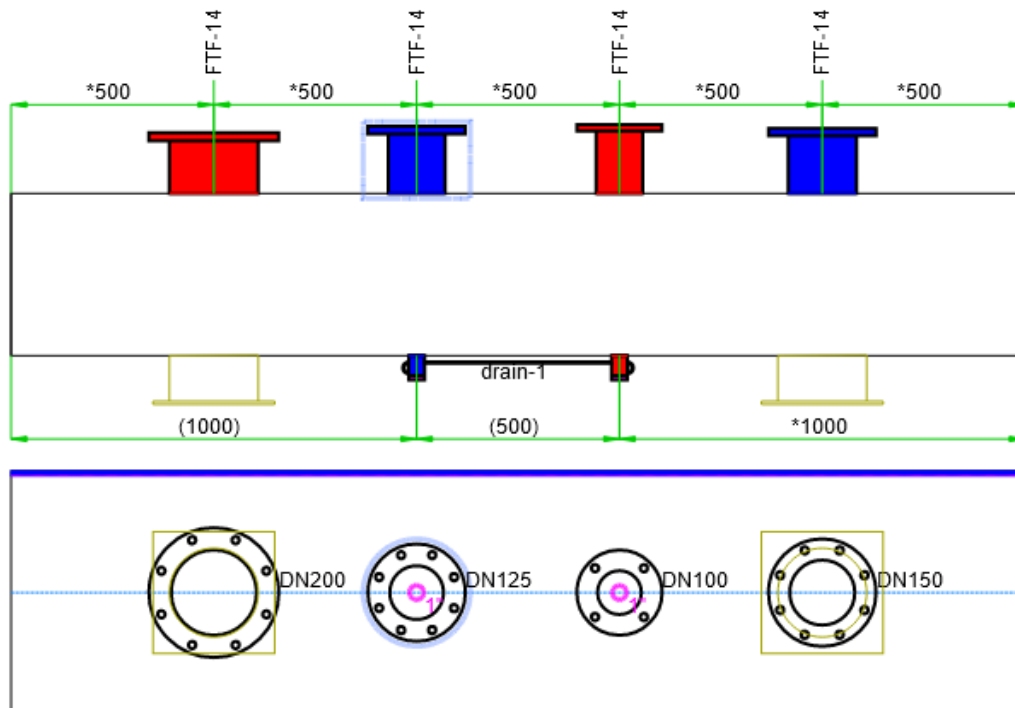
Tablica 5.4.1; Tablica promjera [autor]

Razdjelnici i sabirnici koriste se kod centralnih snabdijevanja više potrošača. To mogu biti ogrjevna tijela, krugovi podnog grijanja ili pojedinačni priključci ogrjevnih tijela. Na razdjelnicima su specijalni ventili pomoću kojih se može regulirati protok za svaki krug.

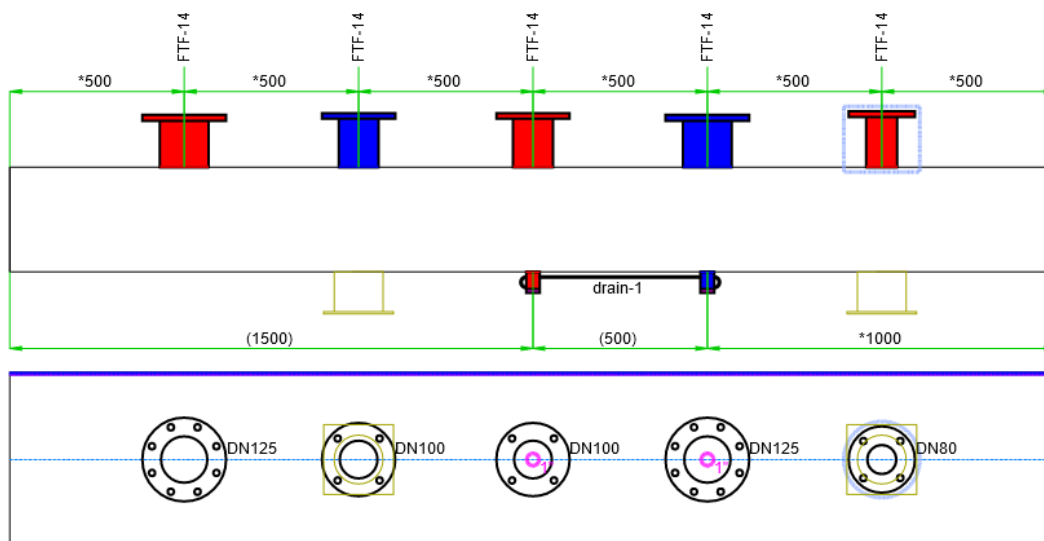
	Tip cijevi	Unutarnji promjer (mm)	Stvarna brzina (m/s)	Koef. trenja	Linjski otpor (kPa/m)
PRIMARNI	čelik	448,82	0,25	0,018	1,25
SEKUNDARNI G1	čelik	264,0	0,25	0,018	2,86
SEKUNDARNI G2	čelik	264,0	0,25	0,018	2,86
SEKUNDARNI G3	čelik	264,0	0,25	0,018	2,86

Tablica 5.4.2; Padovi tlaka [autor]

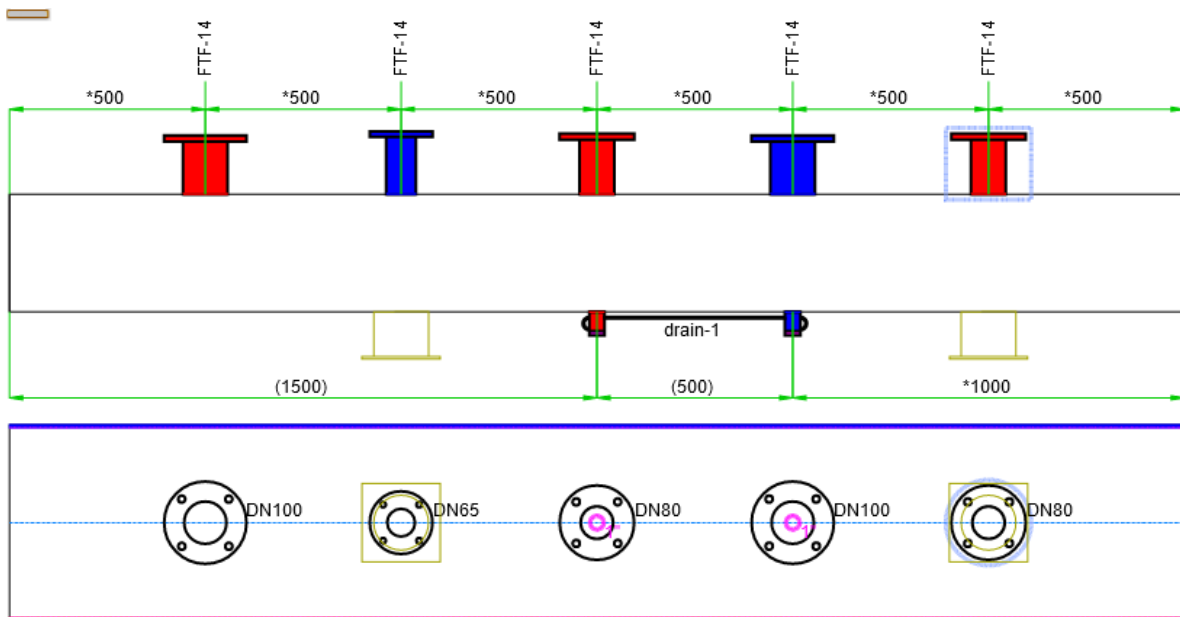
Tablica 5.4.2. za sekundarni G1, G2 i G3 prikazuju proračun linijskog otpora za sekundarne cijevne mreže s unutarnjim promjerom od 264,0 mm i stvarnom brzinom strujanja od 0,25 m/s. Izračunati linijski otpor za sve tri cijevi je 2,86 kPa/m.



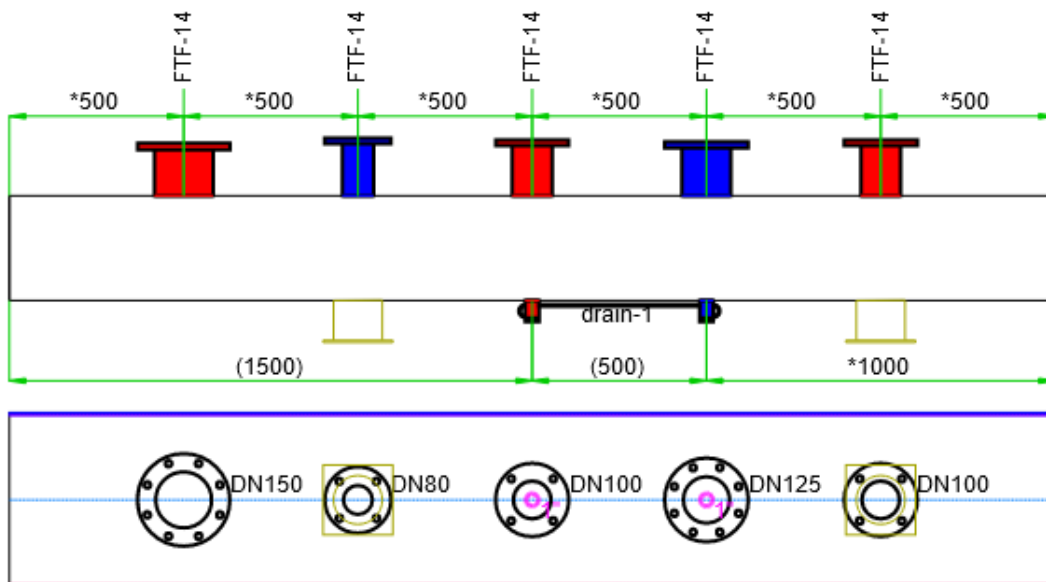
Slika 5.4.1; Glavni primarni razdjelnik/sabirnik [autor]



Slika 5.4.2; Sekundarni razdjelnik/sabirnik za zgradu G1 [autor]



Slika 5.4.3; Sekundarni razdjeljnik/sabirnik za zgradu G2[autor]



Slika 5.4.4; Sekundarni razdjeljnik/sabirnik za zgradu G3[autor]

5.5. Cirkulacijske primarne crpke

U ovom poglavlju opisuje se konfiguracija i odabir primarnih pumpi za hidraulički sustav koji vodi od kongeneracijskog postrojenja do glavne stanice. Sustav zahtijeva visoku pouzdanost i učinkovitost zbog velikih zahtjeva za protokom i padom tlaka. Za ispunjenje tih zahtjeva, odabrane su tri pumpe iz serije Grundfos NB/NK. Cirkulacijske primarne crpke su ključne komponente u sustavima centraliziranog grijanja. One osiguravaju cirkulaciju radnog medija (najčešće vode) iz kogeneracijskog postrojenja kroz primarni krug sustava grijanja prema toplinskim podstanicama. Njihova funkcija je omogućiti stabilan i učinkovit rad sustava, uz minimalne gubitke energije.

Primarne pumpe postavljene su u konfiguraciju koja uključuje dvije operativne pumpe (P1) i jednu redundantnu pumpu (P2). Ova konfiguracija omogućava neprekidan rad sustava čak i u slučaju kvara jedne od pumpi. Operativne pumpe rade paralelno kako bi zadovoljile ukupne zahtjeve sustava za protokom i padom tlaka. Svaka pumpa je dimenzionirana za polovicu ukupnog protoka i pada tlaka, čime se postiže ravnomjerna raspodjela opterećenja. Grundfos NB/NK serija pumpi odabrana je zbog svoje visoke pouzdanosti, učinkovitosti i sposobnosti savladavanja velikih padova tlaka i protoka potrebnih za sustav. Redundantna pumpa služi kao rezervna i uključuje se samo u slučaju kvara jedne od operativnih pumpi, čime se osigurava neprekinuti rad sustava.



Slika 5.5.1; Cirkulacijska pumpa [15]

ZGRADA G1																
Naziv grane	Cjevovod								Balansirajući ventili		Pumpe					
	Temperatura polaza	Temperatura povrata	ΔT (K)	Kapacitet (kW)	Protok (m ³ /h)	Dimenzija cijevovoda	Pad tlaka u sistemu (kPa)	Pad tlaka u sistemu (bar)	PAD TLAKA NA VENTILU kPa	AUTORITET	Oznaka	Ukupni pad tlaka (kPa)	Protok (m ³ /h)	Odabrana pumpa	Max Protok (m ³ /h)	Max pad tlaka (kPa)
IZVOR [1] - RS1 [2]	120	90	30	4700	134,29	DN200	158,57	1,59	-	-	P1/P2	158,6	134,29	Grundfos NB/NK serija	150	80
RS1 [2]-HEX1 [5]	120	90	30	1500	42,86	DN100	210,01	2,10	211,06	0,50	P3	421,1	42,86	Wilo CronoLine-IL	50	450
HEX 1 [5] - RS2 [6]	80	60	20	1500	64,29	DN125	298,15	2,98	-	-	P4/P5	298,2	64,29	Grundfos NB/NK serija	70	320

Tablica 5.5.1; Pumpe za zgradu G1 [autor]

Svaka grana cjevovoda u zgradi G1 ima specifične zahtjeve koji su prikazani u tablici 5.5.1. Balansirajući ventili su odabrani kako bi se osigurala optimalna distribucija protoka i minimalni gubici tlaka.

Grana RS1 [2] - HEX1 [5]:

- Protok: 42,86 m³/h
- Ukupni pad tlaka: 421,1 kPa
- Odabrana pumpa: Wilo CronoLine-IL
 - Max protok: 50 m³/h
 - Max pad tlaka: 450 kPa
- Komentar: ova pumpa može savladati pad tlaka do 450 kPa i omogućiti protok do 50 m³/h. Zadovoljava potrebni pad tlaka od 421,1 kPa i protok od 42,86 m³/h. Autoritet ventila je 0,50, što je unutar optimalnog raspona za učinkovitu regulaciju. Odabir pumpe i ventila temelji se na zahtjevima specifičnih cjevovoda kako bi se osigurala visoka učinkovitost i pouzdanost sustava.

ZGRADA G2																
Naziv grane	Cjevovod						Balansirajući ventili				Pumpe					
	Temperatura polaza	Temperatura povrata	ΔT (K)	Kapacitet (kW)	Protok (m ³ /h)	Dimenzija cijevovoda	Pad tlaka u sistemu (kPa)	Pad tlaka u sistemu (bar)	PAD TLAKA NA VENTILU kPa	AUTORITET	Oznaka	Ukupni pad tlaka (kPa)	Protok (m ³ /h)	Odabrana pumpa	Max Protok (m ³ /h)	Max pad tlaka (kPa)
RS1 [2]- HEX2 [3]	120	90	30	1200	34,29	DN100	170,10	1,70	135,08	0,44	P10	305,2	34,29	Wilo CronoLine-IL	40	350
HEX 2 [3] - RS3 [7]	75	50	25	1200	41,14	DN100	344,81	3,45	-	-	P11/P12	344,8	41,14	Grundfos NB/NK serija	45	360

Tablica 5.5.2; Pumpe za zgradu G2 [autor]

Za grane cjevovoda u zgradi G2, balansirajući ventili i pumpe su pažljivo odabrani kako bi se postigla optimalna funkcionalnost.

Grana RS1 [2] - HEX2 [3]:

- Protok: 134,29 m³/h
- Ukupni pad tlaka: 305,2 kPa
- Odabrana pumpa: Wilo CronoLine-IL
 - Max protok: 40 m³/h
 - Max pad tlaka: 350 kPa
- Komentar: ova pumpa može savladati pad tlaka do 350 kPa i omogućiti protok do 40 m³/h. Zadovoljava potrebni pad tlaka od 305,2 kPa i protok od 34,29 m³/h. Autoritet ventila je 0,44, što omogućava učinkovitu kontrolu protoka. Ova konfiguracija osigurava optimalan rad sustava, uzimajući u obzir specifične hidrauličke zahtjeve svake grane.

ZGRADA G3																
Cijevovod									Balansirajući ventili			Pumpe				
Naziv grane	Temperatura polaza	Temperatura povrata	ΔT (K)	Kapacitet (kW)	Protok (m ³ /h)	Dimenzija cijevovoda	Pad tlaka u sistemu (kPa)	Pad tlaka u sistemu (bar)	PAD TLAKA NA VENTILU kPa	AUTORITET	Oznaka	Ukupni pad tlaka (kPa)	Protok (m ³ /h)	Odabrana pumpa	Max Protok (m ³ /h)	Max pad tlaka (kPa)
RS1 [2]- HEX3 [4]	120	90	30	2000	57,14	DN125	323,08	3,23	375,21	0,54	P17	698,3	57,14	Grundfos HS	60	700
HEX 3 [4] - RS4 [9]	85	65	20	2000	85,71	DN150	441,18	4,41	-	-	P18/P19	441,2	85,71	Grundfos CR	90	450

Tablica 5.5.3; Pumpe za zgradu G3 [autor]

Za zgradu G3, balansirajući ventili i pumpe su odabrani kako bi se osigurala optimalna učinkovitost i pouzdanost sustava.

Grana RS1 [2] - HEX3 [4]:

- Protok: 134,29 m³/h
- Ukupni pad tlaka: 698,3 kPa
- Odabrana pumpa: Grundfos HS
 - Max protok: 60 m³/h
 - Max pad tlaka: 700 kPa

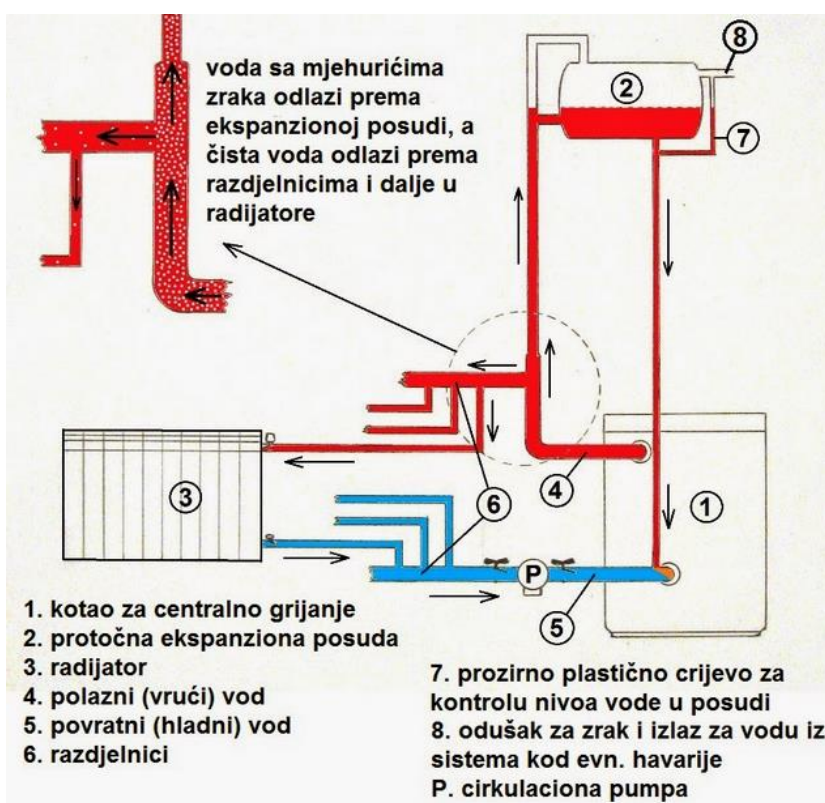
Komentar: ova pumpa može savladati pad tlaka do 700 kPa i omogućiti protok do 60 m³/h. Zadovoljava potrebni pad tlaka od 698,3 kPa i protok od 57,14 m³/h. Autoritet ventila je 0,59, što je unutar optimalnog raspona za učinkovitu regulaciju. Ovaj odabir osigurava da sustav može podnijeti visoke zahtjeve za padom tlaka i protokom, pružajući pouzdan i stabilan rad. Ove tablice predstavljaju konfiguraciju i odabir balansirajućih ventila i pumpi za tri zgrade (G1, G2, G3). Svaka zgrada ima jedinstven hidraulički sustav s različitim zahtjevima za protokom i padom tlaka. Svaka zgrada ima specifične zahtjeve za protokom i padom tlaka koji su pažljivo analizirani i prikazani kroz različite grane cjevovoda. Balansirajući ventili su pažljivo odabrani kako bi osigurali optimalnu distribuciju protoka i minimalne gubitke tlaka. Odabrane pumpe iz serija Grundfos i Wilo poznate su po svojoj pouzdanosti i učinkovitosti.

5.5.1. Razlika između otvorenog i zatvorenog sistema grijanja

Otvoreni sustav

Visinska razlika u otvorenom sustavu, tekućina cirkulira između različitih razina, često s velikim visinskim razlikama između usisne i ispusne točke. Otvoreni sustav centralnog grijanja karakterizira pouzdanost i dugotrajnost, posebno kod sustava s kotlovima na čvrsta goriva. Naziv „otvoreni“ znači da sustav na najvišoj točki ima ekspanzijsku posudu s otvorom kroz koji zrak slobodno cirkulira, ovisno o količini vode u posudi. Pritisak u sustavu je konstantan bez obzira na temperaturu vode i iznosi koliko i visina sustava (svaki metar visine dodaje 0,1 bar pritiska). U prizemnim objektima, visina između cirkulacijske pumpe i razine vode u posudi trebala bi biti minimalno 3 metra kako bi se osigurao pritisak potreban za pravilan rad pumpe (minimalno 0,3 bara).

Potreba za visinom dizanja: pumpe u otvorenom sustavu moraju prevladati ne samo otpor protoka (pad tlaka) unutar cijevi i drugih komponenata, nego i visinsku razliku između ulazne i izlazne točke tekućine. To zahtijeva određenu visinu dizanja kako bi se savladala ta razlika. [16]



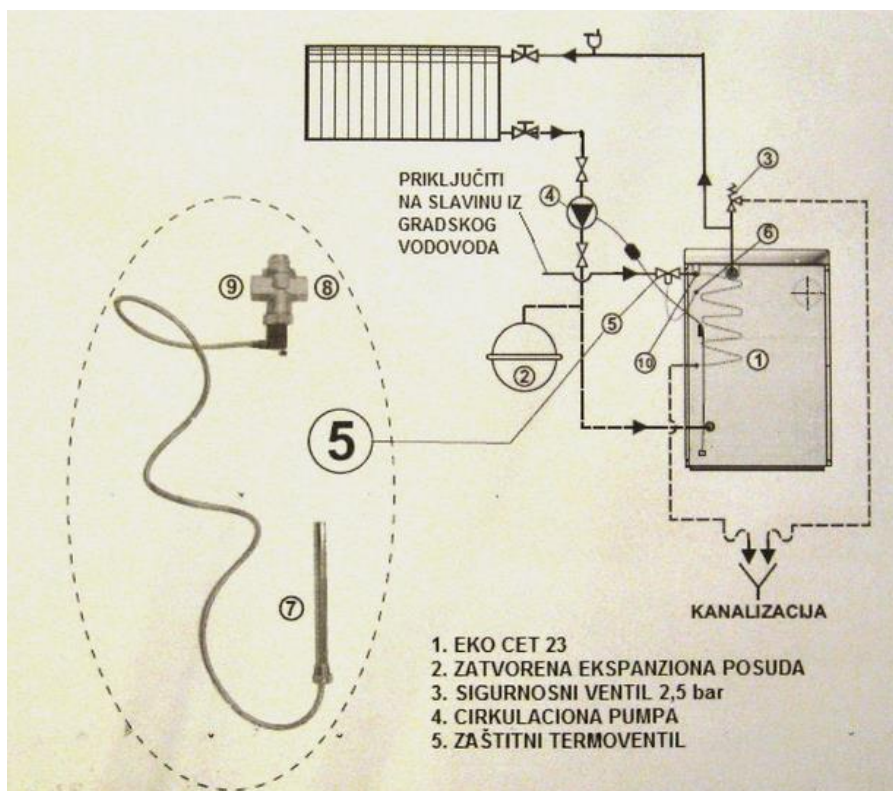
Slika 5.5.1.1; Prikaz otvorenog sustava [16]

Zatvoreni sustav

Nema visinskih razlika: u zatvorenom sustavu, tekućina cirkulira unutar zatvorene petlje bez značajnih visinskih razlika između početne i krajnje točke. Osnovna karakteristika zatvorenog sustava je oscilacija pritiska koja ovisi o temperaturi vode. Velike oscilacije pritiska značajno utječu na vijek trajanja svih komponenti, posebno kotla. Preporuča se da razlika pritiska između hladnog (20 °C) i zagrijanog sustava ne prelazi 0,3 - 0,4 bara.

Ponovna uporaba potencijalne energije: kada tekućina pada s određene visine, potencijalna energija koja se stvara pri padu ponovo se koristi za podizanje tekućine natrag na početnu visinu, čime se neto energetska zahtjev za prevladavanje visinskih razlika poništava.

Hidraulički otpor: glavni izazov u zatvorenom sustavu je savladavanje hidrauličkog otpora koji stvaraju cijevi, ventili, fitinzi i ostale komponente kroz koje tekućina prolazi. Ovo se izražava kao pad tlaka (kPa) i zahtijeva određenu snagu pumpe za održavanje željenog protoka. [16]



Slika 5.5.1.2; Prikaz zatvorenog sustava [16]

Zašto visina dizanja nije važna u zatvorenom sustavu?

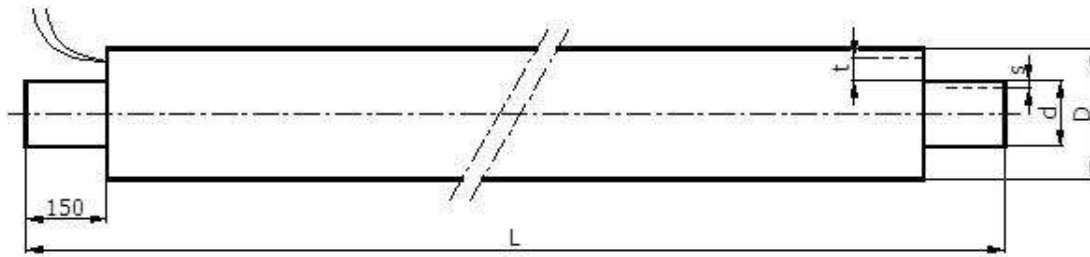
Ponovno korištenje potencijalne energije: u zatvorenom sustavu visinska razlika između ulazne i izlazne točke tekućine se poništava sama po sebi.

Hidraulički otpor: ključni faktor je savladavanje hidrauličkog otpora unutar sustava, a ne visinska razlika.

5.6. Proračun izolacije podzemnog cjevovoda

Predizolirane cijevi za distribuciju toplinske energije do 120°C proizvode se u skladu sa standardom EN 253. One se izrađuju od bešavnih ili zavarenih čeličnih cijevi, koje su proizvedene prema standardima EN 10216-1, -2 ili EN 10217-1, -2, s dimenzijama od DN25 do DN300. Za vanjsku zaštitu koristi se omotač od polietilena visoke gustoće. Izolacijski sloj je izrađen od čvrste poliuretanske pjene koja ima toplinsku provodljivost $\lambda=0,028$ W/mK, prikladna za upotrebu do temperatura od 130°C. Izolacija je dostupna u tri razreda debljine: prvi, drugi i treći. Također, postoji mogućnost ugradnje sustava za detekciju vlage unutar izolacijskog sloja cijevi.

Prema sljedećoj slici koristi se cijev za grijanje DN 200 koja je prethodno preračunata i ona ima sljedeće parametre, debljinu izolacije koja iznosi 42 mm, što se koristi za predizolirani cjevovod. [17]



	NO	Čelična cijev dxs mm	Standardna dužina m	Debljina izolacije S			Količina vode l/m
				D mm	t mm	teža kg/m	
Cijevi za grijanje	20	26,9x2,3	6	90	29	2,8	0,37
	25	33,7x2,3	6	90	26	3,0	0,76
	32	42,4x2,6	6	110	31	4,1	1,09
	40	48,3x2,6	6/12	110	28	4,5	1,46
	50	60,3x2,9	6/12	125	29	5,9	2,33
	65	76,1x2,9	6/12	140	29	7,3	3,88
	80	88,9x3,2	6/12	160	32	9,3	5,35
	100	114,3x3,3	6/12	200	39	13,4	9,01
	125	139,7x3,6	6/12	225	39	16,4	13,79
	150	168,3x4,0	12	250	36	21,2	20,18
	200	219,1x4,5	12	315	42	31,5	34,67
	250	273,0x5,0	12	400	56	45,8	54,33
	300	323,9x5,6	12	450	55	59,2	76,80
	350	355,6x5,6	12	500	63	67,4	93,16
	400	406,4x6,3	12	560	66	85,7	121,80
450	457,2x6,3	12	560	41	90,5	155,25	
500	508,0x6,3	12	630	49	104,1	192,75	
Cijevi za sanitarnu vodu	1/2"	21,3x2,65	6	90	31	2,5	0,20
	3/4"	21,3x2,65	6	90	29	2,8	0,37
	1"	33,7x3,25	6	90	26	3,6	0,58
	5/4"	42,4x3,25	6	110	31	4,7	1,01
	6/4"	48,3x3,25	6	110	28	5,2	1,37
	2"	60,3x3,65	6	125	29	6,9	2,21
	2,5"	76,1x3,65	6	140	29	8,6	3,72
	3"	88,9x4,05	6	160	32	11,0	5,13
4"	114,3x4,5	6	200	39	15,8	8,71	

Označavanje: Cijev S NO

Slika 5.6.1; Odabir glavne predizolirane cijevi [17]

5.6.1. Izračunavanje rastezanja cjevovoda i metode njegove kompenzacije

Toplinska ekspanzija cjevovoda ublažava se korištenjem kompenzatora poput U, L ili Z oblika ekspanzijskih petlji ili aksijalnih kompenzatora. Za izračun toplinskog izduženja cijevi koristi se sljedeća formula (17):

$$F = \alpha \times (t_m - t_o) \times L \quad (17)$$

gdje:

- α ($^{\circ}\text{C}^{-1}$) predstavlja koeficijent toplinskog izduženja.
- t_m ($^{\circ}\text{C}$) je radna temperatura.
- t_o ($^{\circ}\text{C}$) je temperatura pri montaži.
- L (mm) označava duljinu cijevi.

Na temelju formule (17) razvijen je dijagram koji omogućuje određivanje izduženja u funkciji razlike temperatura i duljine cijevi. Dijagram koristi koeficijent toplinskog izduženja:

$$\alpha = 1,2 \times 10^{-5} \text{C}^{-1}$$

Cijevovod	Temperatura	Duljina dionice [m]	Duljina istezanja [mm]
G1	120	50	75
		50	75
		50	75
G2	120	50	75
		25	37,5
		25	37,5
		50	75
		50	75
G3	120	50	75
		40	60
		40	60
		80	120
		80	120

Tablica 5.6.1; Prikaz tablice duljine istezanja [autor]

Dimenzioniranje ekspanzijskih petlji u čeličnim cjevovodima ključno je kako bi se osiguralo da pri kompenzaciji maksimalnog izduženja cjevovoda ne dođe do oštećenja, posebno pucanja zavara lukova. Ekspanzijske petlje, bilo U, L ili Z oblika, koriste se za apsorpiranje toplinskog širenja i sprječavanje oštećenja cjevovoda. U-dilatacijske petlje, izrađene od standardnih koljena u predizoliranoj verziji s 50 % prednapona, odabire se pomoću dijagrama 2, ovisno o veličini izduženja i promjeru cijevi. Dimenzije L i Z petlji određuju se iz dijagrama 3, temeljeno na promjeru cijevi i izduženju dužine L. Reakcijsku silu kompenzacijske U-petlje s 50 % prednapona izračunava se prema formuli (18):

$$F = \frac{10xIxf}{S^3xC} (N) \quad (18)$$

gdje je:

$I = \pi/64x(dz^4 - dn^4)$ - moment otpornosti presjeka cijevi

f (cm) - dilatacija kompenzatora

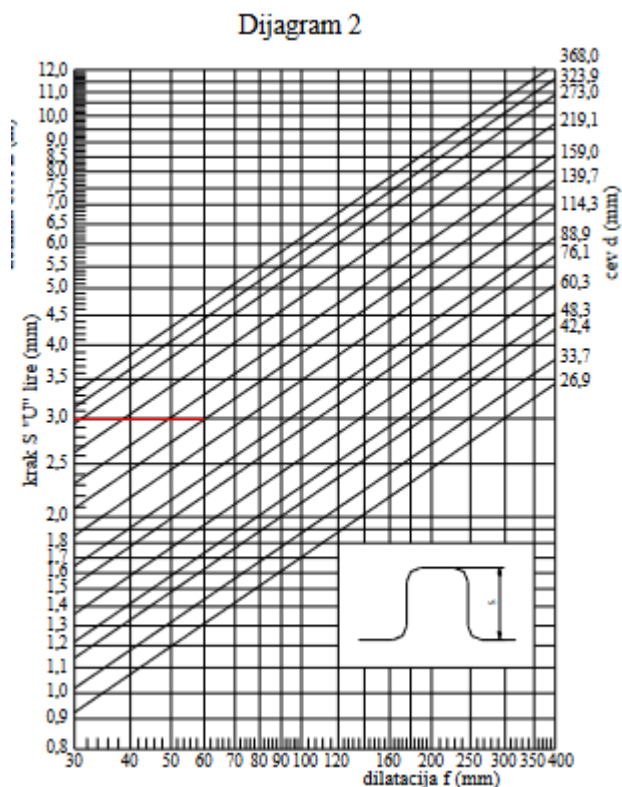
S (m) - dužina kraka lire

C - koeficijent iz dijagrama 3

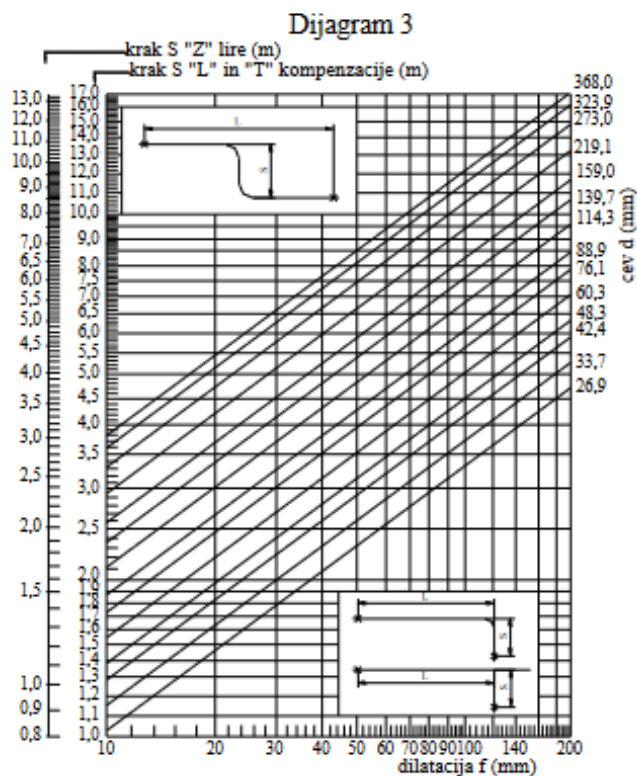
dz (cm) - vanjski promjer cijevi

dn (cm) - unutrašnji promjer cijevi

Nakon što se izračuna istežanje iz dijagrama 2. očitava se dimenzija dilatacijska U-lire, a iz dijagrama 3. očitavaju se dimenzije L ili Z lira.



Slika 5.6.3; Dijagram 2 [17]

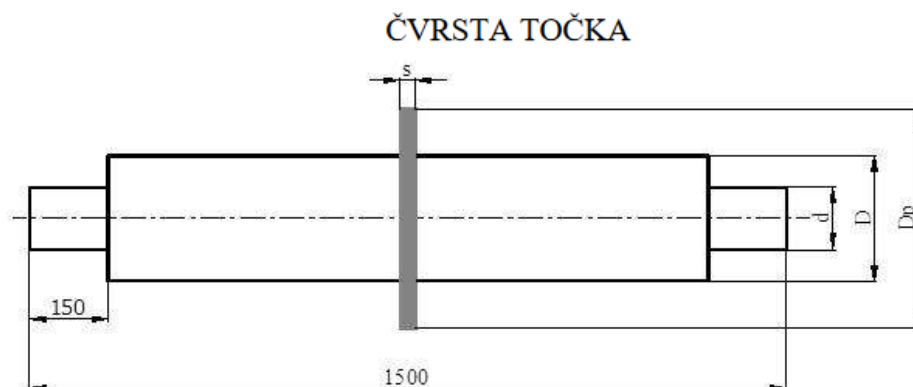


Slika 5.6.2; Dijagram 3 [17]

Cijevovod	Temperatura	Duljina dionice [m]	Dimenzija U-lira [m]
G1	120	50	2,6
		50	2,6
		50	2,6
G2	120	50	2,6
		25	2,2
		25	2,2
		50	2,6
		50	2,6
G3	120	50	2,6
		40	2,5
		40	2,5
		80	3,2
		80	3,2

Tablica 5.6.2; Dimenzije lira [autor]

Čvrste točke odabrane su ovisno o dimenzijama cjevovoda prema tablici 5.6.3. u nastavku.

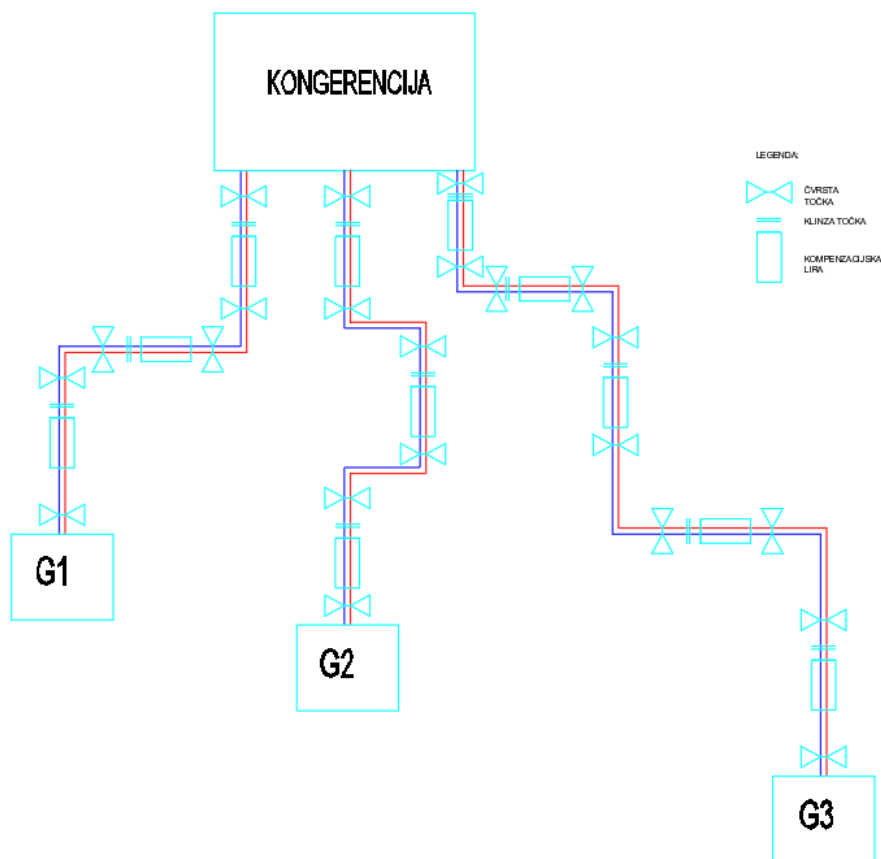


NO	Čelična cijev d _x s mm	Čelična ploča D _p x _s mm
20	26,9x2,3	215x10
25	33,7x2,3	215x10
32	42,4x2,6	215x15
40	48,3x2,6	215x15
50	60,3x2,9	215x15
65	76,1x2,9	240x15
80	88,9x3,2	260x15
100	114,3x3,3	300x20
125	139,7x3,6	350x20
150	168,3x4,0	380x20
200	219,1x4,5	415x20
250	273,0x5,0	500x25
300	323,9x5,6	600x25
350	355,6x5,6	730x25
400	406,4x6,3	800x30
450	457,2x6,3	830x30
500	508,0x6,3	860x30

Tablica 5.6.3; Tablica dimenzija čvrstih točaka [17]

Cjevovod	Temperatura	Duljina dionice [m]	Dimenzija U-lira [m]	Koljeno	Čvrsta točka
G1	120	50	2,6	DN100	2
		50	2,6	DN100	2
		50	2,6	DN100	2
G2	120	50	2,6	DN100	2
		25	2,2	DN100	2
		25	2,2	DN100	2
		50	2,6	DN100	2
		50	2,6	DN100	2
G3	120	40	2,5	DN125	2
		40	2,5	DN125	2
		80	3,2	DN125	2
		80	3,2	DN125	2
		80	3,2	DN125	2

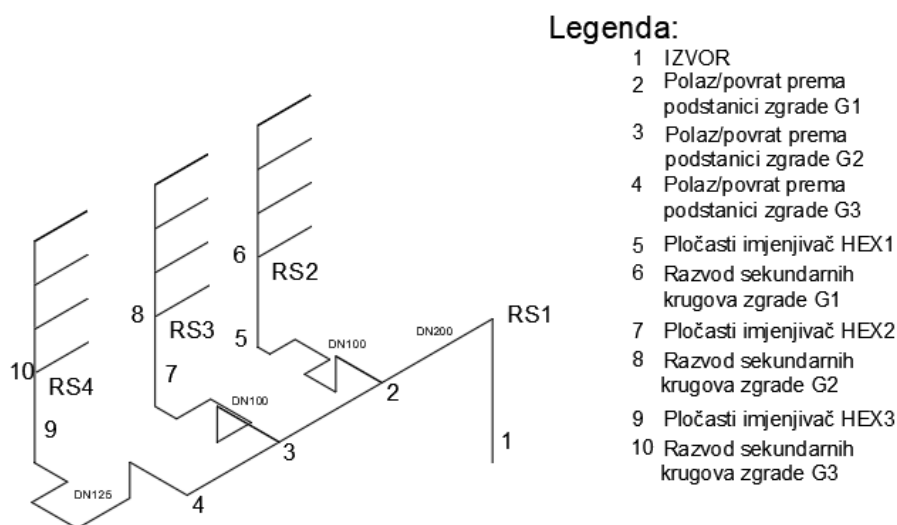
Tablica 5.6.4; Tablica dimenzija čvrstih točaka [17]



Slika 5.6.4; Dispozicija građevina s čvrstim točkama [autor]

5.7. Cirkulacijske sekundarne crpke

Za izgradnju cjevovoda odabrane su čelične cijevi. Pri dimenzioniranju cjevovoda osigurano je da ni u jednom segmentu brzina vode i pad tlaka po metru ne premašuju preporučene maksimalne vrijednosti. Kriteriji za dimenzioniranje uključuju maksimalnu brzinu vode od 0,8 metara u sekundi. Cirkulacijske sekundarne crpke su ključne komponente u sustavima grijanja i hlađenja koje omogućuju cirkulaciju radnog medija (najčešće vode) kroz sekundarne krugove grijanja unutar zgrada. Njihova glavna funkcija je osigurati stalan protok grijane vode iz toplinske podstanice prema radijatorima, ventilokonvektorima ili drugim grijačim elementima, te povratak ohlađene vode natrag u podstanicu za ponovno grijanje. Alternativno, regulacija se može vršiti promjenom količine protoka kroz izmjenjivače topline, što se postiže pomoću prolaznih ventila.



Slika 5.7.1; Dispozicija razvoda [autor]

ZGRADA G1																
Naziv grane	Cijevovod								Balansirajući ventili		Pumpe					
	Temperatura polaza	Temperatura povrata	ΔT (K)	Kapacitet (kW)	Protok (m ³ /h)	Dimenzija cijevovoda	Pad tlaka u sistemu (kPa)	Pad tlaka u sistemu (bar)	PAD TLAKA NA VENTILU kPa	AUTORITET	Oznaka	Ukupni pad tlaka (kPa)	Protok (m ³ /h)	Odabrana pumpa	Max Protok (m ³ /h)	Max pad tlaka (kPa)
RS2 [6]	80	60	20	225	9,64	DN100	9,43	0,09	10,68	0,53	P6	20,1	9,64	Grundfos Magna3	12	25
	80	60	20	375	16,07	DN100	28,23	0,28	29,68	0,51	P7	57,9	16,07	Xylem Lowara e-LNE	18	65
	80	60	20	600	25,71	DN125	44,07	0,44	75,98	0,63	P8	120,1	25,71	Wilo Veroline-IPL	30	140
	80	60	20	300	12,86	DN80	72,84	0,73	104,12	0,59	P9	177,0	12,86	Grundfos CRE	15	200

Tablica 5.7.1; Cirkulacijske sekundarne crpke za zgradu G1 [autor]

Odabrane pumpe za svaku granu u zgradi G1 na temelju potrebnog protoka i ukupnog pada tlaka. Svaka pumpa je u stanju podnijeti zahtjeve specifične grane, omogućujući visoku učinkovitost i stabilnost sustava.

Grana 1:

- Protok: 9,64 m³/h
- Ukupni pad tlaka: 20,1 kPa
- Pumpa: Grundfos Magna3

- Max protok: 12 m³/h
- Max pad tlaka: 25 kPa

Komentar: Grundfos Magna3 pumpa je odabrana zbog njenog kapaciteta da savlada pad tlaka od 25 kPa i osigura protok do 12 m³/h. S obzirom na zahtjev grane za pad tlaka od 20,1 kPa i protok od 9,64 m³/h, ova pumpa omogućava pouzdan rad unutar optimalnih radnih parametara, uz autoritet ventila od 0,53, što osigurava učinkovitu regulaciju.

Grana 2:

- Protok: 16,7 m³/h
- Ukupni pad tlaka: 57,9 kPa
- Pumpa: Xylem Lowara-LNE
 - Max protok: 18 m³/h
 - Max pad tlaka: 65 kPa

Komentar: Xylem Lowara-LNE pumpa je idealna za ovu granu jer može savladati pad tlaka do 65 kPa i osigurati protok do 18 m³/h. Pumpa zadovoljava potrebne specifikacije za pad tlaka od 57,9 kPa i protok od 16,7 m³/h. Autoritet ventila je 0,55, što omogućuje preciznu i stabilnu regulaciju sustava.

Grana 3:

- Protok: 25,71 m³/h
- Ukupni pad tlaka: 150,1 kPa
- Pumpa: Wilo Veroline-IPL
 - Max protok: 30 m³/h
 - Max pad tlaka: 140 kPa

Komentar: Wilo Veroline-IPL pumpa je odabrana zbog njenog kapaciteta da savlada pad tlaka do 140 kPa i osigura protok do 30 m³/h. Iako je maksimalni pad tlaka pumpe nešto manji od potrebnog (150,1 kPa), pumpa je i dalje prikladna zbog svojeg visokog protoka i pouzdanosti. Autoritet ventila od 0,59 dodatno osigurava učinkovitu kontrolu i regulaciju sustava.

Grana 4:

- Protok: 12,86 m³/h
- Ukupni pad tlaka: 177,0 kPa

- Pumpa: Grundfos CRE
 - Max protok: 15 m³/h
 - Max pad tlaka: 200 kPa

Komentar: Grundfos CRE pumpa je odabrana jer može savladati pad tlaka do 200 kPa i omogućiti protok do 15 m³/h. Ova pumpa zadovoljava potrebne specifikacije za pad tlaka od 177,0 kPa i protok od 12,86 m³/h, osiguravajući pouzdan rad sustava. Autoritet ventila od 0,62 garantira preciznu i stabilnu regulaciju.

ZGRADA G2																
Cijevovod									Balansirajući ventili		Pumpe					
Naziv grane	Temperatura polaza	Temperatura povrata	ΔT (K)	Kapacitet (kW)	Protok (m ³ /h)	Dimenzija cijevovoda	Pad tlaka u sistemu (kPa)	Pad tlaka u sistemu (bar)	PAD TLAKA NA VENTILU kPa	AUTORITET	Oznaka	Ukupni pad tlaka (kPa)	Protok (m ³ /h)	Odabrana pumpa	Max Protok (m ³ /h)	Max pad tlaka (kPa)
RS3 [7]	75	50	25	180	6,17	DN65	27,41	0,27	23,99	0,47	P13	51,4	6,17	Grundfos Magna3	7	55
	75	50	25	300	10,29	DN80	47,65	0,48	67,71	0,59	P14	115,4	10,29	Xylem Lowara e-LNE	12	120
	75	50	25	480	16,46	DN100	39,24	0,39	31,12	0,44	P15	70,4	16,46	Wilo VeroLine-IPL	20	80
	75	50	25	240	8,23	DN80	30,06	0,30	42,65	0,59	P16	72,7	8,23	Grundfos CRE	10	75

Tablica 5.7.2; Cirkulacijske sekundarne crpke za zgradu G2 [autor]

Svaka grana cjevovoda u zgradi G2 ima specifične hidrauličke zahtjeve koji su prikazani u tablici. Kako bi se osigurala optimalna distribucija protoka i minimalni gubici tlaka, pažljivo su odabrani balansirajući ventili i pumpe.

Grana 1:

- Protok: 6,17 m³/h
- Ukupni pad tlaka: 51,4 kPa
- Pumpa: Grundfos Magna3
 - Max protok: 7 m³/h
 - Max pad tlaka: 55 kPa

Komentar: Grundfos Magna3 pumpa je odabrana zbog njenog kapaciteta da savlada pad tlaka od 55 kPa i osigura protok do 7 m³/h. S obzirom na zahtjev grane za pad tlaka od 51,4 kPa i protok od 6,17 m³/h, ova pumpa omogućava pouzdan rad unutar optimalnih radnih parametara. Autoritet ventila od 0,47 osigurava učinkovitu regulaciju.

Grana 2:

- Protok: 10,29 m³/h
- Ukupni pad tlaka: 115,4 kPa
- Pumpa: Xylem Lowara e-LNE
 - Max protok: 12 m³/h
 - Max pad tlaka: 120 kPa

Komentar: Xylem Lowara e-LNE pumpa je idealna za ovu granu jer može savladati pad tlaka do 120 kPa i osigurati protok do 12 m³/h. Pumpa zadovoljava potrebne specifikacije za pad tlaka od 115,4 kPa i protok od 10,29 m³/h. Autoritet ventila je 0,59, što omogućuje preciznu i stabilnu regulaciju sustava.

Grana 3:

- Protok: 16,46 m³/h
- Ukupni pad tlaka: 70,4 kPa
- Pumpa: Wilo Veroline-IPL
 - Max protok: 20 m³/h
 - Max pad tlaka: 80 kPa

Komentar: Wilo Veroline-IPL pumpa je odabrana zbog njenog kapaciteta da savlada pad tlaka do 80 kPa i osigura protok do 20 m³/h. Ova pumpa zadovoljava potrebne specifikacije za pad tlaka od 70,4 kPa i protok od 16,46 m³/h. Autoritet ventila od 0,55 dodatno osigurava učinkovitu kontrolu i regulaciju sustava.

Grana 4:

- Protok: 8,23 m³/h
- Ukupni pad tlaka: 72,7 kPa
- Pumpa: Grundfos CRE
 - Max protok: 10 m³/h
 - Max pad tlaka: 75 kPa

Komentar: Grundfos CRE pumpa je odabrana jer može savladati pad tlaka do 75 kPa i omogućiti protok do 10 m³/h. Ova pumpa zadovoljava potrebne specifikacije za pad tlaka od

72,7 kPa i protok od 8,23 m³/h, osiguravajući pouzdan rad sustava. Autoritet ventila od 0,59 garantira preciznu i stabilnu regulaciju.

ZGRADA G3																
Cijevod									Balansirajući ventili		Pumpe					
Naziv grane	Temperatura polaza	Temperatura povrata	ΔT (K)	Kapacitet (kW)	Protok (m ³ /h)	Dimenzija cijevovoda	Pad tlaka u sistemu (kPa)	Pad tlaka u sistemu (bar)	PAD TLAKA NA VENTILU kPa	AUTORITET	Oznaka	Ukupni pad tlaka (kPa)	Protok (m ³ /h)	Odabrana pumpa	Max Protok (m ³ /h)	Max pad tlaka (kPa)
RS4 [9]	85	65	20	300	12,86	DN80	128,87	1,29	105,80	0,45	P20	234,7	12,86	Grundfos CRE	15	240
	85	65	20	500	21,43	DN100	79,96	0,80	52,76	0,40	P21	132,7	21,43	Xylem Lowara e-LNE	25	140
	85	65	20	800	34,29	DN125	62,66	0,63	62,99	0,50	P22	125,6	34,29	Wilo Veroline-IPL	35	130
	85	65	20	400	17,14	DN100	57,98	0,58	33,77	0,50	P23	91,7	17,14	Grundfos Magna3	20	100

Tablica 5.7.3; Cirkulacijske sekundarne crpke za zgradu G3 [autor]

Grana 1:

- Protok: 12,86 m³/h
- Ukupni pad tlaka: 234,7 kPa
- Pumpa: Grundfos CRE
 - Max protok: 15 m³/h
 - Max pad tlaka: 240 kPa

Komentar: Grundfos CRE pumpa je odabrana zbog njenog kapaciteta da savlada pad tlaka od 240 kPa i osigura protok do 15 m³/h. S obzirom na zahtjev grane za pad tlaka od 234,7 kPa i protok od 12,86 m³/h, ova pumpa omogućava pouzdan rad unutar optimalnih radnih parametara. Autoritet ventila od 0,45 osigurava učinkovitu regulaciju.

Grana 2:

- Protok: 21,43 m³/h
- Ukupni pad tlaka: 132,7 kPa
- Pumpa: Xylem Lowara e-LNE
 - Max protok: 25 m³/h
 - Max pad tlaka: 140 kPa

Komentar: Xylem Lowara e-LNE pumpa je idealna za ovu granu jer može savladati pad tlaka do 140 kPa i osigurati protok do 25 m³/h. Pumpa zadovoljava potrebne specifikacije za pad tlaka

od 132,7 kPa i protok od 21,43 m³/h. Autoritet ventila je 0,50, što omogućuje preciznu i stabilnu regulaciju sustava.

Grana 3:

- Protok: 34,29 m³/h
- Ukupni pad tlaka: 125,6 kPa
- Pumpa: Wilo Veroline-IPL
 - Max protok: 35 m³/h
 - Max pad tlaka: 130 kPa

Komentar: Wilo Veroline-IPL pumpa je odabrana zbog njenog kapaciteta da savlada pad tlaka do 130 kPa i osigura protok do 35 m³/h. Ova pumpa zadovoljava potrebne specifikacije za pad tlaka od 125,6 kPa i protok od 34,29 m³/h. Autoritet ventila od 0,50 dodatno osigurava učinkovitu kontrolu i regulaciju sustava.

Grana 4:

- Protok: 17,14 m³/h
- Ukupni pad tlaka: 91,7 kPa
- Pumpa: Grundfos Magna3
 - Max protok: 20 m³/h
 - Max pad tlaka: 100 kPa

Komentar: Grundfos Magna3 pumpa je odabrana jer može savladati pad tlaka do 100 kPa i omogućiti protok do 20 m³/h. Ova pumpa zadovoljava potrebne specifikacije za pad tlaka od 91,7 kPa i protok od 17,14 m³/h, osiguravajući pouzdan rad sustava. Autoritet ventila od 0,58 garantira preciznu i stabilnu regulaciju.

5.8. Izbor i određivanje veličine ekspanzijske posude

U ovom poglavlju prikazat ćemo proces odabira ekspanzijskih posuda za grijanje tri stambeno-poslovne zgrade (G1, G2, G3) koje se napajaju toplinskom energijom iz kogeneracijskog postrojenja. Ekspanzijske posude omogućuju siguran rad sustava grijanja održavajući tlak unutar predviđenih granica. Proces odabira posuda temelji se na detaljnim proračunima koji uzimaju u obzir specifične potrebe svake zgrade, uključujući maksimalni toplinski kapacitet, volumene sustava i temperaturne režime.

Na temelju sheme, sustav grijanja ima nekoliko ključnih parametara koje smo uzeli u obzir za izračun volumena ekspanzijske posude. Glavni cjevovod (DN200) ima duljinu od 100 metara, dok cjevovod do podstanice (DN100) ima duljinu od 180 metara. Korištenjem unutarnjih promjera ovih cijevi, izračunali smo ukupni volumen vode u sustavu.

Zatim smo, koristeći ekspanzijski koeficijent vode i temperaturnu razliku između maksimalne i minimalne radne temperature, izračunali promjenu volumena vode zbog širenja.

-Ulazni podaci o sustavu-

1. Kogeneracijsko postrojenje:

- Električna snaga: 15 MW
- Toplinska snaga: 40 MW
- Temperaturni režim: 120/90°C
- Radni tlak: 4 bar

2. Grijanje zgrada:

○ Zgrada G1:

- Udaljenost: 180 m
- Temperaturni režim: 80/60°C
- Maksimalni toplinski kapacitet: 1,5 MWh
- Volumen spremnika tople vode: 2000 litara

○ Zgrada G2:

- Udaljenost: 250 m
- Temperaturni režim: 75/50°C
- Maksimalni toplinski kapacitet: 1,2 MWh
- Volumen spremnika tople vode: 2500 litara

- **Zgrada G3:**
 - Udaljenost: 320 m
 - Temperaturni režim: 85/65°C
 - Maksimalni toplinski kapacitet: 2,0 MWh
 - Volumen spremnika tople vode: 2 x 3000 litara

Temeljem ulaznih parametra pomoću software alata „Reflex“ odabrane su ekspanzijske posude u tablici 5.8.1. koja slijedi:

	G2	G1	G3	UKUPNO
Parametar	1200 kW	1500 kW	2000 kW	4700 kW
Maksimalna temperatura toka (tv)	75 °C	80 °C	80 °C	90 °C
Povratna temperatura (tr)	55 °C	60 °C	60 °C	70 °C
Ekspanzijski koeficijent	2.6 %	2.9 %	3.2 %	2.9 %
Statički pritisak (pst)	3.0 bar	3.0 bar	3.0 bar	3.0 bar
Konačni pritisak (pe)	4.0 bar	4.5 bar	4.0 bar	4.5 bar
Minimalni radni pritisak (p0)	3.2 bar	3.6 bar	3.2 bar	3.6 bar
Snaga generatora topline	1200 kW	1500 kW	2000 kW	4700 kW
Volumen generatora topline	720 L	2820 L	1200 L	2820 L
Volumen sustava	10688 L	21313 L	16810 L	46705 L
Protok	51.40 m ³ /h	85.70 m ³ /h	85.70 m ³ /h	201.40 m ³ /h
Tvrdoća vode	12.0 °dH	12.0 °dH	12.0 °dH	12.0 °dH
Ekspanzijski volumen	278 L	1354 L	538 L	1354 L

Tablica 5.8.1; Prikaz podataka o ekspanzijskim posudama [autor]

Projekt	Naziv ekspanzijske posude
G1	Reflex Variomat VG 600
G1	Reflex Variomat VG 400
G3	Reflex Variomat VG 800
UKUPNO	Reflex Variomat VG 2000

Tablica 5.8.2; Nazivi ekspanzijskih posuda [autor]

Tablica 5.8.1. prikazuje tehničke parametre za četiri sustava grijanja s različitim kapacitetima (1200 kW, 1500 kW, 2000 kW, i 4700 kW) te specifikacije odabranih ekspanzijskih posuda pomoću alata Reflex.

--1200 kW - Reflex Variomat VG 400--

Reflex Variomat VG 400 je ekspanzijska posuda s maksimalnim volumenom od 360 litara. Dopušta maksimalnu temperaturu sustava do 110 °C i maksimalni radni pritisak do 6 bara. S visinom od 1344 mm i težinom od 72.20 kg, ova posuda je dizajnirana za sustave s kapacitetom do 1200 kW.

-- 1500 kW - Reflex Variomat VG 600 --

Reflex Variomat VG 600 je ekspanzijska posuda koja ima maksimalni volumen od 540 litara. Ova posuda može izdržati maksimalnu temperaturu sustava do 110 °C i maksimalni radni pritisak do 6 bara. S visinom od 1807 mm i težinom od 96.80 kg, pogodna je za veće sustave grijanja kapaciteta do 1500 kW.

-- 2000 kW - Reflex Variomat VG 800 --

Reflex Variomat VG 800 nudi maksimalni volumen od 720 litara, što je dovoljno za sustave do 2000 kW. Posuda omogućuje rad na maksimalnoj temperaturi sustava do 110 °C i radnom pritisku do 6 bara. S visinom od 2272 mm i težinom od 109.90 kg, ova posuda je prikladna za srednje velike sustave grijanja.

-- 4700 kW - Reflex Variomat VG 2000--

Za sustave s kapacitetom do 4700 kW, Reflex Variomat VG 2000 pruža maksimalni volumen od 1800 litara. Ova posuda podržava maksimalnu temperaturu sustava do 110 °C i radni pritisak do 6 bara. S visinom od 2587 mm i težinom od 400.00 kg, Reflex Variomat VG 2000 je idealna za velike sustave grijanja.

6. Regulacija sustava grijanja

Nadzorno regulacijska oprema uključuje:

- ❖ Elemente za praćenje osnovnih operativnih parametara kao što su tlak, temperatura i volumen vode.
- ❖ Elemente za upravljanje radnom temperaturom i/ili dovodom goriva.
- ❖ Elemente za kontrolu radnog tlaka.

Manometar je uređaj namijenjen za prikazivanje tlaka unutar zatvorenih ili otvorenih sistema. Maksimalna vrijednost prikazana na skali manometra treba biti najmanje 50% veća od najvećeg dopuštenog radnog tlaka unutar sustava.



Slika 6.1; Manometar [18]

Termometar je uređaj koji mjeri i prikazuje temperaturu radnog fluida u sustavu. Gornja granica na skali termometra treba biti barem 20% veća od maksimalno dozvoljene operativne temperature u sustavu. Regulator temperature je uređaj koji upravlja aktivnošću izvora topline prema stvarnim toplinskim potrebama zgrade. Maksimalna postavka na regulatoru temperature ne smije premašiti maksimalno dozvoljenu radnu temperaturu izvora topline. Za potpuno automatizirani rad grijanja neophodno je ugraditi sustav automatske regulacije koji omogućava rad bez potrebe za ljudskom intervencijom. Ovaj sustav zahtijeva samo redovito održavanje, koje obuhvaća pregled sustava prije početka i nakon završetka sezone grijanja, te intervencije u slučaju eventualnih kvarova.

Automatska regulacija podijeljena je na četiri nezavisna sustava unutar svake podstanice. Svaki od ovih sustava opremljen je sensorima koji detektiraju stanje i šalju informacije upravljačkom uređaju. Na temelju primljenih informacija, upravljački uređaj upravlja radom regulacijskih ventila i pumpi kako bi osigurao optimalno funkcioniranje sistema. [18]

6.1. Princip rada i regulacije

--Regulacija protoka i temperature--

Regulacija protoka i temperature ključni su elementi za osiguravanje stabilnog i efikasnog rada sustava grijanja. Pravilna regulacija omogućava održavanje željenih uvjeta unutar objekta, optimizira potrošnju energije i smanjuje operativne troškove. U ovom sustavu grijanja, regulacija se postiže korištenjem različitih komponenti koje rade zajedno kako bi se osigurala precizna kontrola protoka i temperature u svim dijelovima sustava.

Komponente regulacije:

1. Pumpe (primarne, sekundarne)
2. Termostatski ventili
3. Diferencijalni regulatori tlaka (ΔP regulatori)
4. Ručni regulacijski ventili (MSV ventili)
 - Mjerne točke (Ma)
 - Sigurnosni ventili
 - Automatski odzračni ventili

--Proces regulacije--

1. Početno podešavanje: tijekom instalacije i početnog puštanja u rad, ručni regulacijski ventili (MSV ventili) koriste se za balansiranje protoka u sustavu. Ova faza osigurava da svaki krug dobije odgovarajuću količinu toplinske energije.
2. Kontinuirana regulacija: tijekom rada sustava, termostatski ventili i diferencijalni regulatori tlaka automatski prilagođavaju protok i tlak kako bi održali željene uvjete. Pumpe s frekventnim pretvaračima prilagođavaju brzinu rada prema trenutnim potrebama, smanjujući potrošnju energije.
3. Praćenje i održavanje: redovno praćenje parametara sustava, uključujući tlak, protok i temperaturu, ključno je za pravovremeno otkrivanje i rješavanje potencijalnih problema. Sigurnosni ventili i automatski odzračni ventili osiguravaju da sustav radi sigurno i efikasno.

Pravilna regulacija protoka i temperature omogućava stabilan i efikasan rad sustava grijanja, osigurava optimalne uvjete za korisnike i smanjuje troškove energije. Kombinacija automatskih i ručnih komponenti omogućuje preciznu kontrolu i prilagodbu sustava prema potrebama.

Hidraulička analiza sustava pokazuje da su svi ključni elementi dobro dimenzionirani i odabrani za osiguranje stabilnog i efikasnog rada. Optimizacija protoka, smanjenje toplinskih gubitaka i efikasna regulacija temperature ključni su za povećanje energetske ekonomičnosti sustava. Implementacija navedenih mjera osigurat će dugoročnu pouzdanost i efikasnost sustava grijanja, smanjujući operativne troškove i povećavajući komfor korisnika.

6.2. AKUMULACIJSKI SUSTAVI PTV-A

Akumulacijski sustavi za pripremu potrošne tople vode spadaju u kategoriju centraliziranih sustava. Ovi sustavi koriste jedan ili više spremnika za skladištenje unaprijed zagrijane tople vode koja se zatim distribuira prema potrošačima prema potrebi. Prema normi EN 12831-3, akumulacijski sustavi kategoriziraju se na temelju tipa spremnika koji koriste, odnosno prema načinu kako se temperatura vode stratificira unutar spremnika tijekom njegovog punjenja (zagrijavanja) i pražnjenja (upotrebe).

Pri direktnoj upotrebi izmjenjivača, energent se koristi neposredno za zagrijavanje potrošne tople vode (PTV), na primjer, korištenjem goriva u kotlovima ili protočnim sustavima poput

plinskih bojlera. Nasuprot tome, kod indirektno metode zagrijavanje PTV-a ostvaruje se preko sekundarnog medija veće temperature, kao što su para ili vruća voda, koji prenose toplinsku energiju kroz izmjenjivač topline.

Sustavi akumulacije tople vode s minimalnim miješanjem - ovi sustavi koriste spremnike dizajnirane za akumulaciju potrošne tople vode s minimalnim zonama miješanja tijekom faza punjenja i pražnjenja. Spremnici su napunjeni već zagrijanom potrošnom toplom vodom koja se zagrijava izvan spremnika putem izmjenjivača topline, a zatim se distribuira u spremnik. Tijekom punjenja, topla voda se uvodi na vrh spremnika, miješajući se s najtoplijom vodom koja već postoji u spremniku. Najhladnija voda, koja je zbog veće gustoće na dnu, ne miješa se, čime se eliminira prirodna cirkulacija vode unutar spremnika. Kada se topla voda koristi, ona se izvlači s vrha spremnika i šalje potrošačima, čime se osigurava da voda najviše temperature bude isporučena na točke upotrebe. Uvođenje hladne vode iz gradske mreže vrši se na dnu spremnika, što dodatno podupire održavanje temperaturne stratifikacije vode unutar spremnika. [12]



Slika 6.2.1; Akumulacijski spremnici PTV-a [12]

Ovaj sustav potrošne tople vode (PTV) karakterizira izmjenjivač topline postavljen izvan spremnika. Glavna prednost ovakve konfiguracije postaje očita kada se spremnik istovremeno puni i prazni. Za razliku od miješajućih spremnika, gdje dolazi do gubitka temperaturne stratifikacije zbog prirodne cirkulacije vode, što može rezultirati nedovoljno visokom temperaturom vode na točkama potrošnje, napajajući spremnik zadržava temperaturnu stratifikaciju tijekom punjenja. To omogućava da toplinska energija predana spremniku odmah postane dostupna potrošačima. Ipak, nedostatak svih sustava sa spremnicima su toplinski gubici tijekom razdoblja kada nema potrošnje, stoga je izolacija spremnika ključna za smanjenje tih gubitaka. [12]

7. Analiza energetske ekonomičnosti

Optimalna temperatura u grijanim stambenim prostorima je 21 °C. Učestalo održavanje visokih temperatura i otvaranje prozora tijekom grijne sezone predstavljaju česte pogreške koje dovode do nepotrebnog trošenja energije. Upravljanje temperaturom u prostorijama tradicionalno se vrši pomoću običnih radijatorskih ventila za ručnu regulaciju, dok termostatski radijatorski ventili omogućuju automatsku regulaciju.

Preporučene temperature za različite prostorije su sljedeće:

- ❖ Hodnik: 14–18 °C
- ❖ Spavaća soba: 18 °C
- ❖ Kuhinja: 18–21 °C
- ❖ Radna soba: 18–21 °C
- ❖ Dnevni boravak: 20–23 °C
- ❖ Kupaonica: 23–25 °C
- ❖ Odsustvo stanara: 16 °C tijekom dana

Smanjenjem temperature za samo 1 °C može se godišnje uštedjeti oko 5% energije potrebne za grijanje. Ako se prozori ostave otvoreni na duže vrijeme, treba isključiti grijanje ili hlađenje. Redovito čišćenje i odzračivanje radijatora ključno je za efikasno prenošenje topline. Ugradnja termostatskih radijatorskih ventila može smanjiti potrošnju energije za grijanje do 20%, a sobni termostat može smanjiti troškove za 7% do 15%. Termostat se programira da smanji temperaturu noću ili kada nema nikoga kod kuće, te regulira grijanje tako da se isključi sat vremena prije odlaska iz kuće i uključi pola sata prije povratka. Prije početka sezone grijanja treba provjeriti plinske ili uljne instalacije i plamenik, kao i izmjenjivače topline, kako bi se osigurala učinkovitost uređaja i izbjegla povećana potrošnja goriva. Razmatranje ugradnje dizalica topline može pomoći u postizanju veće energetske neovisnosti. Dizalice topline koriste znatno manje električne energije u odnosu na tradicionalne sustave grijanja, s velikim dijelom energije dobivenim iz obnovljivih izvora, što može rezultirati sustavom grijanja s nultim ugljičnim otiskom.

7.1. Energetska ekonomičnost postrojenja

--Ulazni parametri--

- Unutarnja temperatura prostorija: 21°C
- Sezona grijanja: Listopad - Travanj
- Maksimalni toplinsko opterećenje zgrada:
 - G1: 1.5 MWh
 - G2: 1.2 MWh
 - G3: 2.0 MWh

Razlika temperature

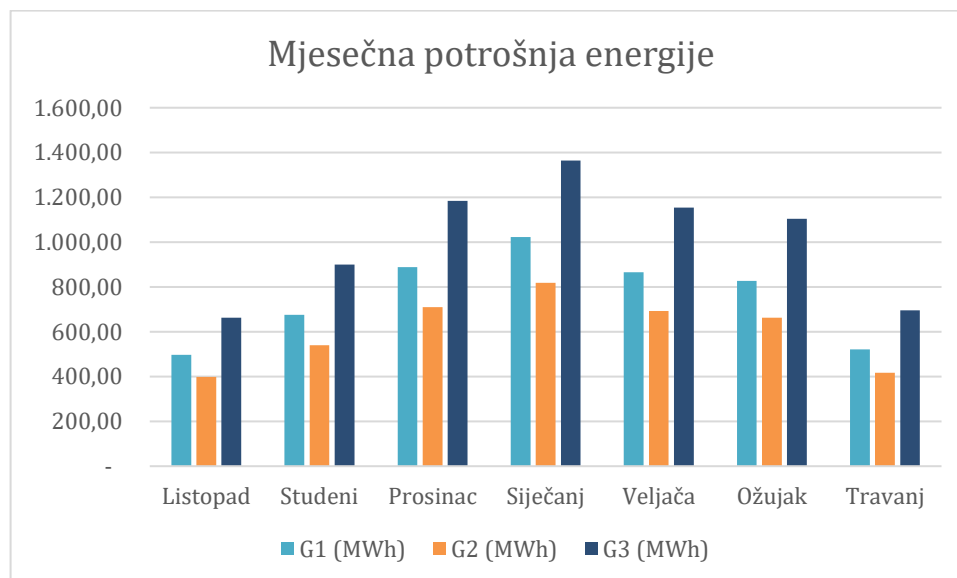
Razlika u temperaturi između unutarnje i vanjske temperature direktno utječe na energetske potrebe zgrade. Veća razlika znači da sustav grijanja mora raditi više kako bi održao unutarnju temperaturu, povećavajući potrošnju energije. Izračunava se oduzimanjem prosječne vanjske temperature svakog mjeseca od zadane unutarnje temperature od 21°C. Na primjer, ako je vanjska temperatura 10,3°C u listopadu, ΔT je 21°C – 10,3°C = 10,7°C. Ovo pokazuje koliko topline treba dodati da se postigne i održi unutarnja temperatura.

Mjesečna potrošnja energije

Omogućuje procjenu stvarne potrošnje energije tijekom sezone grijanja, dajući uvid u učinkovitost grijanja i potencijal za uštede. Množimo temperaturnu razliku, broj dana u mjesecu i maksimalni toplinski teret svake zgrade. Na primjer, za zgradu G1 u listopadu: $10.7^{\circ}\text{C } \Delta T \times 31 \text{ dan} \times 1,5 \text{ MWh} = 497,55 \text{ MWh}$. To ukazuje na energiju potrebnu da se održi zadana temperatura tijekom cijelog mjeseca, odnosno cijele sezone grijanja.

Mjesec	Pros. Vanj. Temp. (°C)	Unutarnja Temp. (°C)	ΔT (°C)	Broj dana	G1 (MWh)	G2 (MWh)	G3 (MWh)
Listopad	10,3	21	10,7	31	497,55	398,04	663,40
Studeni	6	21	15	30	675,00	540,00	900,00
Prosinac	1,9	21	19,1	31	888,15	710,52	1.184,20
Siječanj	-1	21	22	31	1.023,00	818,40	1.364,00
Veljača	0,4	21	20,6	28	865,20	692,16	1.153,60
Ožujak	3,2	21	17,8	31	827,70	662,16	1.103,60
Travanj	9,4	21	11,6	30	522,00	417,60	696,00
UKUPNA POTROŠNJA					5.298,60	4.238,88	7.064,80

Tablica 7.1.1; Potrošnja[autor]



Slika 7.1.1; Graf mjesečne potrošnje[autor]

Na slici 7.1.1 graf mjesečne potrošnje daje vizualni efekt koliko je naglašena potrošnja zgrade G3 koja iznosi 7.064,80 MWh u sezoni grijanja tj. toplinska energija koja je potreba da se održi zadana unutarnja energija, odmah iza nje se nalazi zgrada G2 s potrošnjom

toplinske energije od 4.238,88 MWh u sezoni grijanja i posljednja zgrada G1 s potrošnjom od 5.298,60 MWh u sezoni grijanja.

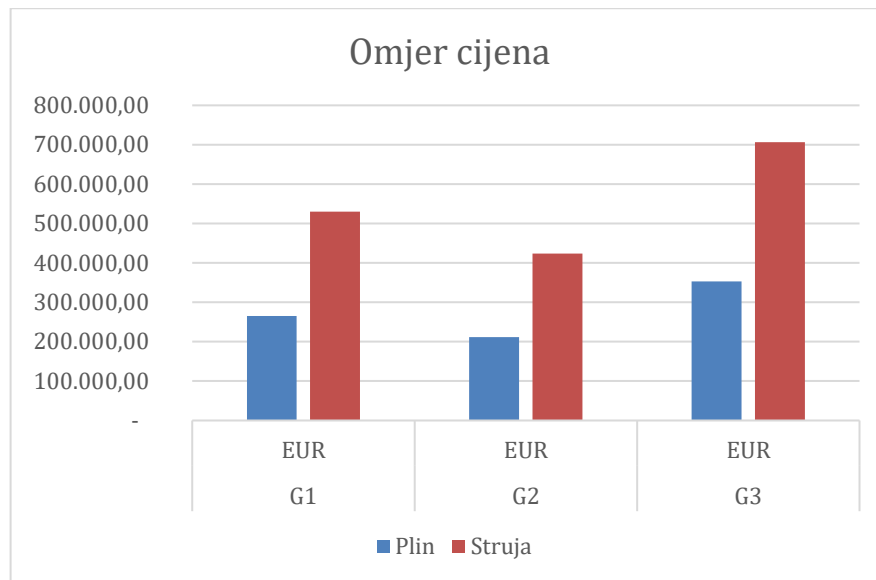
7.1.1. Omjer cijena energenata

U ovoj analizi razmatramo troškove toplinske energije za tri zgrade označene kao G1, G2 i G3. Energenti korišteni za održavanje toplinske energije su plin i struja, s cijenama od 50 EUR/MWh za plin i 100 EUR/MWh za struju. Količine potrebne toplinske energije za svaku zgradu su prikazani u tablici 7.1.1.1.

Naziv energenta		Eur/MWh		
Plin		50		
Struja		100		
	G1	G2	G3	
	EUR	EUR	EUR	
Plin	264.930,00	211.944,00	353.240,00	
Struja	529.860,00	423.888,00	706.480,00	

Tablica 7.1.1.1; Cijene energenata [19]

Grafički prikaz 7.1.1.1 prikazuje usporedbu troškova između plina i struje za svaku od tri zgrade. Plavi stupci predstavljaju troškove za plin, dok crveni stupci prikazuju troškove za struju. Iz grafičkog prikaza vidljivo je da su troškovi za struju značajno veći u usporedbi s troškovima za plin za sve tri zgrade. Na primjer, za zgradu G1, trošak za struju iznosi 529,860.00 EUR, dok je trošak za plin 264,930.00 EUR, što je dvostruko više. Sličan obrazac može se vidjeti i kod zgrada G2 i G3.



Slika 7.1.1.2; Graf odnosa cijene energenata [autor]

Visoki troškovi u mjesecima poput siječnja i prosinca odražavaju potrebu za intenzivnijim grijanjem zbog niskih vanjskih temperatura. Ova promatranja potvrđuju očekivanja da hladniji mjeseci zahtijevaju veću potrošnju energije, dok blaži mjeseci poput listopada i travnja pokazuju nižu potrošnju i troškove.

Poboljšanje izolacije zgrade, posebno u zgradama koje pokazuju visoku sezonsku potrošnju, može značajno smanjiti gubitke topline. Investicije u bolju izolaciju prozora, krova, i vanjskih zidova mogu dugoročno rezultirati znatnim uštedama.

Implementacijom predloženih poboljšanja, moguće je postići značajne uštede, unaprijediti energetska efikasnost i smanjiti ukupni utjecaj na okoliš.

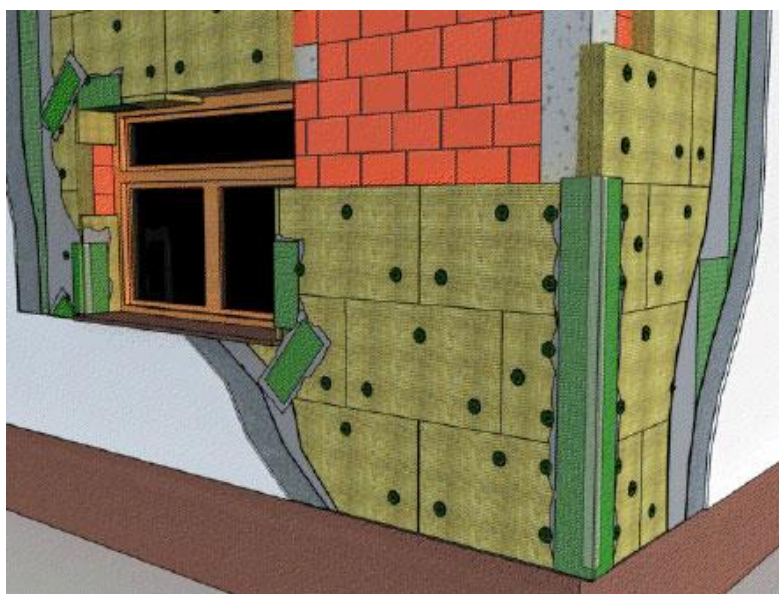
7.1.2. Energetska efikasnost

Tablica postotka mjesečne potrošnje 7.1.2.1 od ukupne sezonske potrošnje pruža uvid u distribuciju potrošnje energije za grijanje tijekom sezone grijanja, koja je ključna za analizu energetske učinkovitosti zgrada i planiranje energetska mjera. Analizirajući ove podatke, možemo identificirati ključne mjeseci s najvećom potrošnjom energije i razumjeti kako vanjski uvjeti utječu na potrebu za energijom.

Mjesec	G1 (%)	G2 (%)	G3 (%)
Listopad	9.40%	9.39%	9.39%
Studeni	12.74%	12.74%	12.74%
Prosinac	16.76%	16.76%	16.76%
Siječanj	19.31%	19.31%	19.31%
Veljača	16.33%	16.33%	16.33%
Ožujak	15.62%	15.62%	15.62%
Travanj	9.85%	9.85%	9.85%

Tablica 7.1.2.1; Tablica postotaka [autor]

Postotci pokazuju da su siječanj, prosinac i veljača mjeseci s najvećom potrošnjom energije. To odražava tipične klimatske uvjete tijekom zime kada temperature padaju najniže, što povećava potrebu za grijanjem da bi se održala unutarnja temperatura na zadovoljavajućih 21°C. Listopad i travanj pokazuju manji udio u ukupnoj potrošnji, što odražava blaže vanjske temperature. U tim mjesecima, vanjski uvjeti su povoljniji, što znači manju potrebu za grijanjem. Ova analiza sugerira da bi tijekom ovih mjeseci moglo biti korisno smanjiti intenzitet grijanja ili čak isključiti sustav grijanja u određenim danima, što bi moglo rezultirati znatnim uštedama energije i smanjenjem troškova. Provođenje ciljanih izolacijskih mjera u mjesecima s visokom potrošnjom može pomoći u zadržavanju topline unutar zgrade i smanjenju potrebe za dodatnim grijanjem, čime se postižu dugoročne uštede. Upravitelji zgrada mogu koristiti ove informacije za preciznije proračune troškova grijanja, ažuriranje cjenika i optimizaciju ugovora o nabavi energije. Osim toga, moguće je prilagoditi ugovore o energiji temeljem stvarne potrošnje, osiguravajući tako bolje cijene i uvjete koji odgovaraju stvarnim potrebama.



Slika 7.1.2.1; Toplinska izolacija [20]

8. Zaključak

Ovaj diplomski rad pruža sveobuhvatan i inovativan pristup projektiranju toplovodnog sustava s toplinskim podstanicama za grijanje i pripremu tople vode u stambenim zgradama u Koprivnici. Kroz korištenje kogeneracijskog postrojenja visoke energetske učinkovitosti, rad nudi rješenja koja značajno smanjuju energetske gubitke i optimiziraju distribuciju topline.

Integracija naprednih tehnoloških rješenja, poput predizoliranih cijevi i modernih kontrolnih sustava, omogućuje precizno upravljanje energijom, što povećava udobnost stanovanja i održivost cijelog sustava. Predloženi dizajn ne samo da doprinosi ekonomskim uštedama smanjujući potrošnju energije, već i značajno smanjuje ekološki otisak, čineći ovaj projekt primjerom održivog razvoja u urbanim sredinama.

Ovaj rad dokazuje kako kombinacija tehnoloških inovacija i strateškog planiranja može rezultirati visoko efikasnim i ekološki prihvatljivim sustavom grijanja. Ovakav pristup pruža dugoročne koristi za zajednicu, smanjujući troškove grijanja i doprinosi zaštiti okoliša kroz smanjenje emisija štetnih plinova.

Zaključno, projektiranje ovog toplovodnog sustava predstavlja značajan doprinos poboljšanju kvalitete života u stambenim zgradama, demonstrirajući kako održiva energetska rješenja mogu biti ekonomski isplativa i ekološki odgovorna.

9. Literatura

- [1] International Energy Agency (IEA) – Reports on cogeneration and district heating.
[2] <https://www.istockphoto.com/photos/cogeneration-plant>, dostupno 2023.
- [3] P. O. Fanger: Thermal Comfort: Analysis and Applications in Environmental Engineering, McGraw-Hill, 1970.
- [4] International Organization for Standardization: ISO 7730: Ergonomics of the Thermal Environment - Analytical Determination and Interpretation of Thermal Comfort Using Calculation of the PMV and PPD Indices and Local Thermal Comfort Criteria, ISO, 2005.
- [5] E. Sprenger, W. Hoenmann: Recknagel/Sprenger: Priručnik za grijanje i klimatizaciju 83/84, Njemačka: N.p., 1983.
- [6] ASHRAE Handbook—Fundamentals (2021): Pokriva temeljne principe prijenosa topline, zraka i vlage u građevinskim konstrukcijama te svojstva materijala.
- [7] Xiaoyu Gao, Meng Jia, Shanshan Cao, Chengying Qi: "Study of an Integrated Control Method for Heating Substations Based on Prediction of Water-Supply Temperature and Indoor Temperature".
- [8] R. D. Mladenović: Priručnik za inženjere, Beograd, 2010.
- [9] B. Pavković, V. Kanižaj (ur.), Priručnik za energetske certificiranje zgrada, Program Ujedinjenih naroda za razvoj - UNDP, Prvo izdanje 2010
- [10] D. Dović, I. Horvat, A. Rodić, V. Soldo, S. Švaić: Algoritam za određivanje energijskih zahtjeva i učinkovitosti termotehničkih sustava u zgradama, Zagreb, ožujak 2015.
- [11] Matija Đuksi: Projekt grijanja stambene zgrade sustavom daljinskog grijanja, 2017.
- [12] Vid Vukasović: Projekt sustava grijanja, hlađenja i PTV-a za stambenu zgradu, 2019.
- [13] <https://www.fero-term.hr/product/balans-ventil-oventrop-hydrocontrol-srv-dn15-12.html>, dostupno 2023.
- [14] <https://maring.hr/portfolio-item/hw-i-hw-r/>, dostupno 2023.
- [15] <https://product-selection.grundfos.com/ba/products/service-special/nk-service-special/nk-150-380358-93005840?pumpsystemid=2368181588&tab=variant-services>
- [16] <https://centralno-grijanje-na-drva.blogspot.com/p/blog-page.html>
- [17] Tvrtka PURLEN d.o.o.: Odabir predizoliranih cijevi, Industrijska 4/b, SLO-9220 Lendava, Slovenija, www.purlen.si, dostupno 2023.
- [18] <https://www.fero-term.hr/product/afriso-ravni-0-16-63-mm.html>, dostupno 2023.
- [19] European union, »Eurostat,« Eurostat, [Mrežno]. Available: <https://ec.europa.eu/eurostat>, dostupno 2023.
- [20] <https://usgos.hr/toplinska-izolacija-sto-odabrati/>, dostupno 2023.
- [21] prof.dr.sc. Ante Čikić, Predavanja iz kolegija KGH sustavi, Varaždin: Sveučilište Sjever, 2022/2023.

10. Popis slika

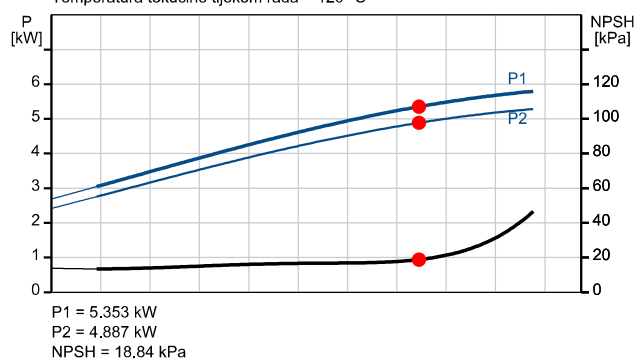
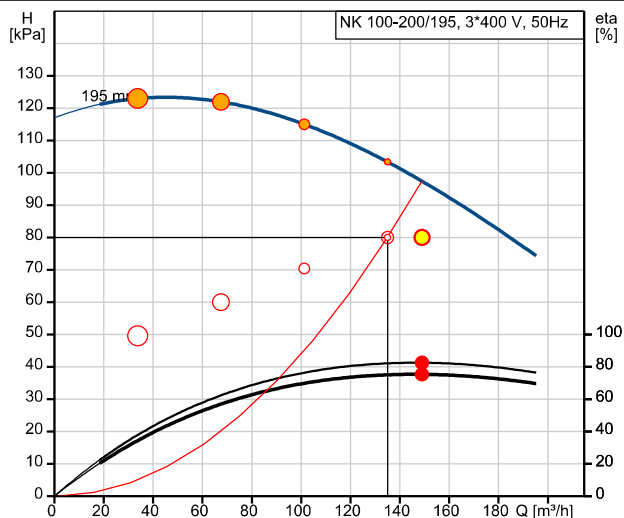
Slika 2.1.1; Grijanje prostorije (7).....	7
Slika 2.3.1; Prikaz toplinskog mosta [9].....	11
Slika 2.4.1; Tokovi energije [10].....	12
Slika 3.2.1;Dvocjevni sistem [5]	15
Slika 3.2.2; Glavne komponente [12]	16
Slika 3.3.1; Direktni priključak[12]	19
Slika 5.2.1; Balansirajući ventil [13].....	35
Slika 5.3.1; Hidraulička skretnica [14]	40
Slika 5.4.1; Glavni primarni razdjelnik/sabirnik [autor]	42
Slika 5.4.2; Sekundarni razdjelnik/sabirnik za zgradu G1[autor]	42
Slika 5.4.3; Sekundarni razdjelnik/sabirnik za zgradu G2[autor]	43
Slika 5.4.4; Sekundarni razdjelnik/sabirnik za zgradu G3[autor]	43
Slika 5.5.1; Cirkulacijska pumpa [15].....	44
Slika 5.6.1; Odabir glavne predizolirane cijevi [17].....	51
Slika 5.6.2; Dijagram 3 [17]	53
Slika 5.6.3; Dijagram 2 [17]	53
Slika 5.6.4; Dispozicija građevina s čvrstim točkama [autor]	55
Slika 5.7.1; Dispozicija razvoda [autor]	56
Slika 6.5.8.1; Manometar [18].....	65
Slika 6.2.1; Akumulacijski spremnici PTV-a [12]	68
Slika 7.1.1; Graf mjesečne potrošnje[autor].....	71

11. Popis tablica

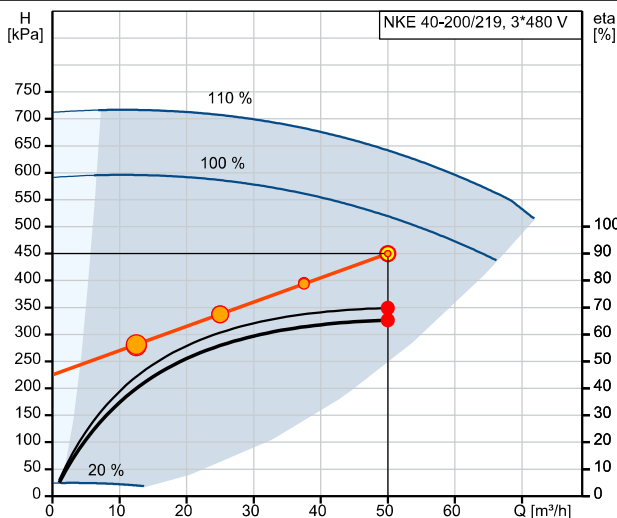
Tablica 1.2.1; Prikaz PMW-a i PPD-a [autor]	3
Tablica 2.2.1; Vrijednost specifičnog toplinskog kapaciteta nekih materijala [autor]	9
Tablica 5.1.1; ; Ulazni podaci [autor]	25
Tablica 5.1.1; Tablica izračunatih protoka [autor]	27
Tablica 5.1.2; Tablica odabranih promjera [autor]	31
Tablica 5.1.3; Ulazni podaci [autor]	33
Tablica 5.1.4; Tablica izračunatih pada tlakova [autor]	34
Tablica 5.2.1; Tablica autoriteta [autor]	38
Tablica 5.4.1; Tablica promjera [autor]	41
Tablica 5.4.2; Padovi tlaka [autor]	41
Tablica 5.5.1; Pumpe za zgradu G1 [autor]	45
Tablica 5.5.2; Pumpe za zgradu G2 [autor]	46
Tablica 5.5.3; Pumpe za zgradu G3 [autor]	47
Tablica 5.6.1; Prikaz tablice duljine istezanja [autor]	52
Tablica 5.6.2; Dimenzije lira [autor]	53
Tablica 5.6.3; Tablica dimenzija čvrstih točaka [17]	54
Tablica 5.6.4; Tablica dimenzija čvrstih točaka [17]	54
Tablica 5.7.1; Cirkulacijske sekundarne crpke za zgradu G1 [autor]	56
Tablica 5.7.2; Cirkulacijske sekundarne crpke za zgradu G2 [autor]	58
Tablica 5.7.3; Cirkulacijske sekundarne crpke za zgradu G3 [autor]	60
Tablica 5.8.1; Prikaz podataka o ekspanzijskim posudama [autor]	63
Tablica 5.8.2; Nazivi ekspanzijskih posuda [autor]	64
Tablica 7.1.1; Potrošnja[autor]	71

12. PRILOZI

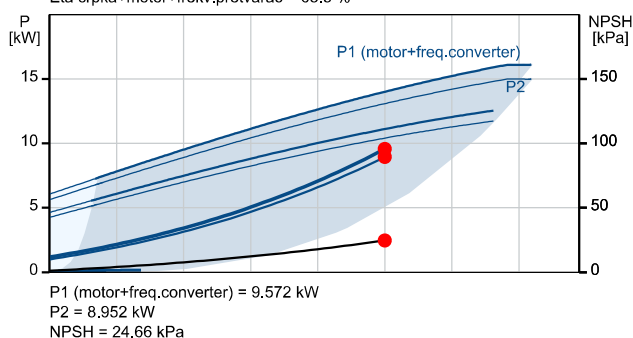
Opis	Vrijednost
Opće informacije:	
Ime proizvoda:	NK 100-200/195 AA2F2AESBQQELW3
Br. proizvoda:	98973515
EAN broj:	5712604507100
Cijena:	EUR 6126
Tehnički:	
Brzina crpke na kojoj su bazirani podaci o crpki:	1470 rpm
Stvarno izračunati protok:	149 m ³ /h
Pump with motor (Yes/No):	Y
Dobivena visina dizanja crpke:	80 kPa
Aktualni promjer impelera:	195 mm
Nominal impeller diameter:	200
Promjer vratila:	32 mm
Šifra za osovinsku brtvu:	BQCE
Mechanical seal type:	Single
Tolerancija krivulje:	ISO9906:2012 3B2
Pump version:	A2
Bearing design:	Standard
Materijali:	
Kućište crpke:	Lijevano željezo
Pump housing:	EN-GJL-250
Kućište crpke:	ASTM class 35
Wear ring:	Brass
Impeler:	Lijevano željezo
Impeler:	EN-GJL-200
Impeler:	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
Instalacija:	
Maksimalna temperatura okoline:	55 °C
Maksimalni radni tlak:	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
Nominalna vrijednost tlaka:	PN 16
Vrsta spojke:	Flexible w/spacer
Base frame design:	EN/ISO
Code for base frame:	6
Grouting (Yes/No):	N
Connect code:	F
Tekućina:	
Dizana tekućina:	Voda
Raspon temperature tekućine:	-25 .. 120 °C
Temperatura tekućine tijekom rada:	120 °C
Gustoća:	943,1 kg/m ³
Kinematska viskoznost:	1 mm ² /s
Električni podaci:	
Vrsta motora:	SIEMENS
Nazivna snaga - P2:	5.5 kW
Frekvencija glavne mreže:	50 Hz



Opis	Vrijednost
Opće informacije:	
Ime proizvoda:	NKE 40-200/219 AA2F2AESBQQEOWB
Br. proizvoda:	98991028
EAN broj:	5712604807446
Cijena:	EUR 10973
Tehnički:	
Brzina crpke na kojoj su bazirani podaci o crpki:	2751 rpm
Stvarno izračunati protok:	50 m ³ /h
Pump with motor (Yes/No):	Y
Dobivena visina dizanja crpke:	450 kPa
Aktualni promjer impelera:	219 mm
Nominal impeller diameter:	200
Promjer vratila:	24 mm
Šifra za osovinsku brtvu:	BQQE
Mechanical seal type:	Single
Tolerancija krivulje:	ISO9906:2012 3B
Pump version:	A2
Bearing design:	Standard
Materijali:	
Kućište crpke:	Lijeвано željezo
Pump housing:	EN-GJL-250
Kućište crpke:	ASTM class 35
Wear ring:	Brass
Impeler:	Lijeвано željezo
Impeler:	EN-GJL-200
Impeler:	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
Instalacija:	
Raspon temperature okoline:	-20 .. 50 °C
Maksimalni radni tlak:	16 bar
Pipe connection standard:	EN 1092-2
Type of inlet connection:	DIN
Type of outlet connection:	DIN
Size of inlet connection:	DN 65
Size of outlet connection:	DN 40
Nominalna vrijednost tlaka:	PN 16
Vrsta spojke:	Flexible w/spacer
Base frame design:	EN/ISO
Code for base frame:	6
Grouting (Yes/No):	N
Connect code:	F
Tekućina:	
Dizana tekućina:	Voda
Raspon temperature tekućine:	-25 .. 120 °C
Temperatura tekućine tijekom rada:	120 °C
Gustoća:	943,1 kg/m ³
Kinematska viskoznost:	1 mm ² /s
Električni podaci:	
Vrsta motora:	160MA
Nazivna snaga - P2:	15 kW
Frekvencija glavne mreže:	50 Hz

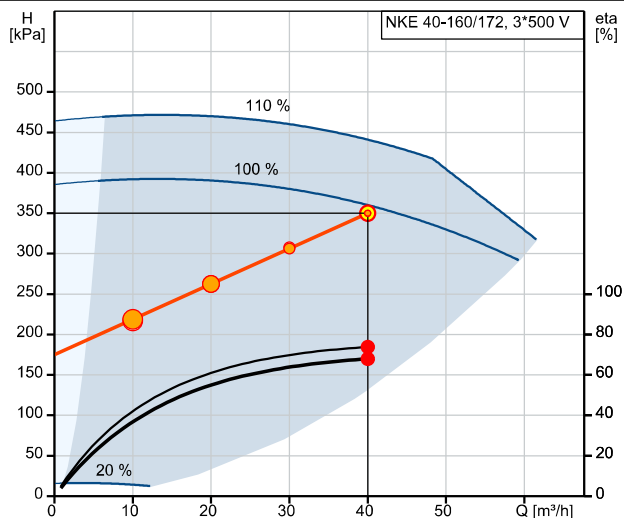


Q = 50 m³/h H = 450 kPa
 n = 94 % / 2751 rpm Dizana tekućina = Voda
 Gustoća = 943,1 kg/m³ Eta crpka = 69,8 %
 Temperatura tekućine tijekom rada = 120 °C
 Eta crpka+motor+frekv.pretvarač = 65,3 %

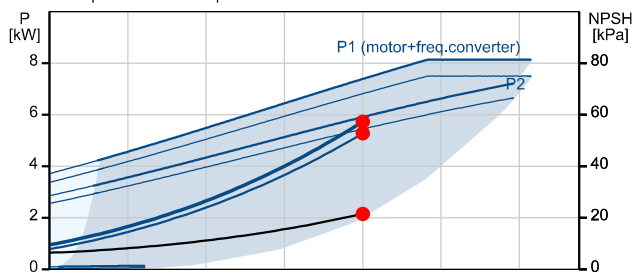


P1 (motor+freq.converter) = 9,572 kW
 P2 = 8,952 kW
 NPSH = 24,66 kPa

Opis	Vrijednost
Opće informacije:	
Ime proizvoda:	NKE 40-160/172 AA1F2AESBQQEMWB
Br. proizvoda:	99098935
EAN broj:	5712606733514
Cijena:	EUR 7430
Tehnički:	
Brzina crpke na kojoj su bazirani podaci o crpki:	2885 rpm
Stvarno izračunati protok:	40 m ³ /h
Pump with motor (Yes/No):	Y
Dobivena visina dizanja crpke:	350 kPa
Aktualni promjer impelera:	172 mm
Nominal impeller diameter:	160
Promjer vratila:	24 mm
Šifra za osovinsku brtvu:	BQQE
Mechanical seal type:	Single
Tolerancija krivulje:	ISO9906:2012 3B2
Pump version:	A1
Bearing design:	Standard
Materijali:	
Kučište crpke:	Lijevano željezo
Pump housing:	EN-GJL-250
Kučište crpke:	ASTM class 35
Wear ring:	Brass
Impeler:	Lijevano željezo
Impeler:	EN-GJL-200
Impeler:	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
Instalacija:	
Raspon temperature okoline:	-20 .. 50 °C
Maksimalni radni tlak:	16 bar
Pipe connection standard:	EN 1092-2
Type of inlet connection:	DIN
Type of outlet connection:	DIN
Size of inlet connection:	DN 65
Size of outlet connection:	DN 40
Nominalna vrijednost tlaka:	PN 16
Vrsta spojke:	Flexible w/o spacer
Base frame design:	EN/ISO
Code for base frame:	5 ST
Grouting (Yes/No):	N
Connect code:	F
Tekućina:	
Dizana tekućina:	Voda
Raspon temperature tekućine:	-25 .. 120 °C
Temperatura tekućine tijekom rada:	120 °C
Gustoća:	943,1 kg/m ³
Kinematska viskoznost:	1 mm ² /s
Električni podaci:	
Vrsta motora:	132SF
Nazivna snaga - P2:	7.5 kW
Frekvencija glavne mreže:	50 Hz

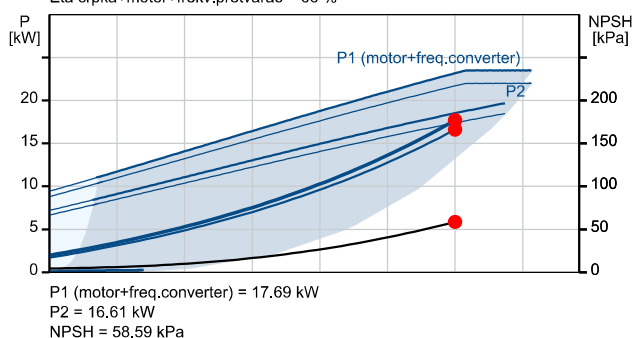
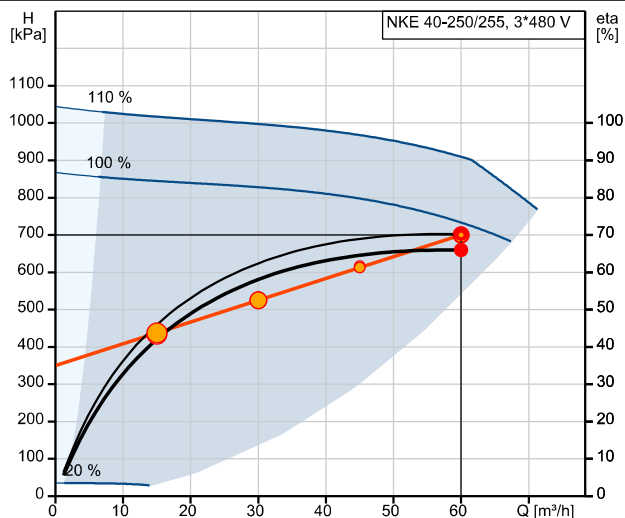


Q = 40 m³/h H = 350 kPa
 n = 99 % / 2885 rpm Dizana tekućina = Voda
 Gustoća = 943,1 kg/m³ Eta crpka = 73,8 %
 Temperatura tekućine tijekom rada = 120 °C
 Eta crpka+motor+frekv.pretvarač = 67,9 %

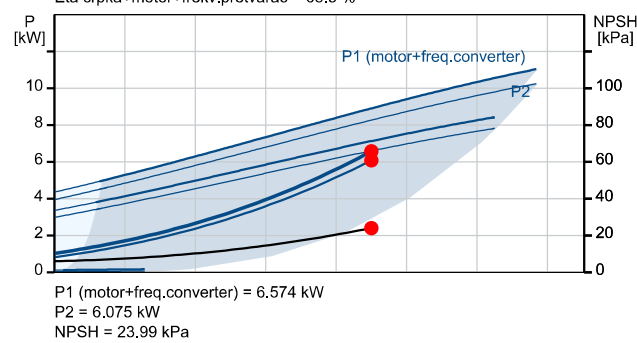
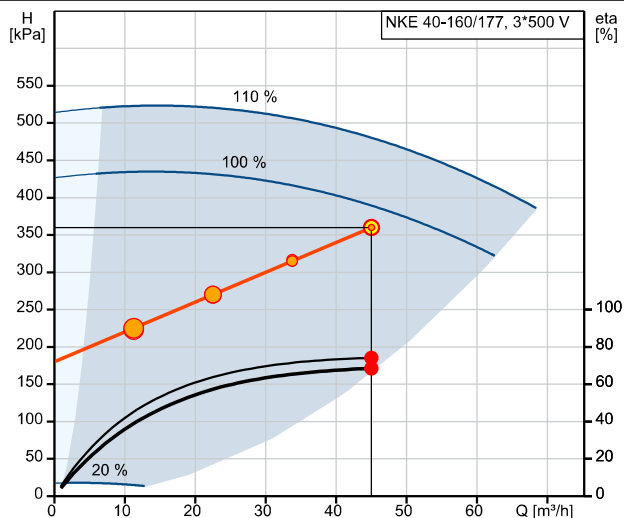


P1 (motor+freq.converter) = 5.729 kW
 P2 = 5.275 kW
 NPSH = 21.49 kPa

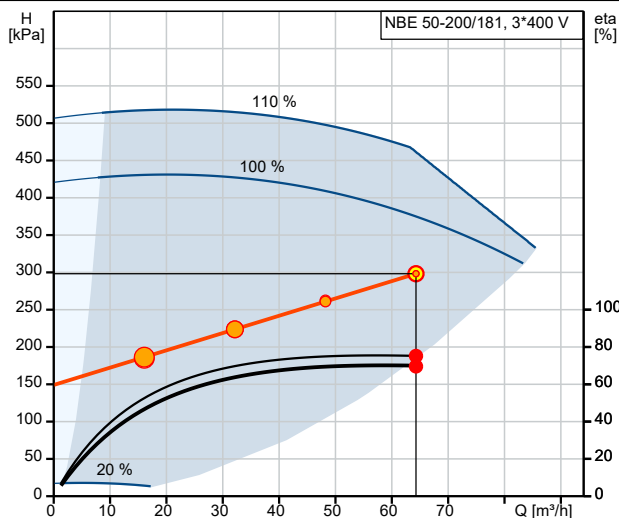
Opis	Vrijednost
Opće informacije:	
Ime proizvoda:	NKE 40-250/255 AA2F2AESBQQEQWB
Br. proizvoda:	98973472
EAN broj:	5712604506134
Cijena:	EUR 14525
Tehnički:	
Brzina crpke na kojoj su bazirani podaci o crpki:	2855 rpm
Stvarno izračunati protok:	60 m ³ /h
Pump with motor (Yes/No):	Y
Dobivena visina dizanja crpke:	700 kPa
Aktualni promjer impelera:	255 mm
Nominal impeller diameter:	250
Promjer vratila:	24 mm
Šifra za osovinsku brtvu:	BQQE
Mechanical seal type:	Single
Tolerancija krivulje:	ISO9906:2012 3B
Pump version:	A2
Bearing design:	Standard
Materijali:	
Kućište crpke:	Lijeвано željezo
Pump housing:	EN-GJL-250
Kućište crpke:	ASTM class 35
Wear ring:	Brass
Impeler:	Lijeвано željezo
Impeler:	EN-GJL-200
Impeler:	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
Instalacija:	
Raspon temperature okoline:	-20 .. 50 °C
Maksimalni radni tlak:	16 bar
Pipe connection standard:	EN 1092-2
Type of inlet connection:	DIN
Type of outlet connection:	DIN
Size of inlet connection:	DN 65
Size of outlet connection:	DN 40
Nominalna vrijednost tlaka:	PN 16
Vrsta spojke:	Flexible w/spacer
Base frame design:	EN/ISO
Code for base frame:	6
Grouting (Yes/No):	N
Connect code:	F
Tekućina:	
Dizana tekućina:	Voda
Raspon temperature tekućine:	-25 .. 120 °C
Temperatura tekućine tijekom rada:	120 °C
Gustoća:	943,1 kg/m ³
Kinematska viskoznost:	1 mm ² /s
Električni podaci:	
Vrsta motora:	180MC
Nazivna snaga - P2:	22 kW
Frekvencija glavne mreže:	50 Hz



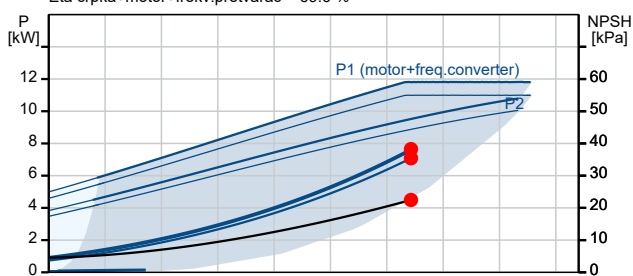
Opis	Vrijednost
Opće informacije:	
Ime proizvoda:	NKE 40-160/177 AA1F2AESBQQENWB
Br. proizvoda:	99098938
EAN broj:	5712606733576
Cijena:	EUR 9107
Tehnički:	
Brzina crpke na kojoj su bazirani podaci o crpki:	2838 rpm
Stvarno izračunati protok:	45 m ³ /h
Pump with motor (Yes/No):	Y
Dobivena visina dizanja crpke:	360 kPa
Aktualni promjer impelera:	177 mm
Nominal impeller diameter:	160
Promjer vratila:	24 mm
Šifra za osovinsku brtvu:	BQQE
Mechanical seal type:	Single
Tolerancija krivulje:	ISO9906:2012 3B
Pump version:	A1
Bearing design:	Standard
Materijali:	
Kućište crpke:	Lijevano željezo
Pump housing:	EN-GJL-250
Kućište crpke:	ASTM class 35
Wear ring:	Brass
Impeler:	Lijevano željezo
Impeler:	EN-GJL-200
Impeler:	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
Instalacija:	
Raspon temperature okoline:	-20 .. 50 °C
Maksimalni radni tlak:	16 bar
Pipe connection standard:	EN 1092-2
Type of inlet connection:	DIN
Type of outlet connection:	DIN
Size of inlet connection:	DN 65
Size of outlet connection:	DN 40
Nominalna vrijednost tlaka:	PN 16
Vrsta spojke:	Flexible w/o spacer
Base frame design:	EN/ISO
Code for base frame:	6B ST
Grouting (Yes/No):	N
Connect code:	F
Tekućina:	
Dizana tekućina:	Voda
Raspon temperature tekućine:	-25 .. 120 °C
Temperatura tekućine tijekom rada:	75 °C
Gustoća:	974.8 kg/m ³
Kinematska viskoznost:	1 mm ² /s
Električni podaci:	
Vrsta motora:	160MH
Nazivna snaga - P2:	11 kW
Frekvencija glavne mreže:	50 Hz



Opis	Vrijednost
Opće informacije:	
Ime proizvoda:	NBE 50-200/181 AAF2AESBQQENWB
Br. proizvoda:	99102303
EAN broj:	5712606797431
Cijena:	EUR 8490
Tehnički:	
Brzina crpke na kojoj su bazirani podaci o crpki:	2657 rpm
Stvarno izračunati protok:	64.29 m ³ /h
Dobivena visina dizanja crpke:	298.2 kPa
Aktualni promjer impelera:	181 mm
Nominalni impeller diameter:	200
Shaft seal arrangement:	Single
Promjer vratila:	24 mm
Šifra za osovinsku brtvu:	BQCE
Tolerancija krivulje:	ISO9906:2012 3B
Pump version:	A
Bearing design:	Standard
Materijali:	
Kućište crpke:	Lijeivano željezo
Pump housing:	EN-GJL-250
Kućište crpke:	ASTM class 35
Wear ring:	Brass
Impeler:	Lijeivano željezo
Impeler:	EN-GJL-200
Impeler:	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
Instalacija:	
Raspon temperature okoline:	-20 .. 50 °C
Maksimalni radni tlak:	16 bar
Pipe connection standard:	EN 1092-2
Size of inlet connection:	DN 65
Size of outlet connection:	DN 50
Nominalna vrijednost tlaka:	PN 16
Bearing lubrication:	Grease
Pump housing with feet:	No
Support block (Yes/No):	N
Connect code:	F2
Tekućina:	
Dizana tekućina:	Voda
Raspon temperature tekućine:	-25 .. 120 °C
Temperatura tekućine tijekom rada:	80 °C
Gustoća:	971.8 kg/m ³
Kinematska viskoznost:	1 mm ² /s
Električni podaci:	
Nazivna snaga - P2:	11 kW
Frekvencija glavne mreže:	50 Hz
Nazivni napon:	3 x 380-500 V
Nazivna struja:	20.3-16.0 A
Requested voltage:	400 V
Rated current at this voltage:	19.6 A
Cos fi - faktor snage:	0.93-0.90



Q = 64.29 m³/h H = 298.2 kPa
 n = 91 % / 2657 rpm Dizana tekućina = Voda
 Gustoća = 971.8 kg/m³ Eta crpka = 75.2 %
 Temperatura tekućine tijekom rada = 80 °C
 Eta crpka+motor+frekv.pretvarač = 69.6 %



P1 (motor+freq.converter) = 7.65 kW
 P2 = 7.082 kW
 NPSH = 22.45 kPa

Kol. Opis

1 CRN 125-2-1 A-P-A-E-HQQE



Pozor! Slika proizvoda se može razlikovati od stvarnog proizvoda

Proizvodni broj: [99142743](#)

Vertikalna višestupanjska centrifugalna crpka s usisnim i ispusnim priključkom na istoj razini (in-line). Materijali crpke u dodiru s tekućinom izrađeni su od visokokvalitetnog nehrđajućeg čelika. Grundfos patronska brtva vratila osigurava visoku pouzdanost, sigurno rukovanje i lak pristup i servisiranje. Prijenos snage obavlja se preko dvodjelne spojke. Priključivanje na cjevovod je putem PJE (Victaulic®) spojnice.

Crpka je opremljena 3-faznim asinkronim motorom s hlađenjem pomoću ventilatora i montažnim stopama.

Tekućina:

Dizana tekućina: Voda
Raspon temperature tekućine: -20 .. 120 °C
Temperatura tekućine tijekom rada: 85 °C
Gustoća: 968.6 kg/m³
Kinematska viskoznost: 1 mm²/s

Tehnički:

Brzina crpke na kojoj su bazirani podaci o crpki: 2952 rpm
Stvarno izračunati protok: 93.62 m³/h
Dobivena visina dizanja crpke: 487 kPa
Pump orientation: Vertical
Shaft seal arrangement: Single
Šifra za osovinsku brtvu: HQQE
Odobrenja: CE,EAC,UKCA,SEPRO
Approvals for drinking water: ACS
Tolerancija krivulje: ISO9906:2012 3B

Materijali:

Temelj: Stainless steel
EN 1.4408
ASTM A351 CF8M
Impeler: Nehrđajući čelik
EN 1.4401
AISI 316
Ležaj: WC/WC
Support bearing: Graflon
Material certified according to: European standards

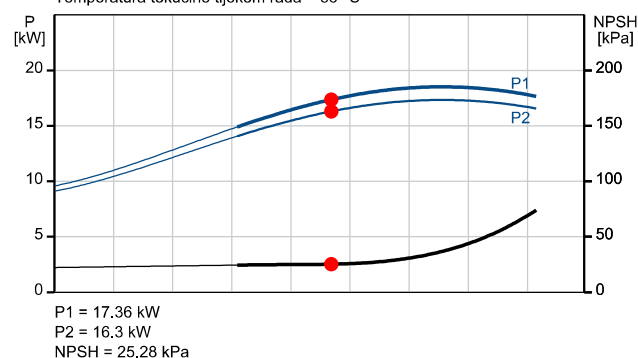
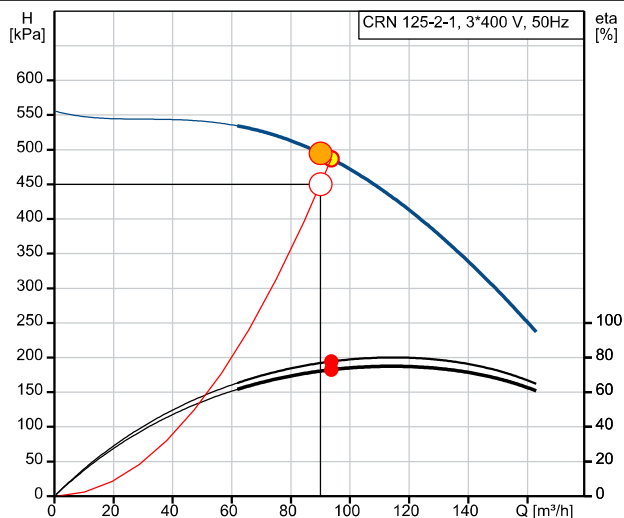
Instalacija:

Maksimalna temperatura okoline: 60 °C
Maksimalni radni tlak: 16 bar
Max tlak pri navedenoj temp: 16 bar / 120 °C
Tip priključka: PJE
Size of inlet connection: DN 150
Size of outlet connection: DN 150
Nominalna vrijednost tlaka: PN 40
Veličina priрубnice za motor: FF300

Kol. Opis

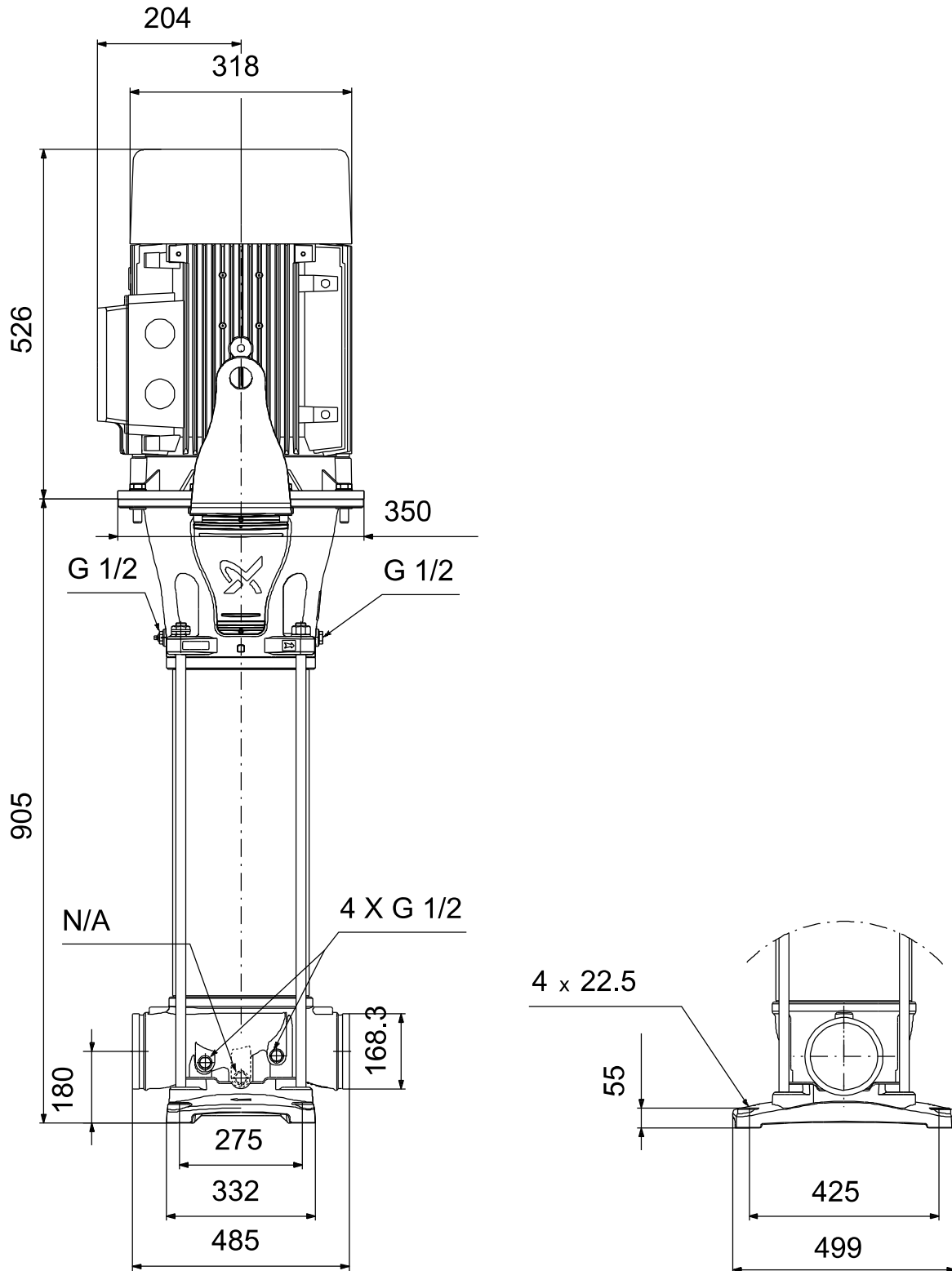
1	Električni podaci:	
	Motor standard:	IEC
	Vrsta motora:	160LB
	Nazivna snaga - P2:	18,5 kW
	Snaga (P2) zahtijevana od crpke:	18,5 kW
	Frekvencija glavne mreže:	50 Hz
	Nazivni napon:	3 x 380-415D/660-690Y V
	Nazivna struja:	34,5-32,5/20,0-18,8 A
	Struja startanja:	830-980 %
	Cos fi - faktor snage:	0.89-0.85
	Nazivna brzina:	2940-2950 rpm
	IE klasa učinkovitosti:	IE3
	Učinkovitost motora pri punom opterećenju:	92.4 %
	Učinkovitost motora pri 3/4 opterećenja:	93.2-93.0 %
	Učinkovitost motora pri 1/2 opterećenja:	93.2-92.2 %
	Broj polova:	2
	Klasa zaštite (IEC 34-5):	55 Dust/Jetting
	Klasa izolacije (IEC 85):	F
	Br. motora:	85U17528
	Upravljanje:	
	Frequency converter:	NIJEDAN
	Ostalo:	
	Terminal box position:	6
	Minimalni indeks učinkovitosti, MEI ≥:	0.70
	Neto masa:	263 kg
	Bruto masa:	327 kg
	Zapremina isporuke:	1.14 m3
	Thrust handling device:	N
	Zemlja porijekla:	DK
	Carinska tarifa br.:	84137075

Opis	Vrijednost
Opće informacije:	
Ime proizvoda:	CRN 125-2-1 A-P-A-E-HQQE
Br. proizvoda:	99142743
EAN broj:	5712607542986
Cijena:	EUR 12378
Tehnički:	
Brzina crpke na kojoj su bazirani podaci o crpki:	2952 rpm
Stvarno izračunati protok:	93,62 m ³ /h
Dobivena visina dizanja crpke:	487 kPa
Maximum head:	556,5 kPa
Stages:	2
Impellers:	2
Number of reduced-diameter impellers:	1
Low NPSH:	N
Pump orientation:	Vertical
Shaft seal arrangement:	Single
Šifra za osovinsku brtvu:	HQQE
Odobrenja:	CE, EAC, UKCA, SEPRO
Approvals for drinking water:	ACS
Tolerancija krivulje:	ISO9906:2012 3B
Pump version:	A
Model:	A
Hlađenje:	IC 411
Materijali:	
Temelj:	Stainless steel
Temelj:	EN 1.4408
Temelj:	ASTM A351 CF8M
Impeler:	Nehrđajući čelik
Impeler:	EN 1.4401
Impeler:	AISI 316
Material code:	A
Code for rubber:	E
Ležaj:	WC/WC
Support bearing:	Graflon
Material certified according to:	European standards
Instalacija:	
Maksimalna temperatura okoline:	60 °C
Maksimalni radni tlak:	16 bar
Max tlak pri navedenoj temp:	16 bar / 120 °C
Tip priključka:	PJE
Size of inlet connection:	DN 150
Size of outlet connection:	DN 150
Nominalna vrijednost tlaka:	PN 40
Veličina prirubnice za motor:	FF300
Connect code:	P
Tekućina:	
Dizana tekućina:	Voda
Raspon temperature tekućine:	-20 .. 120 °C
Temperatura tekućine tijekom rada:	85 °C
Gustoća:	968,6 kg/m ³
Kinematska viskoznost:	1 mm ² /s
Električni podaci:	
Motor standard:	IEC
Vrsta motora:	160LB
Nazivna snaga - P2:	18,5 kW
Snaga (P2) zahtijevana od crpke:	18,5 kW



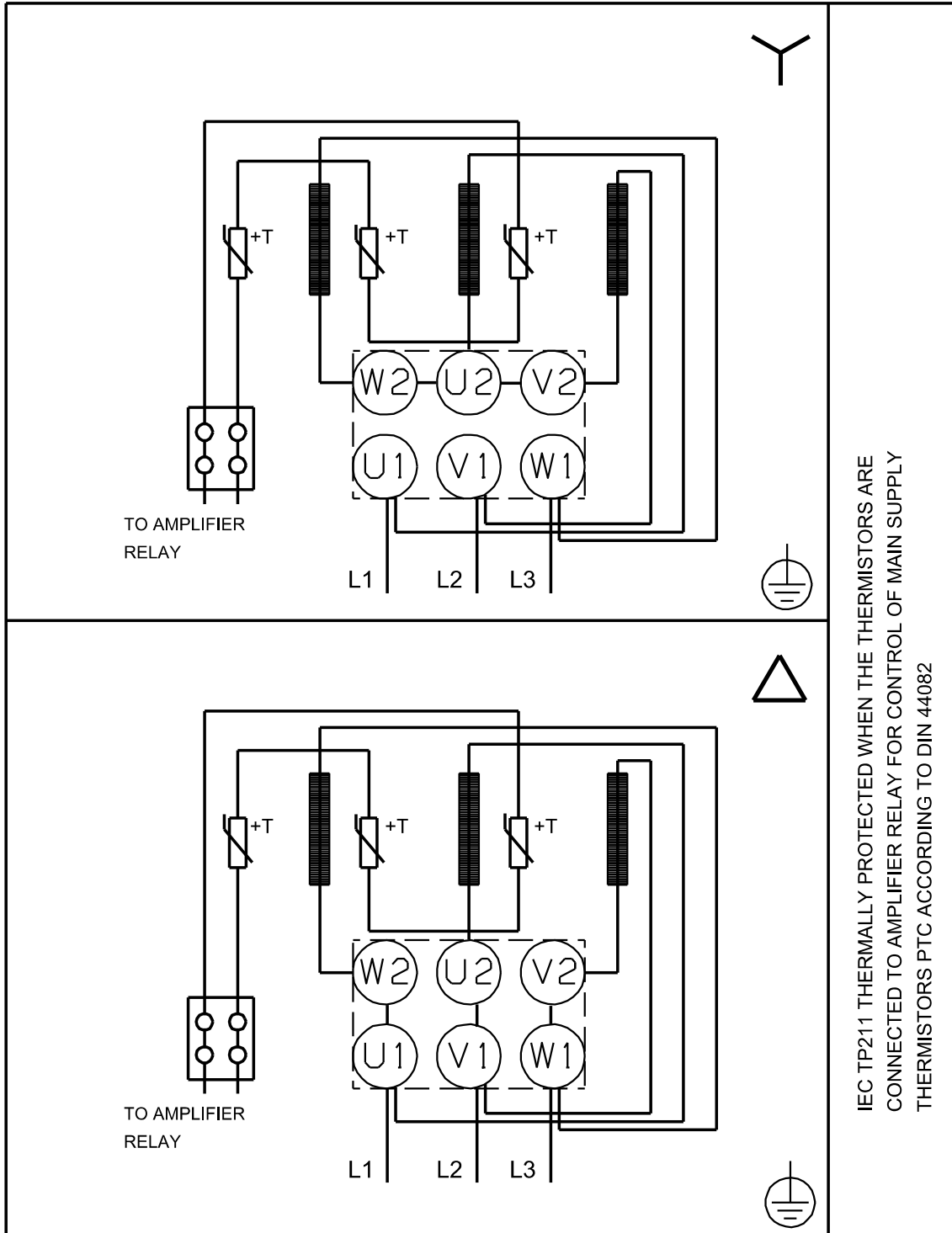
Opis	Vrijednost
Frekvencija glavne mreže:	50 Hz
Nazivni napon:	3 x 380-415D/660-690Y V
Nazivna struja:	34,5-32,5/20,0-18,8 A
Struja startanja:	830-980 %
Cos fi - faktor snage:	0.89-0.85
Nazivna brzina:	2940-2950 rpm
IE klasa učinkovitosti:	IE3
Učinkovitost motora pri punom opterećenju:	92.4 %
Učinkovitost motora pri 3/4 opterećenja:	93.2-93.0 %
Učinkovitost motora pri 1/2 opterećenja:	93.2-92.2 %
Broj polova:	2
Klasa zaštite (IEC 34-5):	55 Dust/Jetting
Klasa izolacije (IEC 85):	F
Ugrađena zaštita motora:	PTC
Br. motora:	85U17528
Upravljanje:	
Frekventni pretvarač:	NIJEDAN
Ostalo:	
Terminal box position:	6
Minimalni indeks učinkovitosti, MEI \geq :	0.70
Neto masa:	263 kg
Bruto masa:	327 kg
Zapremina isporuke:	1.14 m ³
Thrust handling device:	N
Zemlja porijekla:	DK
Carinska tarifa br.:	84137075

99142743 CRN 125-2-1 A-P-A-E-HQQE 50 Hz



Pozor! Sve jedinice su u [mm] ukoliko nije navedeno drugačije.
Upozorenje: Ovaj pojednostavljeni crtež s dimenzijama ne prikazuje sve detalje.

99142743 CRN 125-2-1 A-P-A-E-HQQE 50 Hz



Pozor! Sve jedinice su u [mm] ukoliko nije navedeno drugačije.



1. Information

1.1 Heating	Project number	
	Project name	
	Responsible person	
	date	2024-04-28
	Note	
	Language	English

2. System data of the solution

2.1 System data, heat exchanger	Heat exchanger	Brazed
	Heat output (Q)	1500 kW
	Minimum oversize	0.0 %
	Medium	water
	Concentration	100.0 %
	Inlet temperature	120.0 °C
	Outlet temperature	80.0 °C
	Mass flow	8.9 kg/s
	Volume flow	33.58 m³/h
	Max. pressure loss	25.00 kPa
	Medium	water
	Concentration	100.0 %
	Inlet temperature	60.0 °C
	Outlet temperature	80.0 °C
	Mass flow	17.9 kg/s
	Flow	65.97 m³/h
	Max. pressure loss	25.00 kPa





3. Heat exchanger

3.1 Heat exchanger

Position	Art. No.	Quantity	Article text
----------	----------	----------	--------------

3.1.1	8022200	1	Longtherm RLB-235-150
-------	---------	---	------------------------------

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	RLB-235-150
Number of plates	150
Plate thickness	0.30 mm
Volume primary side (k2/k3)	29.70 l
Volume secondary side (k4/k1)	29.70 l
Plate material	AISI 316L
Sealing material	copper
max. perm. operating temperature	230 °C
max. perm. operating pressure	25 bar
Connection	DN80/PN40
Connection material	
Connection variant	pipe
Height	788 mm
Height k2-k3/k4-k1	682 mm
Width	310 mm
Width primary-secondary	204 mm
Depth	379 mm
Weight	166.50 kg
Capacity	1500 kW
Inlet temperature k2/k3	60.0 °C
Outlet temperature k2/k3	80.0 °C
Inlet temperature k4/k1	120.0 °C
Outlet temperature k4/k1	80.0 °C
Liquid k2/k3	water
Liquid k4/k1	water
Volume flow k2/k3	65.97 m³/h
Volume flow k4/k1	33.58 m³/h
Pressure loss k2/k3	25.00 kPa
Pressure loss k4/k1	25.00 kPa
Heat exchanger surface	34.9 m²
Pollution factor	0.4090000 m²K/kW
k-value clean	3822.3 W/m²K
k-value dirty	1490.2 W/m²K
Oversize	156.5 %
Calculated pressure losses k2/k3 // k4/k1	23.97 kPa / 6.31 kPa
Connections Pressure losses k2/ k3 // k4/k1	0.00 kPa / 0.00 kPa
internal volume flow k2/k3 // k4/k1	3.6 m/s / 1.9 m/s
Internal flow rate k2/k3 // k4/k1	0.4 m/s / 0.2 m/s



3. Heat exchanger

3.1 Heat exchanger

Position	Art. No.	Quantity	Article text
----------	----------	----------	--------------

Longtherm RLB-235-150

Reynolds number k2/k3 // k4/k1	3957 / 2876
Heat transfer coefficient k2/k3 // k4/k1	10217.9 W/mK / 7169.7 W/mK
Reference temperature k2/k3 // k4/k1	70 °C / 100 °C
Density k2/k3 // k4/k1	979.8 kg/m³ / 958.9 kg/m³
Specific heat capacity k2/k3 // k4/k1	4.2 kJ/kgK / 4.2 kJ/kgK
Thermal conductivity k2/k3 // k4/k1	0.7 W/m²K / 0.7 W/m²K
Viscosity k2/k3 // k4/k1	0.000411 Ns/m² / 0.000284 Ns/m²
Prandtl number k2/k3 // k4/k1	2.6 / 1.8

3.1.2	8302300	1	Reflex Longtherm Iso R_B-235-150
-------	---------	---	---

Reflex Longtherm Protect Heating thermal insulation, consisting of two sturdy, easy-to-assembly polyurethane semi-shells with connection clips.

Type	R_B-235-150
Colour	black
Insulation material	PU rigid foam
Outer material	aluminium cladding
Insulation strength	32 mm
max. perm. operating temperature	135 °C
Height	864 mm
Width	376 mm
Depth	508 mm
Weight	8.80 kg

3.1.3	8290500	1	Reflex Bracket R_B-110-235
-------	---------	---	-----------------------------------

Reflex Longtherm Standing support and lifting eyes in a stainless steel set. Comprising two standing feet and two eyes, which are fitted on site on the front and back plate.

Type	R_B-110-235
Height	70 mm
Width	240 mm
Depth	320 mm
Weight	2.96 kg

3.1.4	6770500	2	Reflex welding connection R_B-235
-------	---------	---	--

Reflex Longtherm Compac mating flange as welded flange PN 40 inclusive of galvanized 8.8 screws and seals. Suitable for Longtherm plate heat exchanger with Compac flange connections in the set (2 off).



3. Heat exchanger

3.1 Heat exchanger

Position Art. No. Quantity Article text

Reflex welding connection R_B-235

Type	R_B-235
Inlet connection	DN80/PN40
Diameter	200 mm
Depth	21 mm
Weight	5.18 kg

For sea freight deliveries, an automatic conversion to identical vessels with a different item number and a pressure of 2 bar takes place. No action is required on your part, we will take care of it.

Modifications, errors and mistakes are subject to change. •

04 – 24 • Reflex Solutions Pro Version 24.03

Reflex Winkelmann GmbH • Gersteinstraße 19 • 59227 Ahlen, Germany +49 2382 7069-9546 • www.reflex.de • info@reflex.de



1. Information

1.1 Heating	Project number	
	Project name	
	Responsible person	
	date	2024-05-20
	Note	
	Language	English

2. System data of the solution

2.1 System data, heat exchanger	Heat exchanger	Brazed
	Heat output (Q)	1200 kW
	Minimum overdesign	0.0 %
	Medium	water
	Concentration	100.0 %
	Inlet temperature	120.0 °C
	Outlet temperature	90.0 °C
	Mass flow	9.5 kg/s
	Volume flow	35.92 m³/h
	Max. pressure loss	25.00 kPa
	Medium	water
	Concentration	100.0 %
	Inlet temperature	50.0 °C
	Outlet temperature	75.0 °C
	Mass flow	11.5 kg/s
	Flow	42.05 m³/h
	Max. pressure loss	25.00 kPa





3. Heat exchanger

3.1 Heat exchanger

Position	Art. No.	Quantity	Article text
----------	----------	----------	--------------

3.1.1	8017500	1	Longtherm RLB-235-80
-------	---------	---	-----------------------------

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	RLB-235-80
Number of plates	80
Plate thickness	0.30 mm
Volume primary side (k2/k3)	15.70 l
Volume secondary side (k4/k1)	15.70 l
Plate material	AISI 316L
Sealing material	copper
max. perm. operating temperature	230 °C
max. perm. operating pressure	25 bar
Connection	DN80/PN40
Connection material	
Connection variant	pipe
Height	788 mm
Height k2-k3/k4-k1	682 mm
Width	310 mm
Width primary-secondary	204 mm
Depth	208 mm
Weight	107.00 kg
Capacity	1200 kW
Inlet temperature k2/k3	50.0 °C
Outlet temperature k2/k3	75.0 °C
Inlet temperature k4/k1	120.0 °C
Outlet temperature k4/k1	90.0 °C
Liquid k2/k3	water
Liquid k4/k1	water
Volume flow k2/k3	42.05 m³/h
Volume flow k4/k1	35.92 m³/h
Pressure loss k2/k3	25.00 kPa
Pressure loss k4/k1	25.00 kPa
Heat exchanger surface	18.4 m²
Pollution factor	0.4540000 m²K/kW
k-value clean	5095.2 W/m²K
k-value dirty	1537.5 W/m²K
Oversize	231.4 %
Calculated pressure losses k2/k3 // k4/k1	23.55 kPa / 16.97 kPa
Connections Pressure losses k2/ k3 // k4/k1	0.00 kPa / 0.00 kPa
internal volume flow k2/k3 // k4/k1	2.3 m/s / 2.0 m/s
Internal flow rate k2/k3 // k4/k1	0.5 m/s / 0.4 m/s



3. Heat exchanger

3.1 Heat exchanger

Position	Art. No.	Quantity	Article text
----------	----------	----------	--------------

Longtherm RLB-235-80

Reynolds number k2/k3 // k4/k1	4268 / 6090
Heat transfer coefficient k2/k3 // k4/k1	11174.2 W/mK / 12121.8 W/mK
Reference temperature k2/k3 // k4/k1	63 °C / 105 °C
Density k2/k3 // k4/k1	984.2 kg/m³ / 955.0 kg/m³
Specific heat capacity k2/k3 // k4/k1	4.2 kJ/kgK / 4.2 kJ/kgK
Thermal conductivity k2/k3 // k4/k1	0.7 W/m²K / 0.7 W/m²K
Viscosity k2/k3 // k4/k1	0.000458 Ns/m² / 0.000272 Ns/m²
Prandtl number k2/k3 // k4/k1	3.0 / 1.7

3.1.2	8290500	1	Reflex Bracket R_B-110-235
-------	---------	---	-----------------------------------

Reflex Longtherm
Standing support and lifting eyes in a stainless steel set. Comprising two standing feet and two eyes, which are fitted on site on the front and back plate.

Type	R_B-110-235
Height	70 mm
Width	240 mm
Depth	320 mm
Weight	2.96 kg

3.1.3	6770500	2	Reflex welding connection R_B-235
-------	---------	---	--

Reflex Longtherm
Compac mating flange as welded flange PN 40 inclusive of galvanized 8.8 screws and seals. Suitable for Longtherm plate heat exchanger with Compac flange connections in the set (2 off).

Type	R_B-235
Inlet connection	DN80/PN40
Diameter	200 mm
Depth	21 mm
Weight	5.18 kg

For sea freight deliveries, an automatic conversion to identical vessels with a different item number and a pressure of 2 bar takes place. No action is required on your part, we will take care of it.



1. Information

1.1 Heating	Project number	
	Project name	
	Responsible person	
	date	2024-05-20
	Note	
	Language	English

2. System data of the solution

2.1 System data, heat exchanger	Heat exchanger	Brazed
	Heat output (Q)	2000 kW
	Minimum overdesign	0.0 %
	Medium	water
	Concentration	100.0 %
	Inlet temperature	120.0 °C
	Outlet temperature	90.0 °C
	Mass flow	15.9 kg/s
	Volume flow	59.87 m³/h
	Max. pressure loss	30.00 kPa
	Medium	water
	Concentration	100.0 %
	Inlet temperature	65.0 °C
	Outlet temperature	85.0 °C
	Mass flow	23.9 kg/s
	Flow	88.22 m³/h
	Max. pressure loss	30.00 kPa





3. Heat exchanger

3.1 Heat exchanger

Position	Art. No.	Quantity	Article text
----------	----------	----------	--------------

3.1.1	8050600	1	Longtherm RLB-235-230
-------	---------	---	------------------------------

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	RLB-235-230
Number of plates	230
Plate thickness	0.30 mm
Volume primary side (k2/k3)	45.60 l
Volume secondary side (k4/k1)	45.60 l
Plate material	AISI 316L
Sealing material	copper
max. perm. operating temperature	230 °C
max. perm. operating pressure	25 bar
Connection	DN80/PN40
Connection material	
Connection variant	flange
Height	788 mm
Height k2-k3/k4-k1	682 mm
Width	310 mm
Width primary-secondary	170 mm
Depth	575 mm
Weight	230.50 kg
Capacity	2000 kW
Inlet temperature k2/k3	65.0 °C
Outlet temperature k2/k3	85.0 °C
Inlet temperature k4/k1	120.0 °C
Outlet temperature k4/k1	90.0 °C
Liquid k2/k3	water
Liquid k4/k1	water
Volume flow k2/k3	88.22 m³/h
Volume flow k4/k1	59.87 m³/h
Pressure loss k2/k3	30.00 kPa
Pressure loss k4/k1	30.00 kPa
Heat exchanger surface	53.7 m²
Pollution factor	0.5450000 m²K/kW
k-value clean	3949.7 W/m²K
k-value dirty	1252.1 W/m²K
Oversize	215.4 %
Calculated pressure losses k2/k3 // k4/k1	29.97 kPa / 13.63 kPa
Connections Pressure losses k2/ k3 // k4/k1	0.00 kPa / 0.00 kPa
internal volume flow k2/k3 // k4/k1	4.9 m/s / 3.3 m/s
Internal flow rate k2/k3 // k4/k1	0.4 m/s / 0.3 m/s



3. Heat exchanger

3.1 Heat exchanger

Position	Art. No.	Quantity	Article text
----------	----------	----------	--------------

Longtherm RLB-235-230

Reynolds number k2/k3 // k4/k1	3698 / 3472
Heat transfer coefficient k2/k3 // k4/k1	9497.1 W/mK / 8089.0 W/mK
Reference temperature k2/k3 // k4/k1	75 °C / 105 °C
Density k2/k3 // k4/k1	976.7 kg/m³ / 955.0 kg/m³
Specific heat capacity k2/k3 // k4/k1	4.2 kJ/kgK / 4.2 kJ/kgK
Thermal conductivity k2/k3 // k4/k1	0.7 W/m²K / 0.7 W/m²K
Viscosity k2/k3 // k4/k1	0.000382 Ns/m² / 0.000272 Ns/m²
Prandtl number k2/k3 // k4/k1	2.4 / 1.7

3.1.2	8309500	1	Reflex Longtherm Iso R_B-235-230
-------	---------	---	---

Reflex Longtherm Protect Heating thermal insulation, consisting of two sturdy, easy-to-assembly polyurethane semi-shells with connection clips.

Type	R_B-235-230
Colour	black
Insulation material	PU rigid foam
Outer material	aluminium cladding
Insulation strength	32 mm
max. perm. operating temperature	135 °C
Height	864 mm
Width	376 mm
Depth	708 mm
Weight	11.40 kg

3.1.3	8290500	1	Reflex Bracket R_B-110-235
-------	---------	---	-----------------------------------

Reflex Longtherm Standing support and lifting eyes in a stainless steel set. Comprising two standing feet and two eyes, which are fitted on site on the front and back plate.

Type	R_B-110-235
Height	70 mm
Width	240 mm
Depth	320 mm
Weight	2.96 kg

3.1.4	6770500	2	Reflex welding connection R_B-235
-------	---------	---	--

Reflex Longtherm Compac mating flange as welded flange PN 40 inclusive of galvanized 8.8 screws and seals. Suitable for Longtherm plate heat exchanger with Compac flange connections in the set (2 off).



3. Heat exchanger

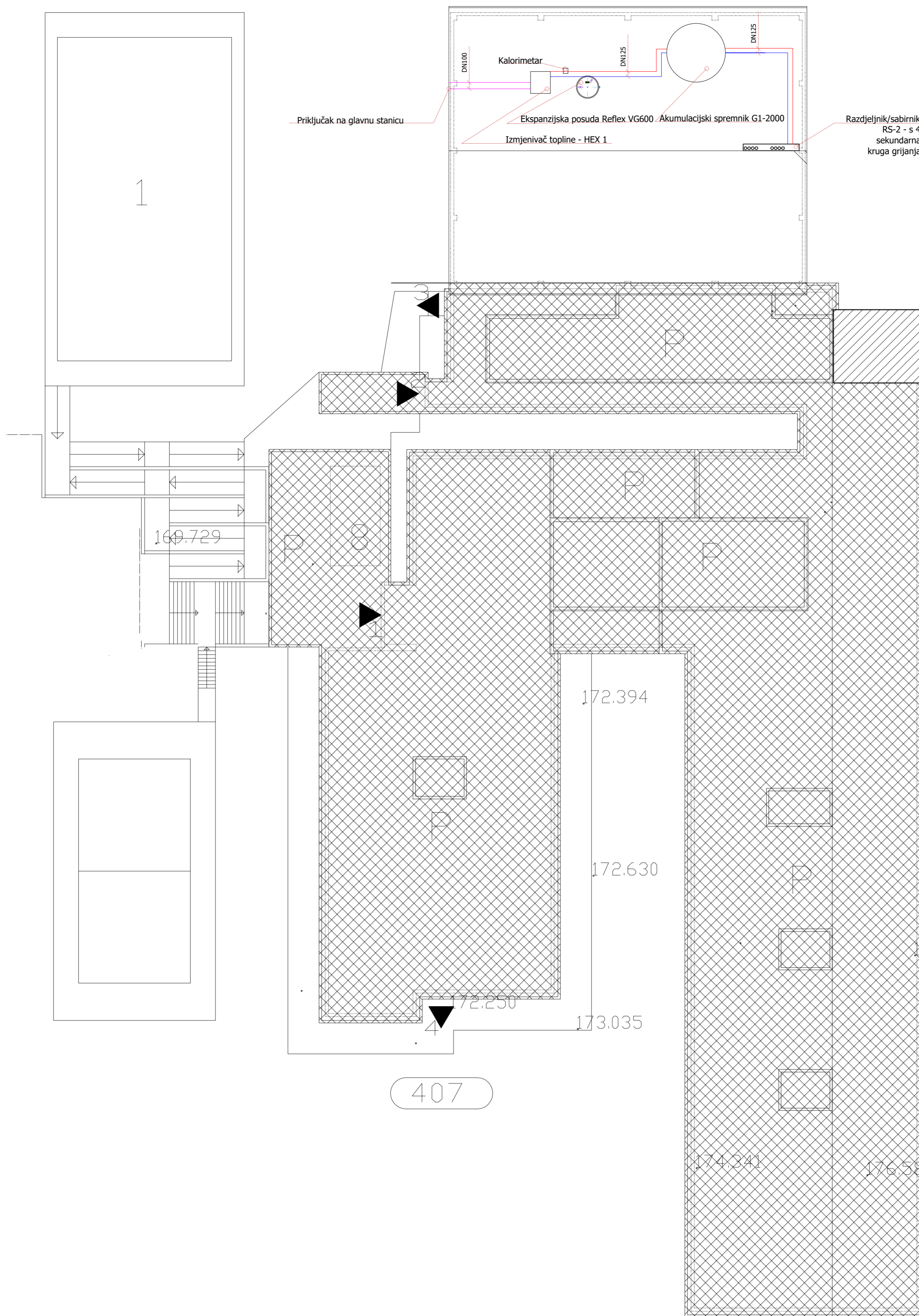
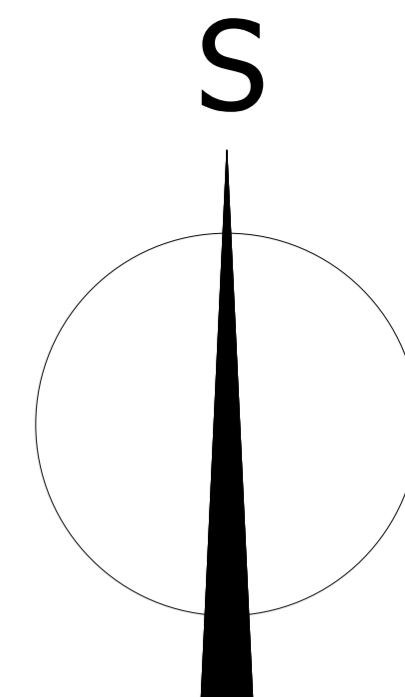
3.1 Heat exchanger

Position Art. No. Quantity Article text

Reflex welding connection R_B-235

Type	R_B-235
Inlet connection	DN80/PN40
Diameter	200 mm
Depth	21 mm
Weight	5.18 kg

For sea freight deliveries, an automatic conversion to identical vessels with a different item number and a pressure of 2 bar takes place. No action is required on your part, we will take care of it.



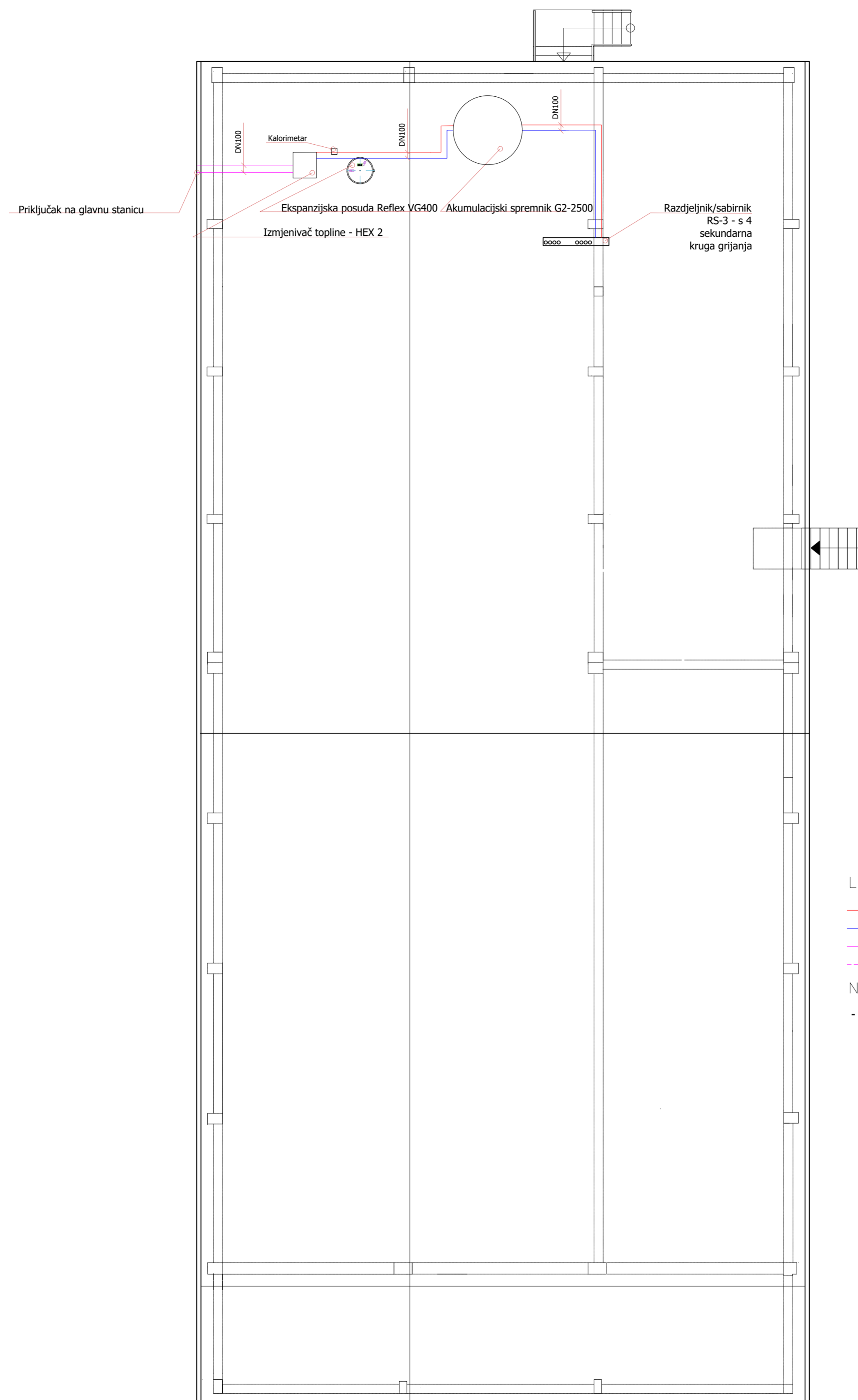
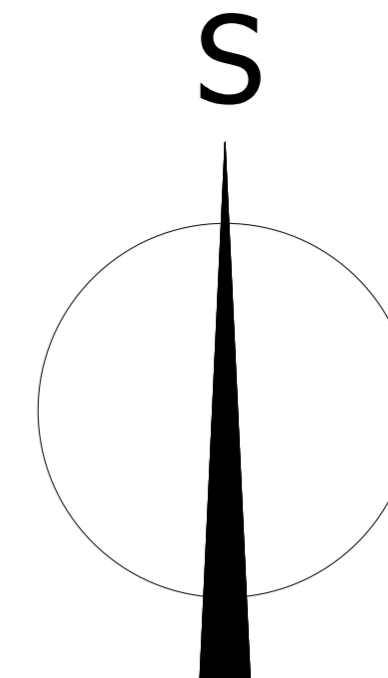
Legenda:

- polazni vod 80 °C
- dolazni vod 60 °C
- polazni vod toplo voda 120 °C
- dolazni vod toplo voda 90 °C

Napomene:

- cijevi sustava unutar objekta potrebno je izolirati, a toplovodne cijevi dolaze

 Sveučilište Sjever Sveučilišni centar Varaždin Ul. 104. brigade 3, 42000, Varaždin tel: 042 403 338 web: www.unin.hr	MENTOR: prof.dr.sc. Ante Čikić	GLAVNI PROJEKT - PROJEKT STROJARSKIH INSTALACIJA	
	STUDENT: Leonardo Lukavski, bacc.ing.mech.	INVESTITOR: -	
PREGLEDAC: prof.dr.sc. Ante Čikić	GRADEVINA: PROJEKT TOPLOVODA SA TOPLINSKIM PODSTANICAMA ZA GRUJANJE I PTV-e STAMBENIH GRADEVINA		
FAZA PROJEKTA: Glavni projekt	LOKACIJA: Koprivnica	SADRŽAJ: TLOCRT DISPOZICIJA OPREME ZA ZGRADU G1	
REV: 00	Z.O.P.:	FORMAT: 594X594	LIST: 01/03
DATUM: 07.2024.	T.D.: 109/24	MJERILO: 1:250	NACRT: 1.



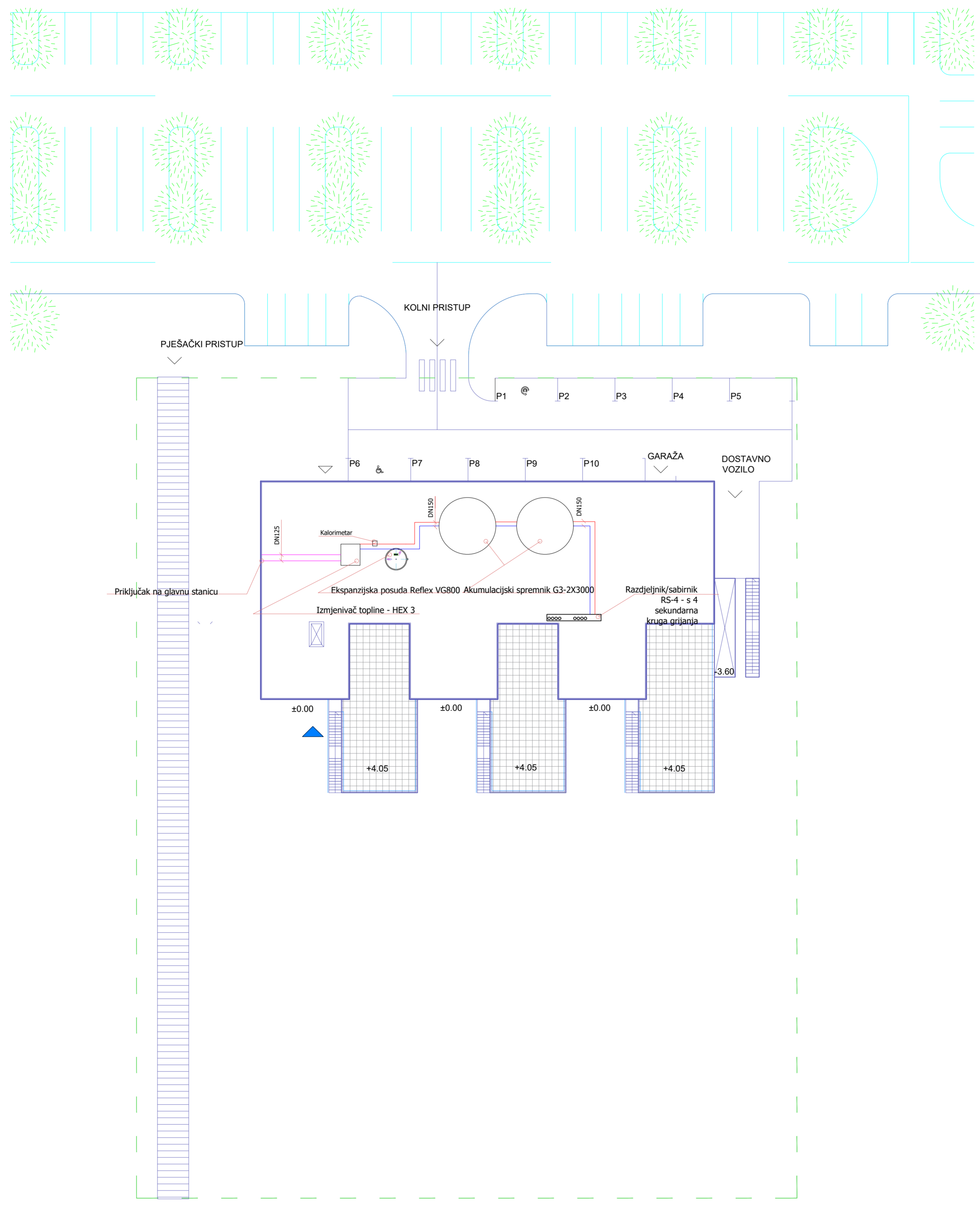
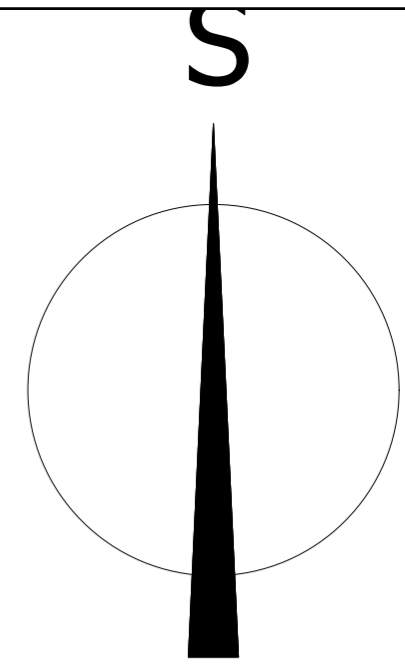
Legenda:

- polazni vod 75 °C
- dolazni vod 50 °C
- polazni vod toplovođa 120 °C
- dolazni vod toplovođa 90 °C

Napomene:

- cijevi sustava unutar objekta potrebno je izolirati, a toplovodne cijevi dolaze preizolirane

 Sveučilište Sjever Sveučilišni centar Varaždin Ul. 104. brigade 3, 42000, Varaždin tel: 042 403 338 web: www.unin.hr	MENTOR: prof.dr.sc. Ante Čikić	GLAVNI PROJEKT - PROJEKT STROJARSKIH INSTALACIJA	
	STUDENT: Leonardo Lukavski, bacc.ing.mech.	INVESTITOR: -	
PREGLEDAO: prof.dr.sc. Ante Čikić	GRADEVINA: PROJEKT TOPLOVOĐA SA TOPLINSKIM PODSTANICAMA ZA GRUJANJE I PTV-e STAMBENIH GRADEVINA		
FAZA PROJEKTA: Glavni projekt	LOKACIJA: Koprivnica		
REV: 00	SADRŽAJ: TLOCRT DISPOZICIJA OPREME ZA ZGRADU G2	FORMAT: 594x594	LIST: 02/03
DATUM: 07.2024.	Z.O.P.: T.D.: 109/24	MJERILO: 1:250	NACRT: 1.



Legenda:

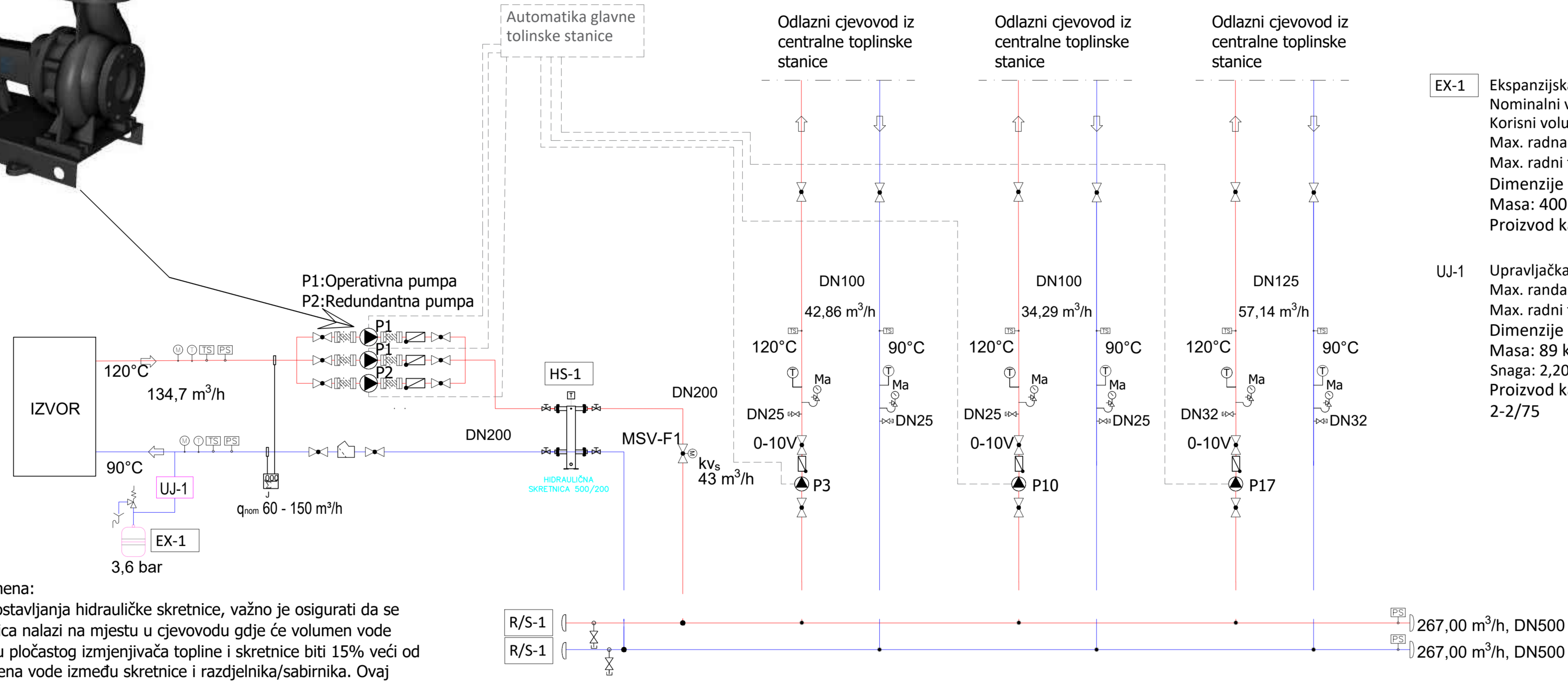
- polazni vod 85 °C
- dolazni vod 65 °C
- polazni vod toplovođa 120 °C
- dolazni vod toplovođa 90 °C

Napomene:

- cijevi sustava unutar objekta potrebno je izolirati, a toplovodne cijevi dolaz

KAZALO:

	MENTOR: prof.dr.sc. Ante Čikić	GLAVNI PROJEKT - PROJEKT STROJARSKIH INSTALACIJA	
	STUDENT: Leonardo Lukavski, bacc.ing.mech.	INVESTITOR: -	
PREGLEDAC: prof.dr.sc. Ante Čikić	GRADEVINA: PROJEKT TOPLOVOĐA SA TOPLINSKIM PODSTANICAMA ZA GRUPLANJE I PTV-e STAMBENIH GRADEVINA		
FAZA PROJEKTA: Glavni projekt	LOKACIJA: Koprivnica		
REV: 00	SADRŽAJ: TLOCRT DISPOZICIJA OPREME ZA ZGRADU G3		
DATUM: 07.2024.	Z.O.P.: T.D.: 109/24	FORMAT: 594X594	LIST: 1.
		MJERILO: 1:250	NACRT: 03/03



EX-1 Ekspanzijska posuda
 Nominalni volumen: 1800 l
 Korisni volumen: 1800 l
 Max. radna temperatura: 110 °C
 Max. radni tlak: 6 bara
 Dimenzije (Ød x v) = Ø1000x2587 mm
 Masa: 400 kg
 Proizvod kao Reflex Variomat VG 2000

UJ-1 Upravljačka jedinica ekspanzijske posude
 Max. radna temperatura: 70 °C
 Max. radni tlak: 10 bara
 Dimenzije (dxšxv) = 921x704x706 mm
 Masa: 89 kg
 Snaga: 2,20 kW
 Proizvod kao Reflex Variomat VS 2-2/75

HS-1 Hidraulička skretnica
 Priklučci: DN250/PNG
 Statički tlak: 1.3 bar
 Radni tlak: 0-6 bar
 Masa: 30,80 kg
 Proizvod kao: Hydraulic Separator DN500

P1 Optočna pumpa, proizvod kao tip NK 100-200/195 AA2F2AESBQQELW3
 Max. radni tlak= 16 bar
 Snage= 5,5 kW
 Napajanje=3x380-480V, 50 Hz
 Bruto masa=258 kg
 Radna točka:
 H= 80,0 kPa
 V= 150,0 m³/h

P2 Redudantna pumpa, proizvod kao tip NK 100-200/195 AA2F2AESBQQELW3
 Max. radni tlak= 16 bar
 Snage= 5,5 kW
 Napajanje=3x380-480V, 50 Hz
 Bruto masa=258 kg
 Radna točka:
 H= 80,0 kPa
 V= 150,0 m³/h

R/S-1 Jednokomorni razdjelnik/sabirnik grijanja za spoj na 3 krugova grijanja i 1 kotlovski priključak (ukupno 4 priključaka).
 1xDN200
 1xDN100
 1xDN100
 1xDN150
 Protok medija: 267,0 m³/h
 Max protok medija: 134,29 m³/h
 Masa: 600 kg
 Duljina: 2620 mm
 Proizvod kao PROSINUSX, tip SINUS-Single chamber-heating-/cooling manifoldr 300

Legenda:

- Polaz
- Povrat
- - - - - 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/ pražnjenje
	Kuglasta slavina		Diferencijalni presostat
	Nepovratna klapna		Odzračnik s ispuhom
	Kalorimetar		Ispust
	3-putni miješajući ventil s motornim pogonom		Pločasti izmjenjivač topline
	Leptirasta slavina		Regulator temperature

Napomena:

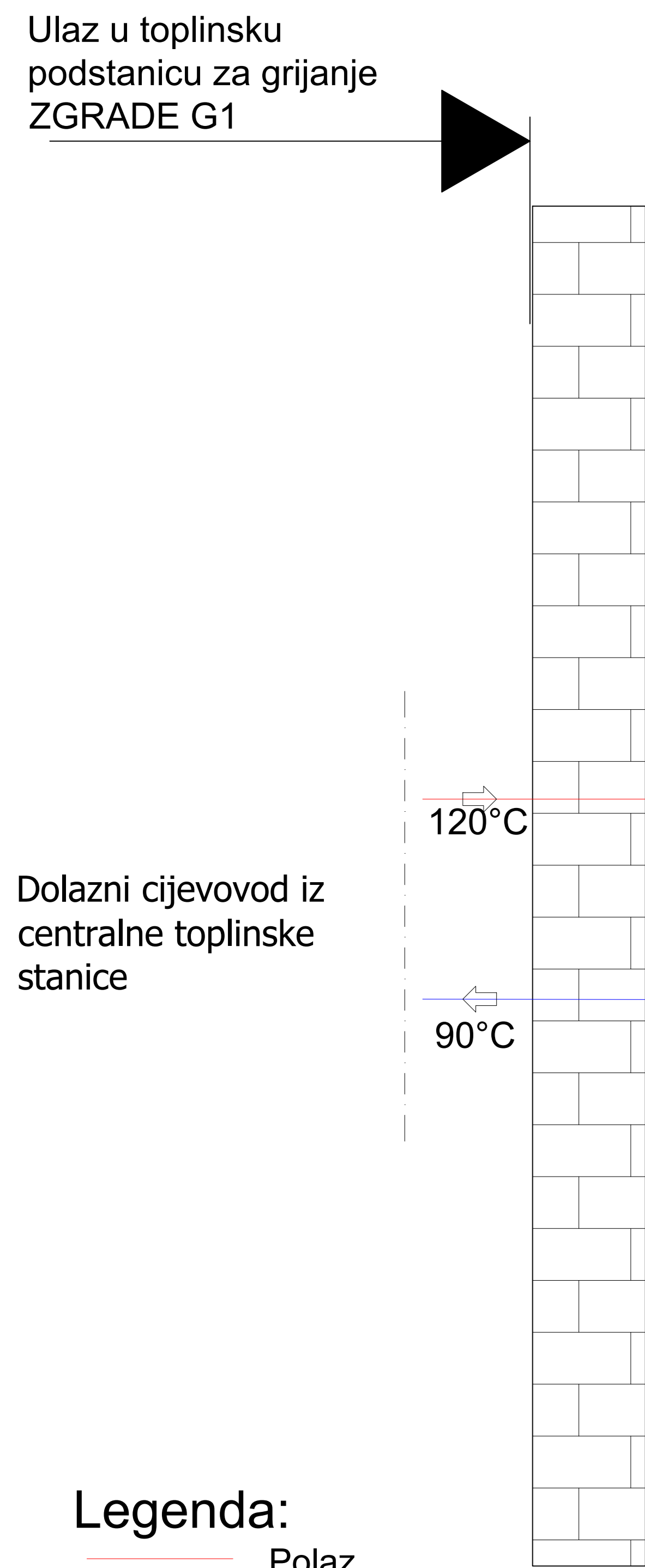
Kod postavljanja hidrauličke skretnice, važno je osigurati da se skretnica nalazi na mjestu u cjevovodu gdje će volumen vode između pločastog izmjenjivača topline i skretnice biti 15% veći od volumena vode između skretnice i razdjelnika/sabirnika. Ovaj odnos je ključan za održavanje hidrauličkog balansa sustava, uključujući razdjelnik, sabirnik i izmjenjivač topline, te za osiguranje optimalne distribucije topline i smanjenje hidrauličkih gubitaka.

P3 Optočna pumpa, proizvod tip NKE 40-200/219 AA2F2AESBQQEQWB
 Max. radni tlak= 16 bar
 Snage=15 kW
 Napajanje=3x380-480V, 50 Hz
 Bruto masa=237 kg
 Radna točka:
 H= 50,0 kPa
 V= 450,4 m³/h

P10 Optočna pumpa, proizvod kao tip NBE 40-16/172 AASF2AESBQQEQWB
 Max. radni tlak= 16 bar
 Snage= 7,5 kW
 Napajanje=3x380-480V, 50 Hz
 Bruto masa=173 kg
 Radna točka:
 H= 40,0 kPa
 V= 350,0 m³/h

P17 Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 40-250/255 AA2F2KESBQQEQWB
 Max. radni tlak= 16 bar
 Snage= 22 kW
 Napajanje=3x380-480V, 50 Hz
 Bruto masa=264 kg
 Radna točka:
 H= 60,0 kPa
 V= 700,0 m³/h

	MENTOR: prof.dr.sc. Anđel Čačić	GLAVNI PROJEKT - PROJEKT STROJARSKIH INSTALACIJA
	STUDENT: Lorenz Lorenz, bsc.mg.mech	INVESTITOR: -
PROJEKCIJAS: prof.dr.sc. Anđel Čačić	GRADIVNIK: PROJEKT TOPILOVODA SA TOPLINSKIM PODSTANICAMA ZA OBLASTIJE I PTVA I STAMBENI GRADJEVINA	LOKACIJA: Koprivnica
FAZA PROJEKTA: Glavni projekt	ODRŽAJ: HIDRAULIČKA SCHEMA INDIREKTOG SUSTAVA GRIJANJA GLAVNE TOPLINSKE STANICE	
REV. 00 DATUM: 07.2024.	Z.O.P.: T.D.: 19024	LIST: 01/01



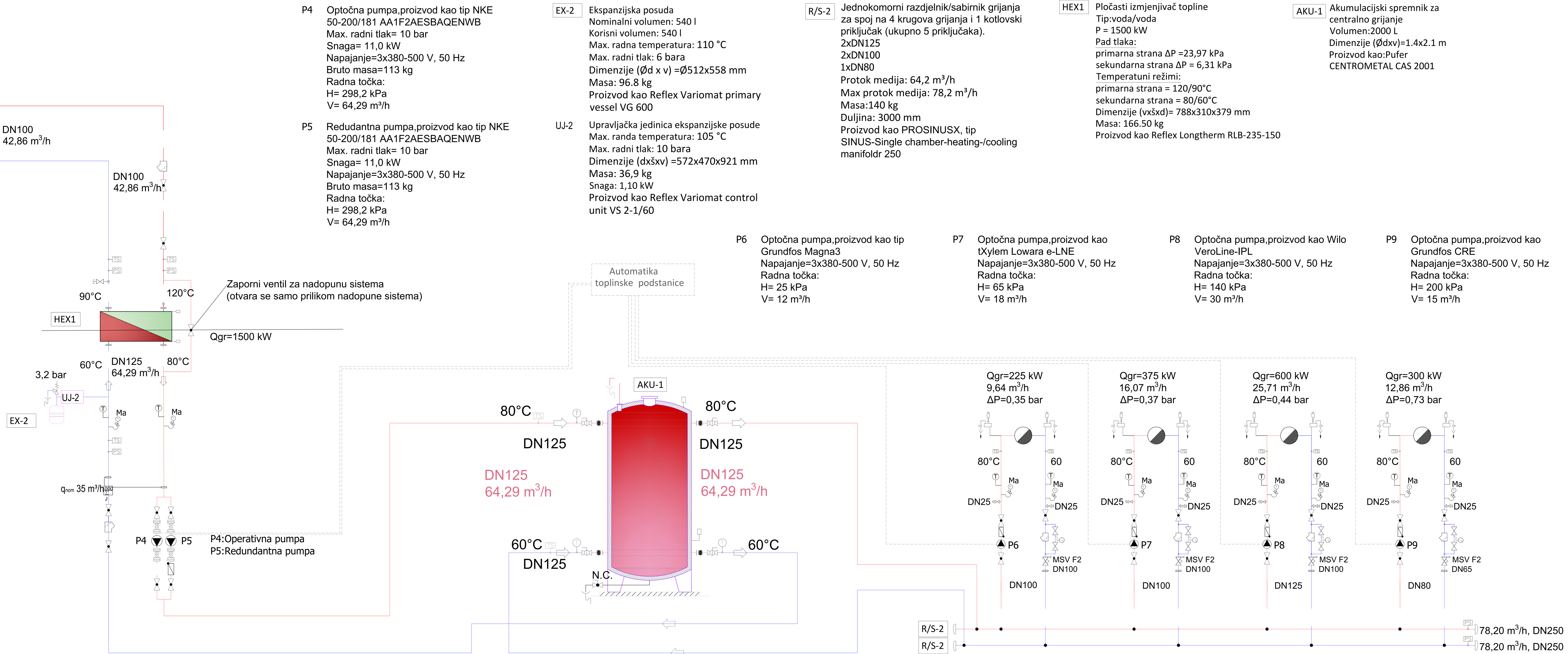
Dolazni cijevovod iz centralne toplinske stanice

Legenda:

- Polaz
- Povrat
- 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/praznjenje
	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		



Ulaz u toplinsku podstanicu za grijanje ZGRADE G2

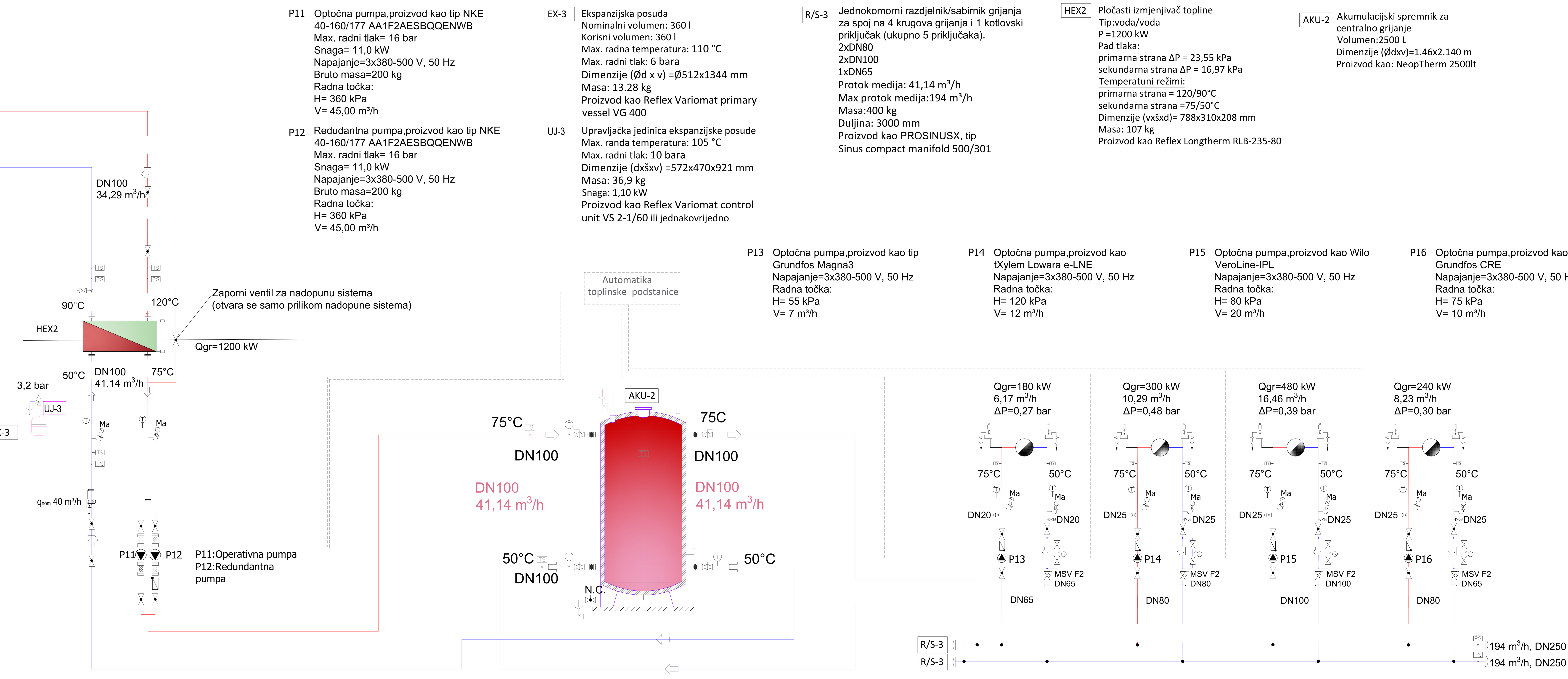
Dolazni cijevod iz centralne toplinske stanice

Legenda:

- Polaz
- Povrat
- 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
	3-putni miješajući ventil s motornim pogonom		Pločasti izmjenjivač topline
	Leptirasta slavina		Regulator temperature



- P11** Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 40-160/177 AA1F2AESBQQENWB
 Max. radni tlak= 16 bar
 Snaga= 11,0 kW
 Napajanje=3x380-500 V, 50 Hz
 Bruto masa=200 kg
 Radna točka:
 H= 360 kPa
 V= 45,00 m³/h
- P12** Redudantna pumpa, proizvod kao tip NKE 40-160/177 AA1F2AESBQQENWB
 Max. radni tlak= 16 bar
 Snaga= 11,0 kW
 Napajanje=3x380-500 V, 50 Hz
 Bruto masa=200 kg
 Radna točka:
 H= 360 kPa
 V= 45,00 m³/h

- EX-3** Ekspanzijska posuda
 Nominalni volumen: 360 l
 Korisni volumen: 360 l
 Max. radna temperatura: 110 °C
 Max. radni tlak: 6 bara
 Dimenzije (Ød x v) =Ø512x1344 mm
 Masa: 13.28 kg
 Proizvod kao Reflex Variomat primary vessel VG 400
- UJ-3** 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

- R/S-3** Jednokomorni razdjelnik/sabirnik grijanja za spoj na 4 krugova grijanja i 1 kotlovski priključak (ukupno 5 priključaka).
 2xDN80
 2xDN100
 1xDN65
 Protok medija: 41,14 m³/h
 Max protok medija:194 m³/h
 Masa:400 kg
 Duljina: 3000 mm
 Proizvod kao PROSINUSX, tip Sinus compact manifold 500/301

- HEX2** Pločasti izmjenjivač topline
 Tip:voda/voda
 P =1200 kW
 Pad tlaka:
 primarna strana ΔP = 23,55 kPa
 sekundarna strana ΔP = 16,97 kPa
 Temperatuni režimi:
 primarna strana = 120/90°C
 sekundarna strana =75/50°C
 Dimenzije (vxšxd)= 788x310x208 mm
 Masa: 107 kg
 Proizvod kao Reflex Longtherm RLB-235-80

- AKU-2** Akumulacijski spremnik za centralno grijanje
 Volumen:2500 L
 Dimenzije (Ødxv)=1,46x2.140 m
 Proizvod kao: NeopTherm 2500lt

- P13** Optočna pumpa, proizvod kao tip Grundfos Magna3
 Napajanje=3x380-500 V, 50 Hz
 Radna točka:
 H= 55 kPa
 V= 7 m³/h

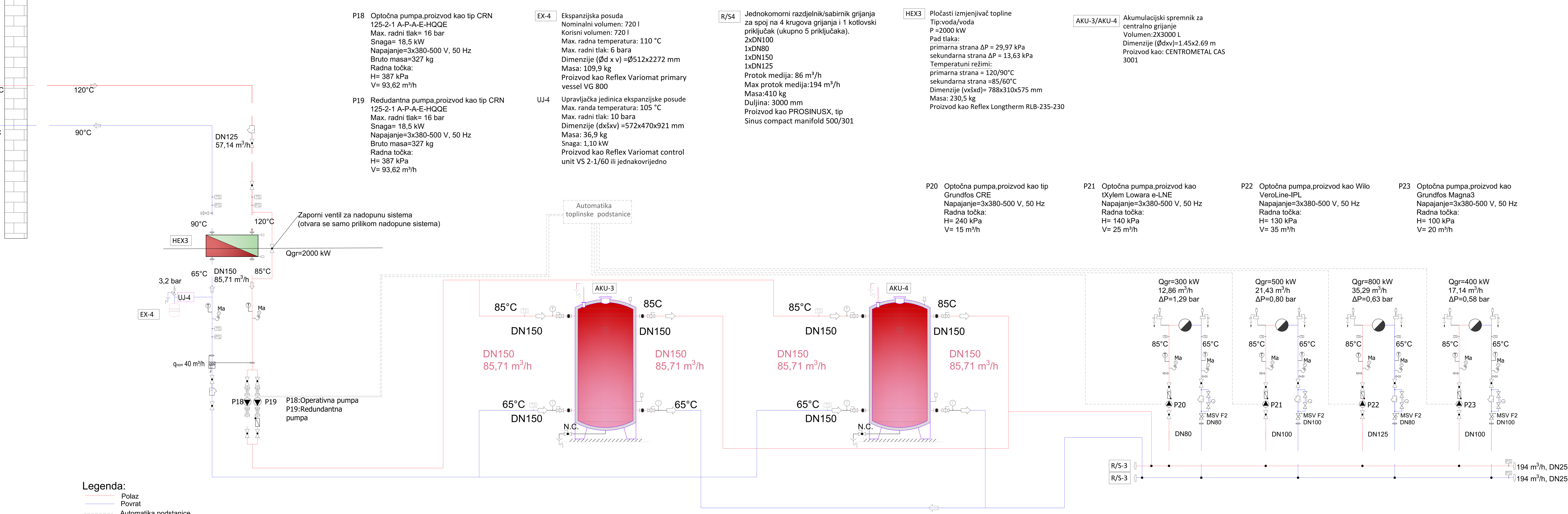
- P14** Optočna pumpa, proizvod kao tXylem Lowara e-LNE
 Napajanje=3x380-500 V, 50 Hz
 Radna točka:
 H= 120 kPa
 V= 7 m³/h

- P15** Optočna pumpa, proizvod kao Wilo VeroLine-IPL
 Napajanje=3x380-500 V, 50 Hz
 Radna točka:
 H= 80 kPa
 V= 20 m³/h

- P16** Optočna pumpa, proizvod kao Grundfos CRE
 Napajanje=3x380-500 V, 50 Hz
 Radna točka:
 H= 75 kPa
 V= 10 m³/h

Ulaz u toplinsku podstanicu za grijanje ZGRADE G3

Dolazni cjevovod iz centralne toplinske stanice



P18 Optočna pumpa, proizvod kao tip CRN 125-2-1 A-P-A-E-HQQE
 Max. radni tlak= 16 bar
 Snaga= 18,5 kW
 Napajanje=3x380-500 V, 50 Hz
 Bruto masa=327 kg
 Radna točka:
 H= 387 kPa
 V= 93,62 m³/h

P19 Redudantna pumpa, proizvod kao tip CRN 125-2-1 A-P-A-E-HQQE
 Max. radni tlak= 16 bar
 Snaga= 18,5 kW
 Napajanje=3x380-500 V, 50 Hz
 Bruto masa=327 kg
 Radna točka:
 H= 387 kPa
 V= 93,62 m³/h

EX-4 Ekspanzijska posuda
 Nominalni volumen: 720 l
 Korisni volumen: 720 l
 Max. radna temperatura: 110 °C
 Max. radni tlak: 6 bara
 Dimenzije (Ød x v) = Ø512x2272 mm
 Masa: 109,9 kg
 Proizvod kao Reflex Variomat primary vessel VG 800

UJ-4 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

R/S4 Jednokomorni razdjelnik/sabirnik grijanja za spoj na 4 krugova grijanja i 1 kotlovski priključak (ukupno 5 priključaka).
 2xDN100
 1xDN80
 1xDN150
 1xDN125
 Protok medija: 86 m³/h
 Max protok medija: 194 m³/h
 Masa: 410 kg
 Duljina: 3000 mm
 Proizvod kao PROSINUSX, tip Sinus compact manifold 500/301

HEX3 Pločasti izmjenjivač topline
 Tip: voda/voda
 P = 2000 kW
 Pad tlaka:
 primarna strana ΔP = 29,97 kPa
 sekundarna strana ΔP = 13,63 kPa
 Temperaturni režimi:
 primarna strana = 120/90 °C
 sekundarna strana = 85/60 °C
 Dimenzije (vxšxd) = 788x310x575 mm
 Masa: 230,5 kg
 Proizvod kao Reflex Longtherm RLB-235-230

AKU-3/AKU-4 Akumulacijski spremnik za centralno grijanje
 Volumen: 2x3000 L
 Dimenzije (Ødxv) = 1,45x2,69 m
 Proizvod kao: CENTROMETAL CAS 3001

P20 Optočna pumpa, proizvod kao tip Grundfos CRE
 Napajanje=3x380-500 V, 50 Hz
 Radna točka:
 H= 240 kPa
 V= 15 m³/h

P21 Optočna pumpa, proizvod kao Kylem Lowara e-LNE
 Napajanje=3x380-500 V, 50 Hz
 Radna točka:
 H= 140 kPa
 V= 25 m³/h

P22 Optočna pumpa, proizvod kao Wilo Veroline-IPL
 Napajanje=3x380-500 V, 50 Hz
 Radna točka:
 H= 130 kPa
 V= 35 m³/h

P23 Optočna pumpa, proizvod kao Grundfos Magna3
 Napajanje=3x380-500 V, 50 Hz
 Radna točka:
 H= 100 kPa
 V= 20 m³/h

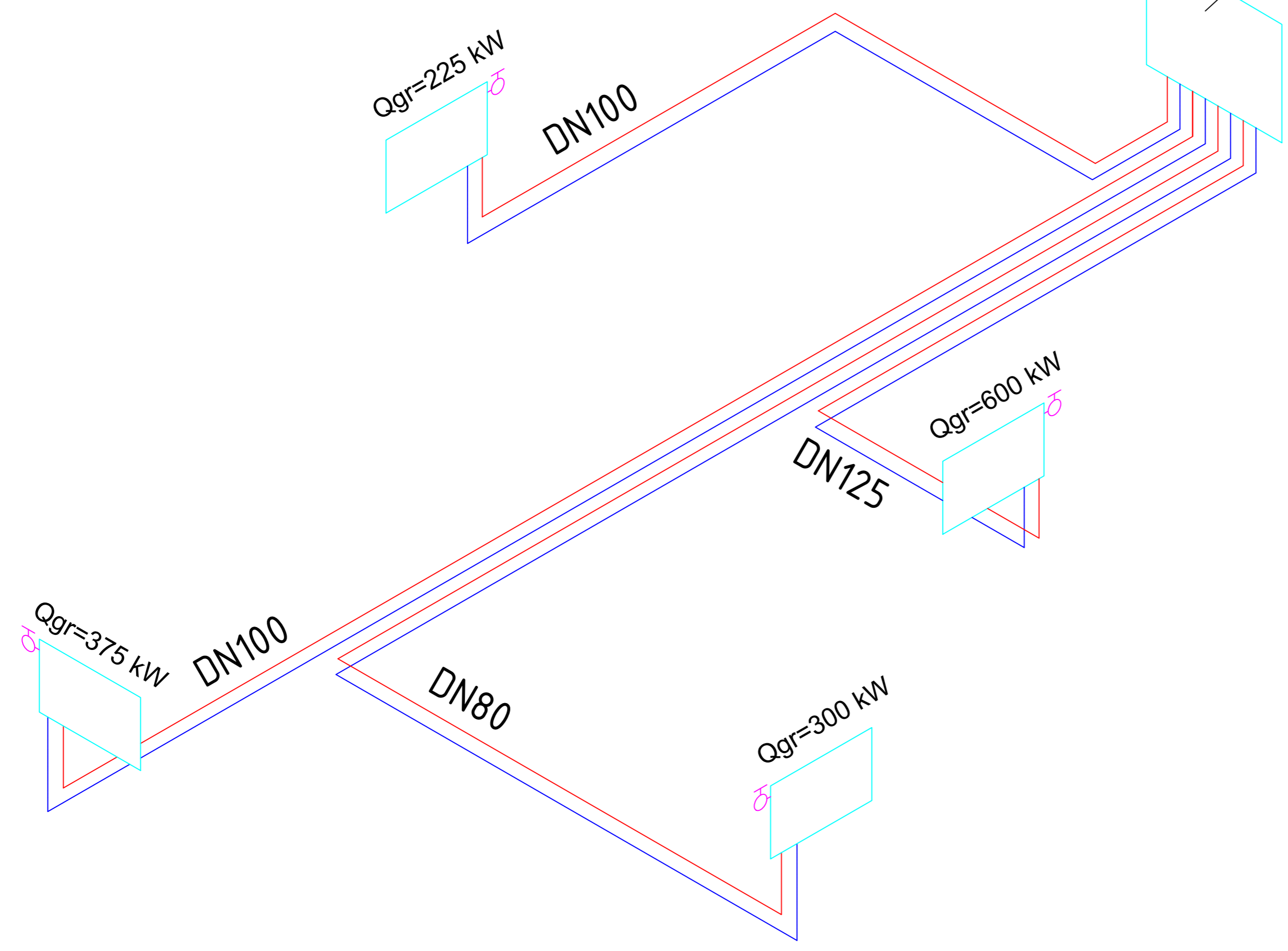
Legenda:

- Polaz
- Povrat
- 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/praznjenje
	Kuglasta slavina		Diferencijalni presostat
	Nepovratna klapna		Odzračnik s ispustom
	Kalorimetar		Ispust
	3-putni miješajući ventil s motornim pogonom		Pločasti izmjenjivač topline
	Leptirasta slavina		Regulator temperature

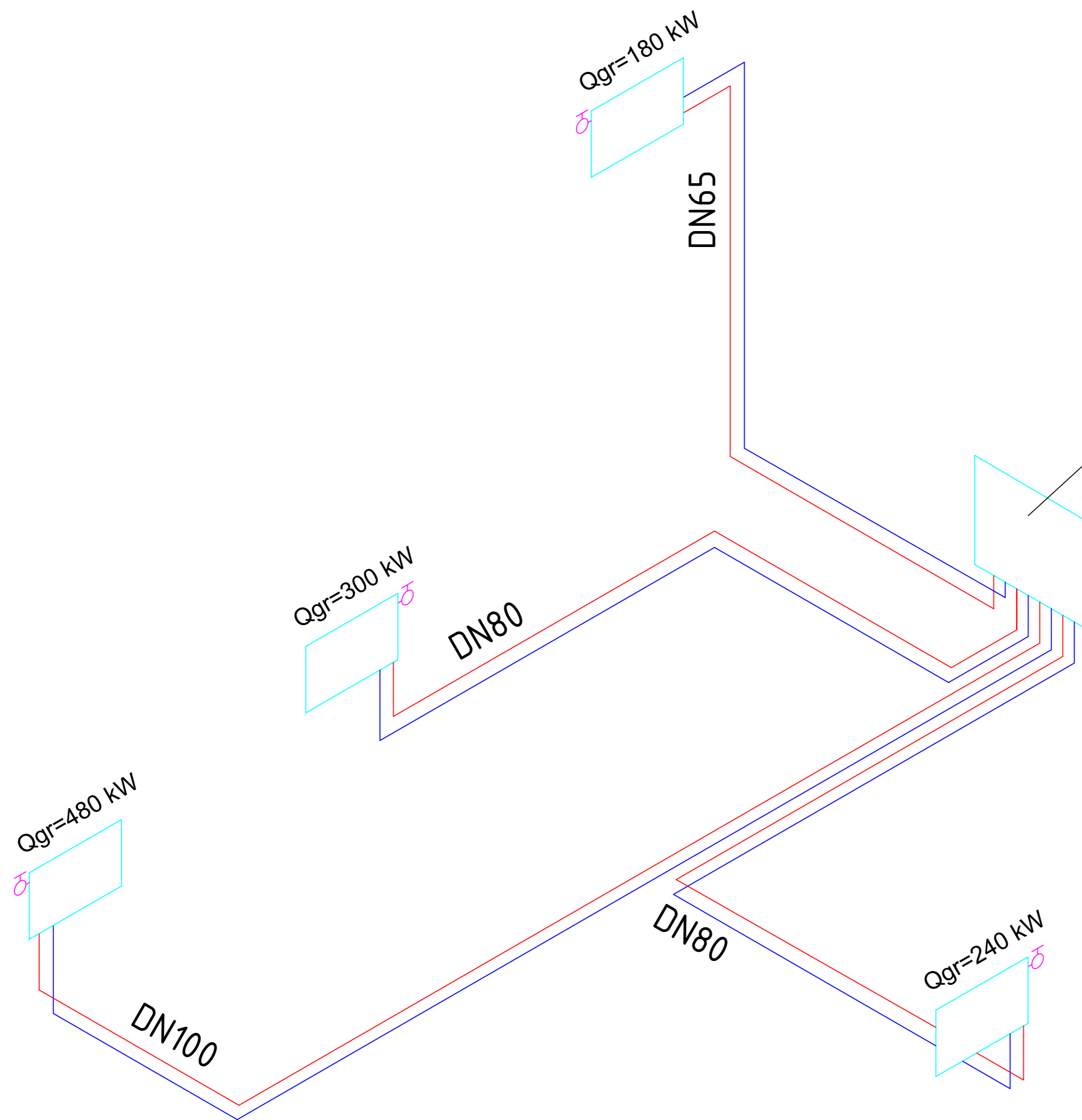
RAZDJELJNIK/SABIRNIK
4 KRUGA GRIJANJA –
ZGRADA G1



Legenda:

- - polazni vod 80 °C
- - dolazni vod 60 °C

Sveučilište Sjever Sveučilišni centar Varaždin Uli. 104. brigade 3, 42000, Varaždin tel: 042 493 338 web: www.unin.hr	 Sveučilište Sjever	MENTOR: prof.dr.sc. Ante Čikić	GLAVNI PROJEKT - PROJEKT STROJARSKIH INSTALACIJA			
		STUDENT: Leonardo Lukavski, bacc.ing.mech.	INVESTITOR: -			
PREGLEDAO: prof.dr.sc. Ante Čikić		GRADEVINA: PROJEKT TOPLOVODA SA TOPLINSKIM PODSTANICAMA ZA GRIJANJE I PTV-e STAMBENIH GRADEVINA				
FAZA PROJEKTA: Glavni projekt		LOKACIJA: Koprivnica				
REV: 00		SADRŽAJ: TLOCRT DISPOZICIJA OPREME SEKUNDARNIH KRUGOVA ZGRADE G1		Z.O.P.:		
DATUM: 07.2024.		T.D.: 109/24		FORMAT: A2	LIST: 01/01	
				MJERILO: 1:250	NACRT: 4.	

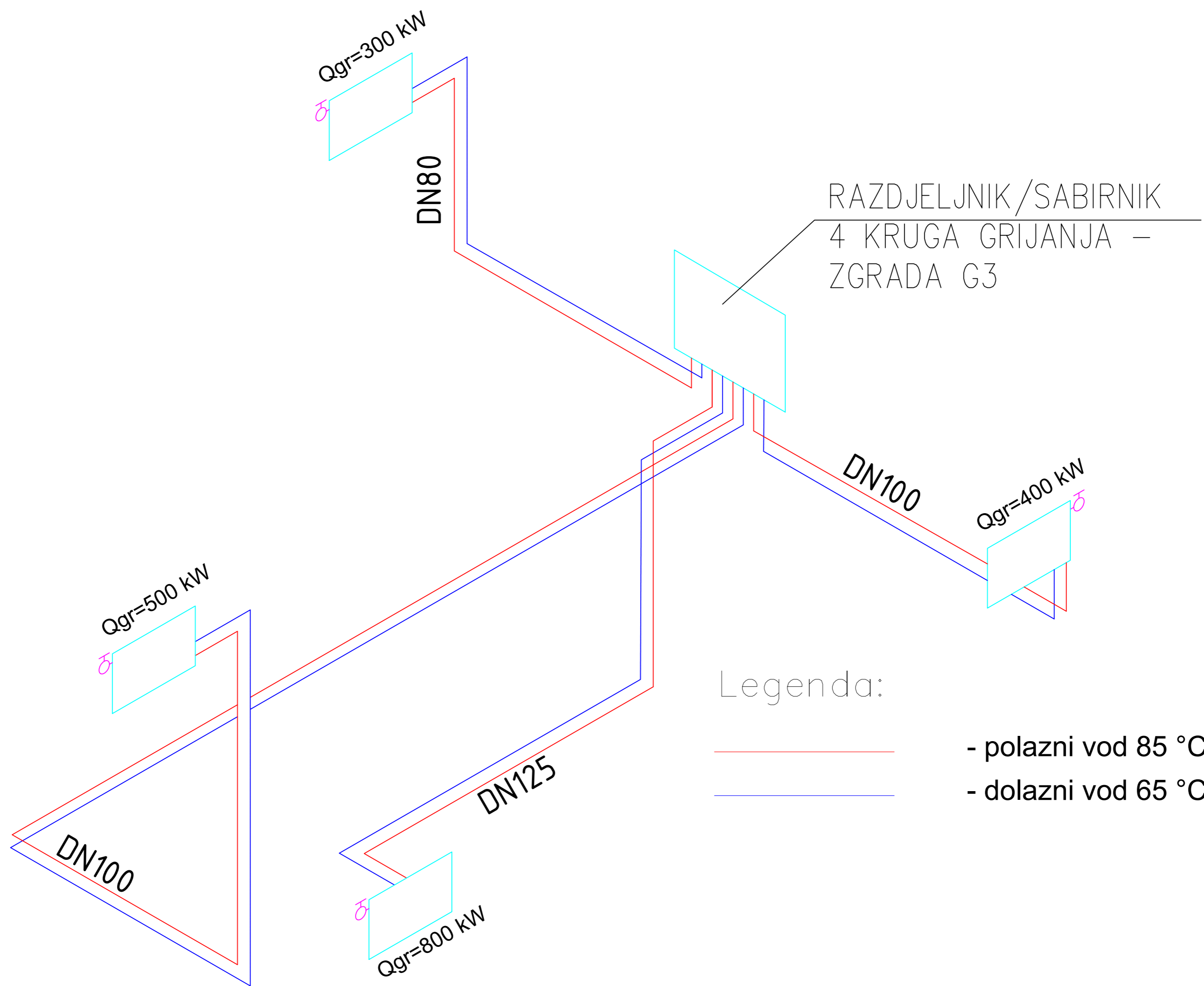


RAZDJELJNIK/SABIRNIK
4 KRUGA GRIJANJA –
ZGRADA G2

Legenda:

- - polazni vod 75 °C
- - dolazni vod 50 °C

Sveučilište Sjever Sveučilišni centar Varaždin Uli. 104. brigade 3, 42000, Varaždin tel: 042 493 338 web: www.unin.hr	 Sveučilište Sjever	MENTOR: prof.dr.sc. Ante Čikić	GLAVNI PROJEKT - PROJEKT STROJARSКИH INSTALACIJA		
		STUDENT: Leonardo Lukavski, bacc.ing.mech.	INVESTITOR: -		
PREGLEDAO: prof.dr.sc. Ante Čikić		GRADEVINA: PROJEKT TOPLOVODA SA TOPLINSKIM PODSTANICAMA ZA GRIJANJE I PTV-e STAMBENIH GRADEVINA		LOKACIJA: Koprivnica	
		FAZA PROJEKTA: Glavni projekt	SADRŽAJ: TLOCRT DISPOZICIJA OPREME SEKUNDARNIH KRUGOVA ZGRADE G2		
		REV: 00	Z.O.P.:	FORMAT: A2	LIST:
DATUM: 07.2024.		T.D.: 109/24	MJERILO: 1:250	01/01	5.



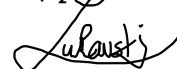
Sveučilište Sjever Sveučilišni centar Varaždin Uli. 104. brigade 3, 42000, Varaždin tel: 042 493 338 web: www.unin.hr		MENTOR: prof.dr.sc. Ante Čikić	GLAVNI PROJEKT - PROJEKT STROJARSKIH INSTALACIJA		
		STUDENT: Leonardo Lukavski, bacc.ing.mech.	INVESTITOR: -		
PREGLEDAO: prof.dr.sc. Ante Čikić		GRADEVINA: PROJEKT TOPLOVODA SA TOPLINSKIM PODSTANICAMA ZA GRIJANJE I PTV-e STAMBENIH GRADEVINA			
FAZA PROJEKTA: Glavni projekt		LOKACIJA: Koprivnica			
REV: 00		SADRŽAJ: TLOCRT DISPOZICIJA OPREME SEKUNDARNIH KRUGOVA ZGRADE G3			
DATUM: 07.2024.		Z.O.P.:	FORMAT: A2	LIST:	NACRT:
		T.D.: 109/24	MJERILO: 1:250	01/01	6.

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, Leonardo Lukavski (*ime i prezime*) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog/specijalističkog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom Projekt toplovođa sa toplinskim podstanicama za grijanje i PTV-e stambenih građevina (*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 mrežnoj bazi 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.