

# Toplovodna energana toplinske snage 4 MW s akumulacijom toplinske energije za grijanje nisko akumulativnog objekta

---

Hrženjak, Karlo

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:122:981705>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-06**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište  
Sjever**

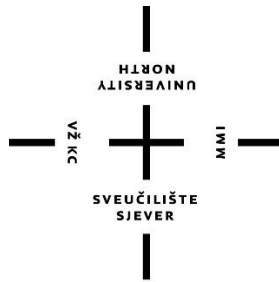
**Diplomski rad br. 110/STR/2024**

**TOPLOVODNA ENERGENA TOPLINSKE SNAGE 4  
MW S AKUMULACIJOM TOPLINSKE ENERGIJE ZA  
GRIJANJE NISKO AKUMULATIVNOG OBJEKTA**

**Karlo Hrženjak, 4163/336D**

Varaždin, rujan 2024. godine





# Sveučilište Sjever

Odjel za strojarstvo

Diplomski rad br. 110/STR/2024

## TOPLOVODNA ENERGENA TOPLINSKE SNAGE 4 MW S AKUMULACIJOM TOPLINSKE ENERGIJE ZA GRIJANJE NISKO AKUMULATIVNOG OBJEKTA

### Student

Karlo Hrženjak, 4163/336D

### Mentor

Prof. dr. sc. Ante Čikić

# Prijava diplomskog rada

## Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za strojarstvo		
STUDIJ	diplomski sveučilišni studij Strojtarstvo		
PRISTUPNIK	Hrženjak Karlo	MATIČNI BROJ	4163/336D
DATUM	23. kolovoza 2024.	KOLEGIJ	KGH sustavi
NASLOV RADA	Toplovodna energana toplinske snage 4 MW s akumulacijom toplinske energije za grijanje nisko akumulativnog objekta		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Hot water power plant with thermal power of 4 MW with storage thermal energy for heating a low-accumulation facility		
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, član, mentor 3. doc.dr.sc. Tomislav Veliki, član 4. doc.dr.sc. Tanja Tomić- rezervni član 5.		

## Zadatak diplomskog rada

BROJ	110/STR/2024
OPIS	<p>Potrebno je projektirati toplovodnu energanu za grijanje proizvodnog nisko akumulativnog objekta velike površine niske gradnje. Predvidjeti akumulaciju toplinske energije u pravilno oblikovanom izoliranom čeličnom spremniku sa svrhom toplinskog akumulacijsko – kompenzacijskog djelovanja u svim fazama grijanja. Pogonsko gorivo je prirodni plin standardnih karakteristika pri priključnom tlaku <math>p = 3</math> bar. Pomoću dodatnog fotonaponskog sustava predvidjeti korištenje sunčeve insolacije u obliku električne energije za djelomično grijanje (dogrijavanje) akumulacijskog spremnika topline te direktno i indirektno grijanje spremnika potrošne tople vode (PTV-e) volumena <math>V = 3000</math> litara (maksimalna temperatura vode <math>60^{\circ}\text{C}</math>). Vanjska projektna temperatura na lokaciji nisko temperaturnog objekta je <math>t_v = -15^{\circ}\text{C}</math>., a unutarnja temperatura se treba održavati <math>t_u = +22^{\circ}\text{C}</math>. Maksimalna potrošnja toplinske energije nisko akumulativnog objekta je <math>Q_{no} = 4,2</math> MWh. Toplinska snaga energane je <math>Q_e = 4</math> MW. Spremnik topline <math>Q_{st} = 24</math> MW (<math>dtw = 40^{\circ}\text{C}</math>). Sekundarni sustavi iz energane – toplifikacijski sustavi nisko akumulativnog objekta: <math>Q_1 = 1,2</math> MWh (<math>dtw_1 = 10^{\circ}\text{C}</math>), <math>Q_2 = 0,8</math> MWh (<math>dtw_2 = 15^{\circ}\text{C}</math>), <math>Q_3 = 0,7</math> MWh (<math>dtw_3 = 22^{\circ}\text{C}</math>), <math>Q_4 = 0,6</math> MWh (<math>dtw_4 = 17^{\circ}\text{C}</math>), <math>Q_5 = 0,9</math> MWh (<math>dtw_5 = 20^{\circ}\text{C}</math>). Maksimalni temperaturni režim rada tople vode kotlova je <math>90/70^{\circ}\text{C}</math>. Statički tlak sustava je <math>p_{stat.} = 0,9</math> bar. Fotonaponski sustav dimenzionirati prema lokalnim insolacijskim uvjetima tijekom godine za korisnu instalacijsku površinu fotonaponskih modula do oko <math>2000</math> m<sup>2</sup>. Električna energija se koristi za pogon</p>

ZADATAK URUČEN 26.08.2024.



# Predgovor

Ovim diplomskim radom je prikazano moje ukupno znanje kroz cjelokupno školovanje te mali dio onoga što sam naučio kroz kratko vrijeme radeći u području termotehnike.

Prije svega bih zahvalio mentoru prof. dr. sc. Anti Čikiću, na trudu i vremenu koje je uložio za pomoć pri izradi diplomskog rada te na stručnim savjetima. Također se zahvaljujem svim profesorima, asistentima i kolegama za svu pomoć i preneseno stručno znanje tokom studija.

Zahvaljujem se upravi i kolegama iz tvrtke „iC artprojekt d.o.o.“ na mogućnosti korištenja njihovih resursa te ponajviše na stečenom znanju. Također se zahvaljujem upravi i kolegama iz tvrtke „ECO Projekt d.o.o.“ u kojoj sam započeo svoje prve korake u termotehnici.

Na kraju bih zahvalio svojim roditeljima koji su mi omogućili studij i podupirali me tokom studiranja te curi, prijateljima, rodbini i svim poznanicima koji su mi bili podrška i motivacija tokom studiranja.

Najveće zahvale mom nedavno preminulom djedu, koji mi je bio najveća podrška u svemu, ne samo u studiranju, i od kojega sam uvijek dobivao najkorisnije savjete.

Deda ovo je za tebe!

## Sažetak

U ovom diplomskom radu obrađeno je projektiranje toplovodne energane za grijanje niskoakumulativnog objekta, s posebnim naglaskom na optimizaciju i dimenzioniranje akumulacijsko-kompenzacijskog spremnika radi osiguranja akumulacije toplinske energije i stabilnosti sustava. Rad se detaljno bavi tehničkim aspektima dizajna i proračunima svih ključnih komponenti sustava.

U uvodnom dijelu rada opisani su teorijski koncepti vezani uz rad toplovodnih energana te princip rada akumulacijskih sustava. Poseban fokus stavljen je na različite metode akumulacije toplinske energije.

Nakon teorijskog uvoda, rad se fokusira na detaljan opis glavnih komponenata toplovodne energane te na proračune potrebne za dimenzioniranje svake od komponenti.

Završni dio rada uključuje analizu integracije fotonaponskog sustava u energanu, gdje je izvršeno dimenzioniranje fotonaponskih panela prema lokalnim insolacijskim uvjetima. Također, prikazana je ušteda nakon implementacije fotonaponske elektrane.

Na kraju rada priložene su sve tehničke specifikacije pojedinih komponenti, kao i hidraulička shema sustava te 3D prikaz spajanja sheme. Ove tehničke ilustracije omogućuju bolji pregled rada sustava i olakšavaju razumijevanje kompleksnih procesa unutar toplovodne energane. Rad pruža detaljan tehnički uvid u projektiranje i optimizaciju suvremenih energetske sustava za grijanje niskoakumulativnih objekata.

**Ključne riječi:** toplovodna energana, akumulacija toplinske energije, akumulacijsko-kompenzacijski spremnik, niskoakumulativni objekt, BIM, 3D prikaz, projektiranje, hidraulička shema, Autodesk Revit

## Summary

This thesis addresses the design of a hot water power plant for heating low thermal mass buildings, with a special emphasis on the optimization and dimensioning of the thermal storage buffer tank to ensure thermal energy storage and system stability. The thesis thoroughly explores the technical aspects of design and calculations for all key system components.

The introductory section of the thesis describes theoretical concepts related to the operation of hot water power plants and the principles of thermal energy storage systems. Special focus is placed on different methods of thermal energy storage.

Following the theoretical introduction, the thesis focuses on a detailed description of the main components of the hot water power plant and the calculations necessary for the dimensioning of each component.

The final part of the thesis includes an analysis of the integration of a photovoltaic system into the power plant, where the photovoltaic panels were dimensioned according to local insolation conditions. Additionally, the savings achieved after the implementation of the photovoltaic power plant are presented.

At the end of the thesis, all technical specifications of the individual components are provided, as well as a hydraulic system diagram and a 3D visualization of the system connections. These technical illustrations provide a better overview of the system's operation and facilitate understanding of the complex processes within the hot water power plant. The thesis offers a detailed technical insight into the design and optimization of modern energy systems for heating low thermal mass buildings.

**Keywords:** hot water power plant, thermal energy storage (TES), thermal storage buffer tank, low thermal mass building, BIM, 3D visualization, design, hydraulic diagram, Autodesk Revit



## Popis korištenih kratica

$Q$	Toplinski kapacitet [kW]
$m$	masa [kg]
$c_p$	specifični toplinski kapacitet $\left[ \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \right]$
$\Delta T$	temperaturna razlika [K]
$L$	latentna toplina, energija za promjenu faze pri konstantnoj temperaturi $\left[ \frac{\text{J}}{\text{kg}} \right]$
<b>PCM</b>	eng. „ <i>Phase Change Materials</i> “ = hrv. „ <i>Materijali za promjenu faza</i> “ (agregatnog stanja)
$\Delta H$	entalpija reakcije $\left[ \frac{\text{J}}{\text{mol}} \right]$
$n$	broj molova reaktanta uključenih u reakciju
<b>TES</b>	eng. „ <i>Thermal Energy Storage</i> “ = hrv. „ <i>Akumulacija toplinske energije</i> “
$^{\circ}\text{C}$	stupanj Celzijev – mjerna jedinica temperature
<b>MWh</b>	Megawatt-sat
<b>MW</b>	Megawatt
<b>bar</b>	mjerna jedinica tlaka = $10^5$ Pa
$\Delta\theta_{w_n}$	temperaturna razlika polaznog i povratnog voda tople vode [ $^{\circ}\text{C}$ ]
<b>PTV</b>	potrošna topla voda
$\dot{m}$	maseni protok [kg/s]
$\dot{V}$	volumni protok [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]
$\rho$	gustoća fluida [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]
$D$	minimalni promjer cjevovoda [m]
$\pi$	matematička konstanta = 3,14
$w$	brzina strujanja fluida [m/s]
$\Delta p$	pad tlaka [Pa]
$\zeta$	koeficijent gubitaka, za ravne cijevi kružnog presjeka iznosi: $\zeta = \lambda \frac{l}{d}$
$\lambda$	koeficijent trenja [-]
$l$	duljina cijevi [m]
$d$	promjer cijevi [m]
$A$	površina cijevi [ $\text{m}^2$ ]

$k$	hrapavost cijevi [m]
$Re$	Reynoldsov broj [-]
$V_s$	volumen spremnika [L]
$C$	kapacitet spremnika u kW
$c$	spec. topl. kapacitet vode = $1,16 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kWh}}{\text{K}}$
$b$	faktor dodatka zbog mrtvo prostora ispod površine rezervoara $\approx 1,1 \dots 1,2$
$V_{\text{cijevi}}$	volumen vode u cijevnom razvodu [L]
$V_{\text{uk}}$	ukupni volumen vode u sustavu [L]
$\beta$	koeficijent ekspanzije vode [%]
$p_{\text{stat}}$	statički tlak sustava [bar]
$r$	polumjer spremnika [m]
$h$	promjena visine stupca vode zbog ekspanzije [m]
$h_{\text{stat}}$	visina stupca vode [m]
$g$	ubrzanje sile teže [ $\text{m/s}^2$ ]
$h_{\text{ukupno}}$	ukupna visina spremnika [m]
$K_v$	koeficijent protka ventila
$G$	maseni protok [kg/h]
$\Delta p_{\text{sekundarno}}$	pad tlaka u sekundarnom krugu [kPa]
$\Delta p_{\text{ventila}}$	pad tlaka na ventilu [kPa]
<b>HVAC</b>	eng. „ <i>Heating Ventilation and Air Conditioning</i> “ = hrv. „ <i>Grijanje, Hlađenje Ventilacija</i> “
<b>DC</b>	istosmjerna struja
<b>AC</b>	izmjenična struja

# Sadržaj

1.	Uvod.....	1
2.	Teorijske osnove toplovodnih energana .....	3
2.1.	Osnovni principi rada toplovodnih energana .....	3
2.2.	Proizvodnja toplinske energije .....	3
2.3.	Distribucija toplinske energije .....	3
2.4.	Regulacija i kontrola sustava.....	4
2.5.	Ekonomska i ekološka učinkovitost .....	4
2.6.	Akumulacija toplinske energije – teorijski koncepti i primjena .....	6
2.6.1.	<i>Senzibilna toplinska akumulacija</i> .....	6
2.6.2.	<i>Latentna toplinska akumulacija</i> .....	9
2.6.3.	<i>Termokemijska akumulacija</i> .....	12
2.6.4.	<i>Solarna energija i akumulacija toplinske energije</i> .....	15
3.	Projektiranje toplovodne energane.....	18
3.1.	Dimenzioniranje glavnih komponenti energane .....	20
3.1.1.	<i>Dimenzioniranje cjevovoda</i> .....	20
3.1.2.	<i>Brzina strujanja fluida u cjevovodu</i> .....	23
3.1.3.	<i>Proračun padova tlaka</i> .....	26
3.1.4.	<i>Volumen vode u razvodu grijanja</i> .....	30
3.1.5.	<i>Volumen vode u spremniku</i> .....	31
3.1.6.	<i>Ukupni volumen vode u sustavu</i> .....	31
3.1.7.	<i>Dimenzioniranje spremnika</i> .....	32
3.1.8.	<i>Određivanje koeficijenta ekspanzije vode</i> .....	32
3.1.9.	<i>Proračun dimenzija spremnika</i> .....	33
3.1.10.	<i>Dimenzioniranje razdjelnika</i> .....	34
3.1.11.	<i>Odabir kotla</i> .....	37
3.1.12.	<i>Odabir spremnika potrošne tople vode</i> .....	41
3.1.13.	<i>Odabir električnih grijača</i> .....	43
3.1.14.	<i>Odabir troputnih ventila</i> .....	46
3.1.15.	<i>Odabir prestrujnog ventila</i> .....	51
3.1.16.	<i>Odabir balansirajućih ventila</i> .....	55
3.1.17.	<i>Odabir pumpi</i> .....	59
4.	Integracija fotonaponskog sustava .....	63
4.1.	Dimenzioniranje fotonaponskog sustava prema lokalnim insolacijskim uvjetima .....	63
4.2.	Analiza utjecaja fotonaponskog sustava na ukupnu energetske bilancu.....	64
5.	Dispozicija opreme i grafički prikazi.....	66
6.	Energetska učinkovitost i ekonomska analiza .....	67
6.1.1.	<i>Integracija fotonaponskih sustava u sustave grijanja</i> .....	67
6.2.	Izračun energetske učinkovitosti sustava tijekom sezone grijanja.....	69
6.3.	Prikaz udjela obnovljive energije u ukupnoj potrošnji energane .....	74
7.	Zaključak.....	75
8.	Literatura.....	76

# 1. Uvod

Grijanje niskoakumulativnih objekata predstavlja specifičan izazov u području energetike zbog karakteristika ovih objekata i zahtjeva za optimalnom distribucijom toplinske energije. Niskoakumulativni objekti su građevine (najčešće plastenici i/ili staklenici velikih uzgojnih površina različitih kultura voća, povrća ili cvijeća) koje, zbog svojih materijala, načina gradnje i namjene, imaju ograničenu sposobnost zadržavanja topline. Zbog toga se u ovim objektima javlja potreba za sustavima višezonskog grijanja koji mogu brzo reagirati na promjene u vanjskim i unutarnjim uvjetima, osiguravajući stalnu potrebnu temperaturu zraka unutar različitih zona u objektu.

Niskoakumulativni objekti obično se sastoje od laganih građevinskih materijala, poput tankih čeličnih konstrukcija ili montažnih elemenata s minimalnim masom, što im omogućava brzu izgradnju i nisku cijenu. Međutim, upravo ti materijali imaju nisku toplinsku masu, što znači da ne mogu zadržavati toplinu na način na koji to čine masivni materijali poput betona ili opeke. Kao rezultat toga, niskoakumulativni objekti brzo gube toplinu kada grijanje nije aktivno, što može dovesti do velikih oscilacija unutarnje temperature zraka.

Zbog ovih karakteristika, konvencionalni sustavi grijanja koji se oslanjaju na sporiji prijenos topline kroz masivne zidove ili podove nisu primjenjivi za niskoakumulativne objekte. Umjesto toga, potrebno je koristiti sustave koji mogu brzo reagirati na zahtjeve za toplinskom energijom, čime se minimiziraju temperaturne oscilacije i osigurava ugodna klima unutar objekta. Ovo predstavlja značajan izazov, posebno u klimatskim područjima s velikim varijacijama vanjske temperature.

Kako bi se zadovoljili zahtjevi grijanja niskoakumulativnih objekata, potrebna su inovativna rješenja koja kombiniraju različite tehnologije i energetske izvore. Jedno od potencijalnih rješenja je primjena toplovodnih energana u kombinaciji s akumulacijskim spremnicima toplinske energije. U toplovodnoj energani omogućava se centralizirana proizvodnju topline, koja se putem cjevovoda distribuira do različitih dijelova objekta.

Neophodna komponenta u ovom sustavu je akumulacijski spremnik toplinske energije. Akumulacijsko-kompenzacijski spremnik ima ulogu održavanja hidrauličke i temotehničke ravnoteže između sekundarnog i primarnog toplinskog kruga. Potreba akumulacije toplinske energije s kompenzacijskim djelovanjem izražena je kod toplifikacijskih sustava s velikim omjerom količine vode u sekundarnom u odnosu na primarni krug i/ili u sustavima s izraženom inercijom pokretanja i zaustavljanja postrojenja naročito pri brzim zahtjevima niskoakumulativnih objekata za toplinskom energijom pri niskim vanjskim temperaturama zraka. Uključivanjem sustava grijanja i korištenjem akumulirane toplinske energije u izoliranom spremniku bitno se

ublažava ili čak otklanja promjena unutarnje temperature zraka unutar dopuštenih granica. Porastom vanjske temperature zraka i isključivanjem sustava grijanja višak toplinske energije sekundarnog sustava akumulira se u spremnik bez prekomjernog rasta temperature tople vode u primarnom krugu. Pored toga, integracija fotonaponskih sustava za proizvodnju električne energije pruža dodatne mogućnosti za smanjenje potrošnje fosilnih goriva, čime se povećava energetska učinkovitost i održivost cijelog sustava.

Ovim radom obrađeno je projektiranje toplovodne energane toplinske snage 4 MW koja uključuje akumulacijski spremnik za grijanje niskoakumulativnog objekta. Prikazana je mogućnosti korištenja obnovljivih izvora energije, posebice fotonaponskih sustava, za dodatno smanjenje potrošnje primarnih energenata i povećanje održivosti sustava grijanja. Kroz detaljnu analizu prikazan je pravilno projektiran sustav i njegov doprinos stabilnom grijanju uz minimalne energetske gubitke.

Suvremeni toplinski sustavi za grijanje niskoakumulativnih objekata razvijeni su s ciljem postizanja maksimalne energetske učinkovitosti i prilagodljivosti promjenjivim uvjetima korištenja. Jedno od najznačajnijih rješenja je primjena hibridnih sustava grijanja koji kombiniraju različite izvore energije, kao što su prirodni plin, električna energija iz obnovljivih izvora, te akumulacija toplinske energije.

Toplovodne energane, koje koriste centraliziranu proizvodnju topline i distribuciju energije cjevovodima, često su povezane s akumulacijskim spremnicima koji omogućuju pohranu viška energije. Ova rješenja su posebno pogodna za niskoakumulativne objekte jer omogućavaju brzo prilagođavanje toplinskih tokova promjenjivim potrebama. U kombinaciji s modernim regulacijskim sustavima, koji omogućuju precizno upravljanje temperaturama svih medija u različitim dijelovima objekta, postiže se visoka razina komfora i energetske učinkovitosti.

Dodatno, sve se više koriste sustavi koji integriraju obnovljive izvore energije, kao što su solarni kolektori i fotonaponski paneli. Solarni kolektori omogućuju korištenje sunčeve energije za zagrijavanje vode u sustavu grijanja, dok fotonaponski paneli proizvode električnu energiju koja se može koristiti za pogon toplinskih pumpi ili direktno grijanje. Time se značajno smanjuje potreba za fosilnim gorivima i povećava održivost sustava.

Korištenjem različitih energijskih izvora osigurava se pouzdanost i stabilnosti sustava, posebno tijekom razdoblja niskih vanjskih temperatura kada je potreba za grijanjem najveća. U tom kontekstu, akumulacijski spremnici omogućavaju pohranu toplinske energije tijekom dana, koja se može koristiti tijekom noći ili u razdobljima kada sunčeve energije nema dovoljno.

## **2. Teorijske osnove toplovodnih energana**

### **2.1. Osnovni principi rada toplovodnih energana**

Toplovodne energane predstavljaju ključni segment modernih sustava za proizvodnju i distribuciju toplinske energije, posebno u kontekstu grijanja velikih zgrada i industrijskih objekata. Osnovni princip rada ovih energana temelji se na centraliziranoj proizvodnji topline, koja se distribuira cjevovodnim sustavom, ispunjenim vodom kao prijenosnikom topline, do korisnika u zgradama ili drugim objektima. [1]

### **2.2. Proizvodnja toplinske energije**

U toplovodnim energanama toplinska energija se najčešće proizvodi izgaranjem fosilnih goriva kao što su prirodni plin, nafta ili ugljen. Međutim, sve se više koriste i obnovljivi izvori energije poput biomase, geotermalne energije, te solarnih termalnih sustava. U procesu izgaranja goriva oslobađa se toplina koja se prenosi na vodu koja se grije kroz kotlove energane. [1]

Kotao je središnji element energane i služi najčešće za pretvorbu korisne energije goriva u toplinsku energiju (topla/vrela voda). Voda se zagrijava do određene temperature (obično između 70°C i 120°C, ovisno o sustavu) i zatim se pumpama transportira kroz primarne i sekundarne cjevovode do krajnjih korisnika. Temperatura vode i tlak sustava moraju biti pažljivo kontrolirani kako bi se osigurao siguran i učinkovit rad sustava. [1]

### **2.3. Distribucija toplinske energije**

Zagrijana voda, se pumpama distribuira kroz manje ili više složen toplovodni sustav. Glavnim cjevovodima toplinska energija (topla voda) distribuira se do različitih zgrada i sekundarnim sustavima unutar svake zgrade do pojedinačnih ogrjevnih (tijela radijatora, podnog grijanja, zračnih grijača) ili drugih uređaja kojima se prenosi toplina u prostorije. [1]

Distribucijski sustavi mogu biti koncipirani kao jednocjevni ili dvocijevni. U jednocjevnom sustavu, topla voda se kontinuirano kreće kroz sve radijatore u seriji, što može dovesti do nejednake raspodjele topline. Dvocijevni sustav, koji je češći u modernim instalacijama,

omogućava povrat ohlađene vode natrag u kotao putem zasebne cijevi, što omogućuje bolju kontrolu temperature ogrjevnog medija i ravnomjernu distribuciju topline. [1]

## **2.4. Regulacija i kontrola sustava**

Upravljanje toplinskom energijom u toplovodnim energanama zahtijeva sofisticirane regulacijske sustave. Glavni zadatak regulacije je održavanje potrebne temperature vode unutar određenih granica, upravljanje tlakom unutar sustava te prilagodba proizvodnje topline stvarnim potrebama korisnika.

Moderni sustavi koriste automatizirane kontrolne sustave koji se sastoje od senzora, upravljačkih jedinica i aktuatora. Senzori kontinuirano mjere temperaturu, tlak i protok vode u sustavu, a podaci se šalju upravljačkoj jedinici koja na temelju tih podataka provodi potrebne korekcije. Na primjer, ako senzor otkrije pad temperature ogrjevnog medija, upravljačka jedinica može povećati dotok goriva u kotao kako bi se povisila temperatura vode.

Jedan od ključnih elemenata regulacije je i akumulacija toplinske energije. Akumulacijski spremnici omogućuju pohranu viška topline koja se proizvodi kada su smanjene potrebe za grijanjem. Pohranjena energija se koristi u razdobljima veće potrošnje, čime se smanjuju oscilacije u radu energane i povećava njena učinkovitost. [1]

## **2.5. Ekonomska i ekološka učinkovitost**

Toplovodne energane, osobito one koje koriste obnovljive izvore energije ili kombiniraju više izvora, predstavljaju ekonomski isplativ i ekološki održiv način proizvodnje toplinske energije. Smanjenje ovisnosti o fosilnim gorivima i integracija obnovljivih izvora energije, kao što su solarni termalni sustavi i biomasa, omogućavaju smanjenje emisija stakleničkih plinova i drugih zagađivača.

Ekonomska učinkovitost toplovodnih energana također ovisi o njihovoj sposobnosti prilagođavanja promjenjivim uvjetima opterećenja, kao i o optimizaciji rada kroz integraciju naprednih sustava upravljanja. Akumulacija toplinske energije ima ključnu ulogu u povećanju ekonomske učinkovitosti, omogućujući postrojenju da radi stabilnije i sa smanjenim vršnim opterećenjima. [1]

Kombinacija ovih faktora čini toplovodne energane ključnim komponentama modernih energetske sustava, posebno u urbanim područjima gdje je potreba za centraliziranim sustavima grijanja i hlađenja izražena. [1]



*Slika 1 - Akumulacijski spremnik 70 m<sup>3</sup> u Lepoglavi [2]*



## 2.6. Akumulacija toplinske energije – teorijski koncepti i primjena

Akumulacija toplinske energije se može provesti na različite načine, ovisno o mediju koji se koristi za pohranu toplinske energije i prirodi pohranjene topline. Glavne metode akumulacije toplinske energije su senzibilna, latentna i termokemijska akumulacija topline.

### 2.6.1. Senzibilna toplinska akumulacija

Senzibilna toplinska akumulacija energije jedan je od temeljnih načina skladištenja toplinske energije, koji se temelji na promjeni temperature medija za skladištenje bez promjene njegove faze. Ova metoda skladištenja koristi se u raznim primjenama gdje je potrebno pohraniti toplinsku energiju tijekom razdoblja niže potražnje i osloboditi je kada je potražnja za energijom veća. U sljedećem tekstu analizirat ćemo osnovne koncepte, materijale, prednosti, nedostatke i primjenu senzibilne toplinske akumulacije energije.

#### □ Osnovni koncepti senzibilne toplinske akumulacije

Senzibilna toplinska akumulacija temelji se na pohrani energije kroz promjenu temperature materijala za skladištenje. Materijal apsorbira ili oslobađa energiju kada mu se temperatura povećava ili smanjuje, bez promjene njegove agregatne faze (npr. iz čvrste u tekuću). Količina pohranjene energije ovisi o specifičnom toplinskom kapacitetu materijala, njegovoj masi i temperaturnoj razlici između početnog i krajnjeg stanja.

Matematički, energija pohranjena u senzibilnom toplinskom akumulatoru može se izraziti kao:

$$Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T \quad (2.1.)$$

Gdje je:

$Q$  Toplinski kapacitet [kW]

$m$  masa [kg]

$c_p$  specifični toplinski kapacitet  $\left( \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \right)$

$\Delta T$  temperaturna razlika [K]

## □ **Mediji za senzibilnu toplinsku akumulaciju**

Materijali koji se koriste za senzibilnu toplinsku akumulaciju moraju imati visoki specifični toplinski kapacitet kako bi mogli pohraniti što više energije po jedinici mase. Najčešće korišteni materijali uključuju:

**Voda:** Voda je jedan od najčešće korištenih materijala zbog svog visokog specifičnog toplinskog kapaciteta (oko 4,18 kJ/kg·K), dostupnosti i niske cijene. Koristi se u širokom rasponu primjena, od grijanja prostora do solarnih sustava.

**Kamene i betonske mase:** Ovi materijali imaju umjeren specifični toplinski kapacitet (oko 0,84 kJ/kg·K za beton), ali zbog njihove velike gustoće mogu pohraniti značajnu količinu energije po jediničnom volumenu. Često se koriste u velikim sustavima za skladištenje topline, kao što su solarne toplinske elektrane.

**Ulja:** Sintetička i mineralna ulja koriste se u sustavima gdje su potrebne visoke temperature skladištenja. Ulja imaju niži specifični toplinski kapacitet od vode, ali mogu postići veće temperature bez prelaska u plinovitu fazu, što ih čini pogodnima za industrijske primjene.

## □ **Prednosti senzibilne toplinske akumulacije**

Senzibilna toplinska akumulacija nudi nekoliko ključnih prednosti:

**Jednostavnost i pouzdanost:** Ovi sustavi su relativno jednostavni za implementaciju i održavanje jer ne uključuju složene kemijske reakcije ili promjene faze. Zbog toga su pouzdani i dugotrajni.

**Širok raspon primjena:** Mogu se koristiti u različitim temperaturnim rasponima, što ih čini pogodnima za širok spektar primjena, uključujući grijanje prostora, hlađenje, industrijske procese i solarne sustave.

**Niski troškovi:** U usporedbi s nekim drugim tehnologijama skladištenja energije, senzibilna toplinska akumulacija često ima niže početne troškove zbog jednostavnosti materijala i dizajna sustava.

## □ **Nedostaci**

Unatoč brojnim prednostima, senzibilna toplinska akumulacija ima određene nedostatke:

**Velika potrebna masa i volumen:** Da bi se pohranila značajna količina energije, potrebne su velike količine materijala, što može povećati veličinu i troškove skladišnih sustava.

**Ograničen kapacitet po jedinici volumena:** U usporedbi s latentnom toplinskom akumulacijom, senzibilna akumulacija može pohraniti manje energije po jedinici volumena, što može ograničiti njenu primjenu u situacijama gdje je prostor ograničen.

**Gubici energije:** Dugoročno skladištenje energije može dovesti do gubitaka zbog prijenosa topline s okolinom, osobito u sustavima s neadekvatnom izolacijom.

□ **Primjene senzibilne toplinske akumulacije**

Senzibilna toplinska akumulacija koristi se u raznim industrijama:

**Grijanje i hlađenje zgrada:** Voda i betonski materijali često se koriste u sustavima za grijanje i hlađenje zgrada kako bi se energija što bolje iskoristila i smanjili troškovi.

**Solarni toplinski sustavi:** U solarnim toplinskim elektranama, senzibilna toplinska akumulacija omogućava pohranu topline prikupljene tijekom dana, koja se zatim može koristiti za proizvodnju električne energije tijekom noći ili u oblačnim danima.

**Industrijski procesi:** Mnogi industrijski procesi zahtijevaju stabilne izvore toplinske energije, a senzibilna toplinska akumulacija omogućava uravnoteženje opskrbe energijom i smanjenje troškova goriva.

Senzibilna toplinska akumulacija energije vrlo je bitna u suvremenim energetske sustavima, omogućava učinkovitije korištenje energije i smanjenje utjecaja na okoliš. Iako postoje određena ograničenja u pogledu gustoće pohranjene energije i potrebne količine materijala, prednosti kao što su jednostavnost, pouzdanost i široka primjena čine je vrijednim alatom u postizanju održivih energetske ciljeva.

## 2.6.2. Latentna toplinska akumulacija

Latentna toplinska akumulacija energije je naprednu i efikasnu metodu akumulacije energije koja se temelji na korištenju promjene faze materijala za pohranu energije. Ova tehnologija se razlikuje od drugih zbog svoje sposobnosti da pohrani značajnu količinu energije u relativno malom volumenu, što je čini idealnom za primjene gdje je prostor ograničen ili gdje su potrebni veliki kapaciteti akumulacije toplinske energije. [3]

### □ Osnovni koncepti latentne toplinske akumulacije

Latentna toplinska akumulacija temelji se na korištenju topline koja se apsorbira ili oslobađa tijekom promjene faze materijala za skladištenje, najčešće iz čvrstog u tekuće stanje ili iz tekućeg u plinovito stanje. Za razliku od senzibilne toplinske akumulacije, gdje se energija akumulira promjenom temperature medija, latentna toplinska akumulacija koristi toplinu koja nastaje promjenom faze, bez promjene temperature medija tijekom same promjene faze.

Matematički, energija pohranjena u latentnoj toplinskoj akumulaciji može se izraziti kao: [3]

$$Q = m \cdot L \quad (2.2.)$$

Gdje je:

$m$  masa [kg]

$L$  latentna toplina, energija za promjenu faze pri konstantnoj temperaturi  $\left( \frac{\text{J}}{\text{kg}} \right)$

### □ Materijali za latentnu toplinsku akumulaciju

Materijali koji se koriste u latentnoj toplinskoj akumulaciji nazivaju se materijali za promjenu faze (PCM – Phase Change Materials). Ovi materijali prolaze kroz promjenu faze pri određenim temperaturama, omogućujući pohranu ili oslobađanje velike količine energije. Najčešće korišteni PCM-ovi uključuju:

**Parafine:** Parafini su organski PCM-ovi koji su široko dostupni i koriste se u raznim primjenama zbog svoje stabilnosti i mogućnosti prilagodbe temperature promjene faze. Imaju relativno visoku latentnu toplinu, što ih čini učinkovitim za pohranu energije u srednje-temperaturnim režimima.

**Solne hidrate:** Solni hidrati su anorganski PCM-ovi koji imaju visoku latentnu toplinu i često se koriste u aplikacijama gdje su potrebne visoke temperature promjene faze. Njihova prednost

leži u njihovoj visokoj gustoći energije i mogućnosti jednostavne implementacije u građevinske materijale.

**Masne kiseline:** Masne kiseline su još jedan primjer organskih PCM-ova koji se koriste kada je potrebna stabilnost i biokompatibilnost. One su ekološki prihvatljive i mogu se koristiti u kombinaciji s drugim materijalima za povećanje učinkovitosti akumulacije.

#### □ **Prednosti latentne toplinske akumulacije**

1. **Visoka gustoća energije:** Zbog korištenja latentne topline, ovi sustavi mogu pohraniti mnogo više energije po jedinici volumena u usporedbi sa senzibilnom toplinskom akumulacijom. To ih čini idealnim za primjene gdje je prostor ograničen, poput zgrada ili prijenosnih uređaja.
2. **Stabilna temperatura skladištenja:** Tijekom promjene faze, održavaju stabilnu temperaturu, što je korisno kada je potrebna konstantna temperatura za optimalan rad sustava, npr. primjena u medicinskom ili elektroničkom sektoru.
3. **Fleksibilnost u dizajnu:** PCM-ovi se mogu ugraditi u različite oblike i materijale, omogućujući širok spektar dizajnerskih rješenja. Na primjer, mogu se koristiti u zidovima zgrada kako bi se poboljšala energetska učinkovitost ili u vozilima za regulaciju temperature. [3]

#### □ **Nedostaci**

1. **Problemi s dugoročnom stabilnošću:** PCM-ovi mogu pokazati pad učinkovitosti tijekom vremena, osobito nakon višestrukih ciklusa promjene faze. Ovo može smanjiti njihovu učinkovitost i pouzdanost u dugoročnoj upotrebi.
2. **Faza superhlađenja:** Neki PCM-ovi mogu prolaziti kroz fenomen superhlađenja, gdje materijal ostaje u tekućem stanju ispod temperature promjene faze, što može utjecati na pouzdanost i učinkovitost akumulacije.
3. **Visoki troškovi:** Iako su PCM-ovi vrlo učinkoviti, njihovi troškovi mogu biti viši u usporedbi s materijalima za senzibilnu toplinsku akumulaciju, što može ograničiti njihovu primjenu u projektima s ograničenim proračunom.

#### □ **Primjene latentne toplinske akumulacije**

Latentna toplinska akumulacija nalazi primjenu u mnogim industrijama i tehnologijama:

**Građevinska industrija:** PCM-ovi se koriste za poboljšanje energetske učinkovitosti zgrada. Ugrađuju se u građevinske materijale poput zidova, stropova ili podova, gdje pomažu u održavanju ugodne unutarnje temperature, smanjujući potrebu za grijanjem ili hlađenjem.

**Elektronika:** PCM-ovi se koriste za regulaciju temperature u elektroničkim uređajima, posebno u onima koji generiraju puno topline, poput računala ili mobilnih uređaja. Oni omogućuju apsorpciju viška topline, čime se sprječava pregrijavanje i produžuje vijek trajanja uređaja.

**Transport i logistika:** Latentna toplinska akumulacija koristi se za kontrolu temperature u transportu osjetljive robe poput lijekova ili hrane. PCM-ovi omogućuju održavanje stabilne temperature unutar transportnih kontejnera, osiguravajući da proizvodi stignu na odredište u optimalnom stanju.

**Obnovljivi izvori energije:** U solarnoj energiji, PCM-ovi se koriste za skladištenje topline prikupljene tijekom sunčanih sati i njezino oslobađanje tijekom noći ili oblačnih dana, čime se povećava učinkovitost i pouzdanost solarnih elektrana. [3]

### 2.6.3. Termokemijska akumulacija

Termokemijska akumulacija energije je jedan od najnaprednijih i najperspektivnijih načina skladištenja energije, koji koristi reverzibilne kemijske reakcije za pohranu i oslobađanje toplinske energije. Ova metoda skladištenja energije temelji se na činjenici da se tijekom kemijskih reakcija može apsorbirati ili osloboditi velika količina energije, što je čini izuzetno efikasnom, posebno u slučajevima gdje su potrebni veliki kapaciteti akumulacije i dugotrajno skladištenje bez značajnih gubitaka. [3]

#### □ Osnovni koncepti termokemijske akumulacije energije

Termokemijska akumulacija energije temelji se na pohrani energije putem kemijskih reakcija koje su reverzibilne. To znači da energija može biti pohranjena razbijanjem kemijskih veza (endotermna reakcija) i kasnije oslobođena ponovnim spajanjem tih veza (egzotermna reakcija). Ove reakcije obično uključuju promjenu agregatnog stanja ili ponovno slaganje molekula u materijalu, čime se omogućuje pohrana energije pri konstantnoj temperaturi.

Matematički, količina energije koja se može pohraniti ili osloboditi u termokemijskoj reakciji:[3]

$$Q = \Delta H \cdot n \quad (2.3.)$$

Gdje je:

$\Delta H$  entalpija reakcije  $\left( \frac{\text{J}}{\text{mol}} \right)$

$n$  broj molova reaktanta uključenih u reakciju

#### □ Materijali za termokemijsku akumulaciju energije

Materijali koji se koriste u termokemijskoj akumulaciji energije moraju imati sposobnost prolaska kroz reverzibilne kemijske reakcije s dovoljno visokom entalpijom kako bi se osigurala učinkovita pohrana energije. Neki od najčešće korištenih materijala su:

**Metalni hidridi:** Metalni hidridi su spojevi koji mogu reverzibilno apsorbirati i otpuštati vodik, čime omogućuju pohranu velike količine energije. Ovi materijali su osobito korisni u sustavima skladištenja vodika, gdje služe kao medij za pohranu vodika u sigurnom i kompaktnom obliku.

**Solni hidrati:** Solni hidrati također su važni u termokemijskim sustavima akumulacije energije, jer mogu prolaziti kroz dehidraciju i hidrataciju, oslobađajući ili apsorbirajući toplinu tijekom tih procesa. Na primjer, gips (kalcijev sulfat) može dehidrirati pri zagrijavanju i ponovo se hidratizirati pri hlađenju, omogućujući cikličko skladištenje energije.

**Reakcije oksidacije-redukcije:** Neki sustavi koriste reakcije oksidacije i redukcije (redoks reakcije) za pohranu energije. Na primjer, reverzibilna reakcija oksidacije metala može se koristiti za pohranu toplinske energije pri visokim temperaturama. [3]

#### □ **Prednosti termokemijske akumulacije energije**

Termokemijska akumulacija energije ima nekoliko prednosti koje je čine boljom u odnosu na prethodne:

1. **Velika gustoća energije:** Jedna od najznačajnijih prednosti termokemijske akumulacije je njezina sposobnost pohrane velike količine energije u malom volumenu. Zbog kemijske prirode procesa, gustoća energije može biti mnogo veća u usporedbi sa senzibilnom ili latentnom toplinskom akumulacijom.
2. **Dugoročno skladištenje bez gubitaka:** Termokemijski sustavi mogu pohraniti energiju na duži vremenski period bez značajnih gubitaka energije, što ih čini idealnima za sezonsko skladištenje energije. Energija se može pohraniti mjesecima ili čak godinama, a da se ne izgubi kroz procese kao što su kondukcija ili konvekcija.
3. **Fleksibilnost u primjeni:** Ovi sustavi mogu biti projektirani za rad u širokom rasponu temperatura i uvjeta, čime se omogućuje njihova primjena u raznim industrijama, od proizvodnje električne energije do grijanja i hlađenja zgrada. [3]

#### □ **Nedostaci**

Iako termokemijska akumulacija energije nudi mnoge prednosti, suočava se i s određenim nedostacima koji mogu ograničiti njezinu široku primjenu:

1. **Složenost sustava:** Termokemijski sustavi skladištenja energije obično su složeniji od senzibilnih ili latentnih sustava, što može povećati troškove instalacije i održavanja. Potrebna je precizna kontrola reakcijskih uvjeta kako bi se osigurala učinkovitost i sigurnost sustava.
2. **Visoki troškovi materijala:** Materijali koji se koriste u termokemijskoj akumulaciji, poput metalnih hidrida, mogu biti skupi, što može ograničiti ekonomsku isplativost ovih sustava, posebno u usporedbi s tradicionalnijim metodama skladištenja energije.



3. **Tehnički problemi:** Neki termokemijski sustavi mogu zahtijevati visoke temperature ili specifične uvjete kako bi učinkovito radili, što može ograničiti njihovu primjenu u nekim okruženjima. Procesi kao što su reakcije oksidacije mogu izazvati probleme s korozijom ili drugim oblicima degradacije materijala. [3]

□ **Primjene termokemijske akumulacije energije**

Termokemijska akumulacija energije nalazi primjenu u raznim područjima, kao što su:

**Proizvodnja električne energije:** Termokemijski sustavi mogu se koristiti za skladištenje viška toplinske energije u termoelektranama, koja se kasnije može koristiti za proizvodnju električne energije tijekom razdoblja visoke potražnje. Ovo može pomoći u stabilizaciji opskrbe električnom energijom i smanjenju potrebe za fosilnim gorivima.

**Grijanje i hlađenje zgrada:** Termokemijski sustavi mogu se koristiti za skladištenje toplinske energije tijekom ljetnih mjeseci, koja se zatim može koristiti za grijanje zgrada tijekom zime. Ovi sustavi omogućuju sezonsko skladištenje energije, smanjujući potrebu za vanjskim izvorima energije.

**Industrijski procesi:** Mnogi industrijski procesi zahtijevaju visoke temperature i stabilne izvore energije. Termokemijski sustavi mogu pružiti stabilnu opskrbu energijom tijekom cijele godine, čime se smanjuje ovisnost o vanjskim izvorima i povećava energetska efikasnost.

**Transport vodika:** Metalni hidridi često se koriste za sigurno skladištenje vodika u prijenosnim sustavima, što omogućuje korištenje vodika kao goriva za vozila ili kao izvor energije u udaljenim područjima. [3]

Termokemijska akumulacija energije predstavlja izuzetno naprednu tehnologiju s velikim potencijalom za poboljšanje energetske efikasnosti i omogućavanje održivih energetske sustava. Sposobnost dugoročnog skladištenja bez značajnih gubitaka čini je idealnim rješenjem za razne primjene, od proizvodnje električne energije do sezonskog skladištenja topline. [3]

## 2.6.4. Solarna energija i akumulacija toplinske energije

Solarna energija, kao obnovljiv i održiv izvor energije, ima ogroman potencijal za zadovoljavanje globalnih potreba za energijom. Međutim, jedan od glavnih izazova vezanih uz solarnu energiju je njezina povremena priroda; dostupna je samo tijekom dana i uvelike ovisi o vremenskim uvjetima. Kako bi se prevladali ovi izazovi i poboljšala učinkovitost i pouzdanost solarnih energetske sustava, često se koristi akumulacija toplinske energije (TES). [3]

### □ **Nedostaci akumulacije toplinske energije u kombinaciji sa solarnom energijom**

Jedan od ključnih problema je ciklička i vremenski ovisna priroda solarne energije, što zahtijeva upotrebu akumulacijskih sustava za skladištenje energije tijekom razdoblja niske dostupnosti solarne energije. Akumulacija toplinske energije mora biti projektirana tako da bude dovoljno velika da pohrani dovoljnu količinu energije za ta razdoblja, što može povećati složenost i troškove solarnih energetske sustava. Nadalje, primarni solarni sustav za prikupljanje energije mora biti dovoljno velik da zadovolji neposredne energetske potrebe, ali i da stvori rezervu pohranjene energije. To često zahtijeva dodatna kapitalna ulaganja u veće kolektore i sustave za skladištenje, što može predstavljati prepreku širokoj primjeni solarno-akumulacijskih sustava. [3]

### □ **Vrste akumulacija u solarnim energetske sustavima**

Kada govorimo o solarnoj energiji i akumulaciji toplinske energije, možemo navesti nekoliko vrsta sustava, ovisno o specifičnoj primjeni i trajanju potrebnog skladištenja. Najčešće vrste akumulacije toplinske energije koje se koriste u kombinaciji sa solarnom energijom su:

**Dnevni sustavi akumulacije:** Ovi sustavi su projektirani za skladištenje toplinske energije za kratka razdoblja, obično do jednog ili dva dana. Dnevno skladištenje često se koristi u sustavima za solarno grijanje vode u kućanstvima, gdje se energija prikupljena tijekom dana pohranjuje i koristi tijekom noći. Ova vrsta skladištenja je isplativa i zahtijeva relativno male skladišne jedinice koje se mogu lako integrirati u postojeće građevinske strukture.

**Sezonski sustavi skladištenja:** Sezonski sustavi skladištenja projektirani su za pohranu toplinske energije za mnogo dulja razdoblja, kao što je prijenos energije iz ljeta u zimu. Ova vrsta skladištenja posebno je korisna u regijama s značajnim sezonskim varijacijama u dostupnosti akumulacije energije. Solarna energija prikupljena tijekom ljeta može se pohraniti i koristiti za grijanje tijekom zimskih mjeseci. Međutim, ovi sustavi zahtijevaju velike volumene akumulacije i složeniju infrastrukturu, što može povećati troškove.

**Akumulacija za uravnoteženje:** Akumulacijski sustavi za uravnoteženje projektirani su za pohranu male količine energije za vrlo kratka razdoblja, često samo nekoliko minuta. Ova vrsta

skladištenja obično se koristi u solarnim termoelektranama za smanjenje oscilacija tijekom proizvodnje energije. [3]

#### □ **Primjene solarne energije u kombinaciji s akumulacijom energije**

Kombinacija solarne energije i akumulacije toplinske energije primjenjuje se u različitim sektorima, od stambenih i komercijalnih zgrada do velikih industrijskih procesa.

##### **Stambene i komercijalne zgrade**

U stambenim i komercijalnim zgradama, solarna energija u kombinaciji s akumulacijom toplinske energije često se koristi za grijanje prostora i proizvodnju tople vode. Pasivni solarni sustavi za grijanje mogu zagrijavati vodu, kamenje ili materijale za promjenu faze (PCM) za pohranu toplinske energije prikupljene tijekom dana i njezino oslobađanje tijekom noći kako bi se održale ugodne unutarnje temperature. U komercijalnim zgradama, sofisticiraniji sustavi mogu uključivati aktivne solarne kolektore i velike akumulacijske jedinice koje pružaju i grijanje i hlađenje, čime se poboljšava energetska učinkovitost i smanjuje ovisnost o konvencionalnim izvorima energije.

##### **Industrijske primjene**

U industrijskim postrojenjima, integracija solarne energije s akumulacijom toplinske energije može dovesti do značajnih ušteda energije i smanjenja utjecaja na okoliš. Na primjer, solarna toplinska energija može se koristiti za osiguravanje procesne topline za različite industrijske operacije. Pohranjivanjem viška topline u akumulacijskim sustavima, industrije mogu osigurati stalnu opskrbu toplinskom energijom čak i kada solarno zračenje nije dostupno, čime se povećava produktivnost i smanjuje potrošnja goriva.

##### **Solarne termoelektrane**

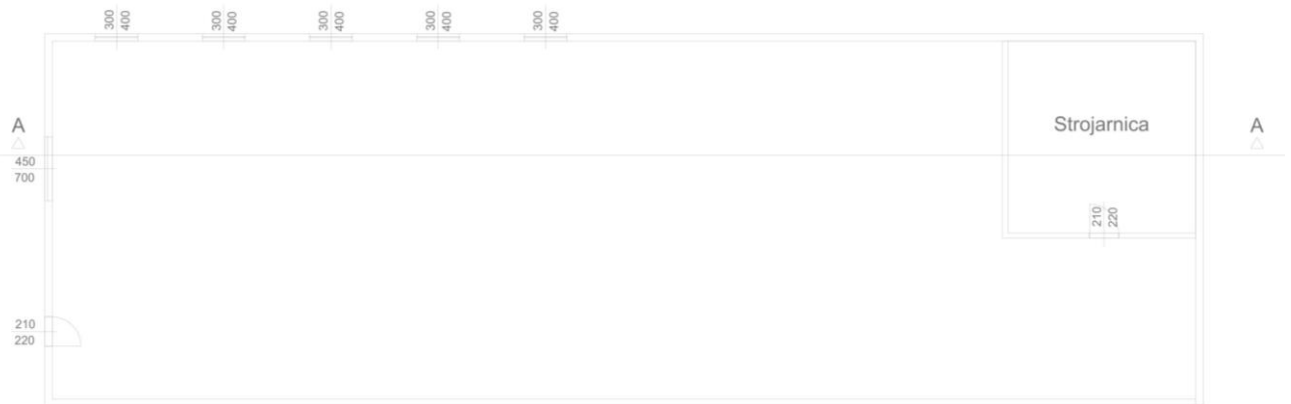
Jedna od najznačajnijih primjena akumulacije toplinske energije u kombinaciji sa solarnom energijom je u solarnim termoelektranama. Ove elektrane koriste zrcala ili leće za koncentriranje sunčeve svjetlosti na prijemnik koji svjetlost pretvara u toplinsku energiju. Ova toplinska energija može se pohraniti u akumulacijskim sustavima, a kao medij se najčešće koriste rastaljene soli. Sposobnost pohrane i distribucije energije na ovakav način čini solarne termoelektrane pouzdanim i fleksibilnim opcijama za integraciju obnovljive energije u mrežu. [3]

#### □ **Projektantski aspekti solarno-akumulacijskih sustava**

Projektiranje učinkovitog solarno-akumulacijskog sustava uključuje nekoliko ključnih faktora, kao npr. veličinu akumulacijskog sustava, odabir odgovarajućih materijala i integraciju s drugim izvorima energije. Akumulacijski sustav mora biti dimenzioniran tako da zadovolji specifične energetske potrebe primjene uzimajući u obzir oscilacije u proizvodnji solarne energije. U regijama s dugim razdobljima niske solarne dostupnosti, možda će biti potrebno uključiti pomoćne izvore energije, kao što su električna energija ili prirodni plin, kako bi se nadopunila akumulacija energije. .

Kombinacija solarne energije i akumulacije toplinske energije poboljšava učinkovitost, pouzdanost i održivosti energetske sustava. Rješavanjem problema oscilacije solarne energije, akumulacija omogućuje dosljedniju i kontroliranu opskrbu energijom. [3]

### 3. Projektiranje toplovodne energane



Slika 2 Tlocrt niskoakumulativnog objekta [autor]

#### □ Opis projektiranog objekta i njegovih energetske potreba

Projektirani objekt je proizvodni niskoakumulativni objekt velike površine i niske gradnje. Njegova specifična karakteristika je niska akumulacijska sposobnost, što znači da objekt ne može učinkovito zadržavati toplinu u svojoj strukturi. Zbog toga je potrebna kontinuirana opskrba toplinskom energijom kako bi se održala željena unutarnja temperatura zraka i unutarnja toplinska stabilnost objekta.

#### □ Lokacija i klimatski uvjeti

Objekt se nalazi na području grada Varaždina, gdje je vanjska projektna temperatura definirana na  $-15^{\circ}\text{C}$ . Ovo zahtijeva sustav grijanja koji je sposoban učinkovito raditi u niskim temperaturnim uvjetima, kako bi se unutarnja temperatura održavala na oko  $+22^{\circ}\text{C}$ , što je optimalna temperatura za radne i proizvodne uvjete unutar objekta.

#### □ Energetske potrebe objekta

Ukupna maksimalna potrošnja toplinske energije objekta iznosi 4,2 MWh. Projektirana toplinska snaga energane koja će opskrbljivati objekt toplinom iznosi 4 MW. Ova energana će koristiti prirodni plin kao osnovni energent, pri čemu je priključni tlak izvora 3 bara.

Sustav grijanja također uključuje značajnu komponentu akumulacije toplinske energije. Predviđen je akumulacijski spremnik s kapacitetom od 24 MWh, koji omogućava pohranu toplinske energije. Ovaj spremnik osigurava stabilnost sustava grijanja, kompenzirajući toplinske

fluktuacije i osiguravajući kontinuiranu opskrbu toplinom tijekom promjenjivih vanjskih mikroklimatskih uvjeta.

#### □ **Sekundarni toplinski sustavi**

Toplovodna energana uključuje nekoliko sekundarnih toplifikacijskih sustava unutar niskoakumulativnog objekta, predviđenih za specifične zone ili funkcionalne cjeline unutar objekta:

**Q1:** Sustav s kapacitetom od 1,2 MWh s temperaturnom razlikom polaznog i povratnog voda tople vode ( $\Delta\theta_{w1}$ ) od 10°C

**Q2:** Sustav s kapacitetom od 0,8 MWh s temperaturnom razlikom polaznog i povratnog voda tople vode ( $\Delta\theta_{w2}$ ) od 15°C

**Q3:** Sustav s kapacitetom od 0,7 MWh s temperaturnom razlikom polaznog i povratnog voda tople vode ( $\Delta\theta_{w3}$ ) od 22°C

**Q4:** Sustav s kapacitetom od 0,6 MWh s temperaturnom razlikom polaznog i povratnog voda tople vode ( $\Delta\theta_{w4}$ ) od 17°C

**Q5:** Sustav s kapacitetom od 0,9 MWh s temperaturnom razlikom polaznog i povratnog voda tople vode ( $\Delta\theta_{w5}$ ) od 20°C

Ovi sustavi osiguravaju preciznu distribuciju toplinske energije unutar različitih dijelova objekta, omogućavajući prilagodbu specifičnim energetske potrebama svake zone.

#### □ **Fotonaponski sustav i korištenje solarne energije**

Projekt također uključuje fotonaponski sustav koji se koristi za djelomično dogrijavanje akumulacijskog spremnika topline, kao i za direktno i indirektno grijanje spremnika potrošne tople vode (PTV) volumena 3000 litara, s maksimalnom temperaturom vode 60°C. Fotonaponski sustav je dimenzioniran prema lokalnim insolacijskim uvjetima, s korisnom instalacijskom površinom fotonaponskih modula do 2000 m<sup>2</sup>. Električna energija proizvedena ovim sustavom koristi se za pogon elektromotora i ostale opreme u energani.

## 3.1. Dimenzioniranje glavnih komponenti energane

### 3.1.1. Dimenzioniranje cjevovoda

Pravilno dimenzionirani cjevovodi osiguravaju učinkovito i pouzdano funkcioniranje sustava, omogućavajući optimalnu distribuciju toplinske energije unutar zgrade. Postupak dimenzioniranja uključuje niz koraka i razmatranja koja se moraju pažljivo analizirati kako bi se postigla ravnoteža između ekonomičnosti, efikasnosti i dugovječnosti sustava. [4]

#### □ Osnovna načela dimenzioniranja cjevovoda

Dimenzioniranje cjevovoda temelji se na nekoliko ključnih parametara:

**Potrebna toplinska snaga:** Izračunava se na temelju gubitaka topline ili dobitaka topline u prostoru koji se grije ili hladi. Ova vrijednost određuje količinu toplinske energije koju treba transportirati kroz cjevovod.

**Protok radne tvari:** Protok fluida kroz cjevovode (bilo da je riječ o vodi, pari, zraku ili nekom drugom mediju) izračunava se na temelju potrebne toplinske snage i toplinskog kapaciteta radne tvari.

**Pad tlaka:** Potrebno je osigurati da pad tlaka unutar sustava bude unutar prihvatljivih granica kako bi se izbjeglo preopterećenje pumpi, kao i neefikasnosti u sustavu.

**Brzina fluida:** Optimalna brzina kretanja fluida kroz cjevovod osigurava minimalne hidrauličke gubitke i malu buku u sustavu. Prevelika brzina može uzrokovati visoke padove tlaka i povećati buku, dok preniska brzina može rezultirati nedovoljnom razmjenom topline. [4]

□ Proračun volumnog protoka

Q(kW)	$c_p$ (J/kgK)	$\Delta T$ (K)	m (kg/s)
1200	4,186	10	28,67
800	4,186	15	12,74
700	4,186	22	7,60
600	4,186	17	8,43
900	4,186	20	10,75
4200	4,186	20	50,17
4000	4,186	20	47,78
250,71	4,186	20	2,99
3749,29	4,186	20	44,78

Tablica 1 Proračun masenog protoka [autor]

Iz već spomenute formulacije za izračun toplinskog možemo izraziti maseni protok nekog fluida.

$$Q = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T \quad (3.1.)$$

$$\dot{m} = \frac{Q}{c_p \cdot \Delta T} \quad (3.2.)$$

S obzirom da se maseni protok može izraziti preko umnoška volumnog protoka i gustoće slijedi:

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho} \quad (3.3.)$$

Gdje je:

- $\dot{m}$  maseni protok [kg/s]
- $\dot{V}$  volumni protok [m<sup>3</sup>/s]
- $\rho$  gustoća fluida [kg/m<sup>3</sup>]



Tablica u nastavku prikazuje izračun volumnog protoka u m<sup>3</sup>/s za pojedine krugove grijanja

Q(kW)	cp (J/kgK)	ΔT (K)	m (kg/s)	V(m <sup>3</sup> /s)
1200	4,186	10	28,67	0,03
800	4,186	15	12,74	0,01
700	4,186	22	7,60	0,01
600	4,186	17	8,43	0,01
900	4,186	20	10,75	0,01
4200	4,186	20	50,17	0,05
4000	4,186	20	47,78	0,05
250,71	4,186	20	2,99	0,00
3749,29	4,186	20	44,78	0,04

Tablica 2 Proračun volumnog protoka (kg/s) [autor]

Volumni protok se u praksi češće prikazuje u m<sup>3</sup>/h. U nastavku slijedi izračun volumnog protoka za pojedine krugove.

Q(kW)	cp (J/kgK)	ΔT (K)	m (kg/s)	V(m <sup>3</sup> /s)	V(m <sup>3</sup> /h)
1200	4,186	10	28,67	0,03	103,20
800	4,186	15	12,74	0,01	45,87
700	4,186	22	7,60	0,01	27,36
600	4,186	17	8,43	0,01	30,35
900	4,186	20	10,75	0,01	38,70
4200	4,186	20	50,17	0,05	180,60
4000	4,186	20	47,78	0,05	172,00
250,71	4,186	20	2,99	0,00	10,78
3749,29	4,186	20	44,78	0,04	161,22

Tablica 3 Proračun volumnog protoka (m<sup>3</sup>/s) [autor]

### 3.1.2. Brzina strujanja fluida u cjevovodu

Za grijanje se cjevovodi obično projektiraju tako da održavaju brzinu fluida unutar preporučenih granica, najčešće između 0,8 i 2,0 m/s, kako bi se osigurala ravnoteža između pada tlaka i učinkovitosti sustava. [5]

Orijentacijske brzine strujanja za pojedine nazivne promjere su: [5]

Usponski vodovi

$$w < 0,8 \text{ m/s za DN 25}$$

Razvodi

$$w < 1,0 \text{ m/s za DN 65}$$

Ogrjevna centrala, kotao

$$w < 0,5 \text{ do } 1,0 \text{ m/s}$$

Udaljeno ogrjevno tijelo

$$w < 0,2 \text{ do } 0,3 \text{ m/s}$$

Toplovod

$$w < 2,0 \text{ do } 3,0 \text{ m/s}$$

Tablica u nastavku prikazuje odabrane brzine strujanja fluida.

Q(kW)	cp (J/kgK)	ΔT (K)	m (kg/s)	V(m <sup>3</sup> /s)	V(m <sup>3</sup> /h)	Odabrana brzina strujanja v (m/s)
1200	4,186	10	28,67	0,03	103,20	0,8
800	4,186	15	12,74	0,01	45,87	0,8
700	4,186	22	7,60	0,01	27,36	0,8
600	4,186	17	8,43	0,01	30,35	0,8
900	4,186	20	10,75	0,01	38,70	0,8
4200	4,186	20	50,17	0,05	180,60	1,5
4000	4,186	20	47,78	0,05	172,00	1,5
250,71	4,186	20	2,99	0,00	10,78	0,8
3749,29	4,186	20	44,78	0,04	161,22	1,5

Tablica 4 Odabrane brzine strujanja [autor]

Iz volumnog protoka možemo izraziti promjer cjevovoda na temelju odabrane brzine strujanja fluida.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot \dot{V}}{\pi \cdot w}} \quad (3.4.)$$

Gdje je:

- $D$  minimalni promjer cjevovoda [m]  
 $w$  brzina strujanja fluida [m/s]

Nakon što je definiran minimalni promjer cjevovoda, potrebno je odabrati standardnu dimenziju cijevi. Odabir standardnih dimenzija cijevi je napravljen prema normi HR EN ISO 10255.

Specified outside diameter <sup>a</sup>	Thread Size <sup>a</sup>	Outside diameter		H			M		
				Heavy series			Medium series		
				Wall thickness	Mass per unit length of bare tube		Wall thickness	Mass per unit length of bare tube	
D	R	max.	min.	T	Plain end	Socketed	T	Plain end	Threaded and socketed
(mm)		(mm)	(mm)	(mm)	(kg/m)	(kg/m)	(mm)	(kg/m)	(kg/m)
10,2	1/8	10,6	9,8	2,6	0,487	0,490	2,0	0,404	0,407
13,5	1/4	14,0	13,2	2,9	0,765	0,769	2,3	0,641	0,645
17,2	3/8	17,5	16,7	2,9	1,02	1,03	2,3	0,839	0,845
21,3	1/2	21,8	21,0	3,2	1,44	1,45	2,6	1,21	1,22
26,9	3/4	27,3	26,5	3,2	1,87	1,88	2,6	1,56	1,57
33,7	1	34,2	33,3	4,0	2,93	2,95	3,2	2,41	2,43
42,4	1 1/4	42,9	42,0	4,0	3,79	3,82	3,2	3,10	3,13
48,3	1 1/2	48,8	47,9	4,0	4,37	4,41	3,2	3,56	3,60
60,3	2	60,8	59,7	4,5	6,19	6,26	3,6	5,03	5,10
76,1	2 1/2	76,6	75,3	4,5	7,93	8,05	3,6	6,42	6,54
88,9	3	89,5	88,0	5,0	10,3	10,5	4,0	8,36	8,53
114,3	4	115,0	113,1	5,4	14,5	14,8	4,5	12,2	12,5
139,7	5	140,8	138,5	5,4	17,9	18,4	5,0	16,6	17,1
165,1	6	166,5	163,9	5,4	21,3	21,9	5,0	19,8	20,4

<sup>a</sup> For relationship between specified outside diameter (D), thread size (R) and nominal diameter (DN), see Annex A.  
T = specified wall thickness.

Slika 3 Dimenzije cijevi prema normi HR EN ISO 10255 [6]

U nastavku slijedi tablični prikaz odabranih dimenzija cjevovoda za pojedine krugove.

Q(kW)	cp (J/kgK)	ΔT (K)	m (kg/s)	V(m <sup>3</sup> /s)	V(m <sup>3</sup> /h)	Odabrana brzina strujanja v (m/s)	D (m)	Odabrani standardni cijevovod
1200	4,186	10	28,67	0,03	103,20	0,8	0,21	DN200
800	4,186	15	12,74	0,01	45,87	0,8	0,14	DN150
700	4,186	22	7,60	0,01	27,36	0,8	0,11	DN100
600	4,186	17	8,43	0,01	30,35	0,8	0,12	DN125
900	4,186	20	10,75	0,01	38,70	0,8	0,13	DN125
4200	4,186	20	50,17	0,05	180,60	1,5	0,21	DN250
4000	4,186	20	47,78	0,05	172,00	1,5	0,20	DN200
250,71	4,186	20	2,99	0,00	10,78	0,8	0,07	DN80
3749,29	4,186	20	44,78	0,04	161,22	1,5	0,20	DN200

Tablica 5 Odabrane dimenzije cjevovoda [autor]

Nakon što smo odredili standardne dimenzije cjevovoda potrebno je izračunati stvarne brzine strujanja fluida zbog promjena promjera cijevi prema izrazu:

$$w = \frac{4 \cdot \dot{V}}{\pi \cdot D^2} \quad (3.5.)$$

U tablici u nastavku su prikazane stvarne brzine strujanja fluida.

Q(kW)	cp (J/kgK)	ΔT (K)	m (kg/s)	V(m <sup>3</sup> /s)	V(m <sup>3</sup> /h)	Odabrana brzina strujanja v (m/s)	D (m)	Odabrani standardni cijevovod	Vanjski promjer (mm)	Debljina stijenke (mm)	Unutarnji promjer (mm)	Stvarna brzina strujanja v (m/s)
1200	4,186	10	28,67	0,03	103,20	0,8	0,21	DN200	219	5,9	207,2	0,85
800	4,186	15	12,74	0,01	45,87	0,8	0,14	DN150	165,1	4,85	155,4	0,67
700	4,186	22	7,60	0,01	27,36	0,8	0,11	DN100	114,3	4,5	105,3	0,87
600	4,186	17	8,43	0,01	30,35	0,8	0,12	DN125	139,7	4,5	130,7	0,63
900	4,186	20	10,75	0,01	38,70	0,8	0,13	DN125	139,7	4,5	130,7	0,80
4200	4,186	20	50,17	0,05	180,60	1,5	0,21	DN250	273	6,3	260,4	0,94
4000	4,186	20	47,78	0,05	172,00	1,5	0,20	DN200	219	5,9	207,2	1,42
250,71	4,186	20	2,99	0,00	10,78	0,8	0,07	DN80	88,9	4,05	80,8	0,58
3749,29	4,186	20	44,78	0,04	161,22	1,5	0,20	DN200	219	5,9	207,2	1,33

Tablica 6 Stvarne brzine strujanja fluida [autor]

### 3.1.3. Proračun padova tlaka

Proračun padova tlaka bitan je za pravilno dimenzioniranje i funkcionalnost sustava grijanja, hlađenja i ventilacije. Pad tlaka odnosi se na smanjenje tlaka fluida dok se kreće kroz cjevovode zbog unutarnjeg trenja i lokalnih otpora poput koljena, ventila i drugih elemenata u sustavu. Precizan proračun padova tlaka osigurava da pumpe isporučuju dovoljno energije za postizanje potrebnog protoka fluida kroz sustav. [4]

#### □ Vrste padova tlaka

U cjevovodnim sustavima razlikujemo dvije osnovne vrste padova tlaka:

**Pad tlaka zbog trenja:** Ovaj pad tlaka nastaje uslijed trenja između fluida i unutarnjih stjenki cjevovoda. Ovisi o brzini fluida, duljini cjevovoda, promjeru cijevi i hrapavosti unutarnje površine cijevi. [4],

Gubitak tlaka zbog otpora pri strujanju fluida gustoće  $\rho$  s brzinom  $w$ : [5]

$$\Delta p = \zeta \cdot \rho \frac{w^2}{2} \quad (3.6.)$$

Gdje je:

$\zeta$  = koeficijent gubitaka, koji za ravne cijevi

kružnog presjeka iznosi:  $\zeta = \lambda \frac{l}{d}$

gdje su:

$\lambda$  = koeficijent trenja

$l$  = duljina cijevi [m]

$d$  = promjer cijevi [m]

**Lokalni padovi tlaka:** Javljaju se na mjestima promjene smjera ili brzine fluida, poput koljena, ventila, T-komada i drugih komponenti. Lokalni padovi tlaka obično se izražavaju kao dodatak padovima zbog trenja, koristeći odgovarajuće koeficijente otpora. [4]

Koeficijent gubitaka se određuje kao: [5]

$$\zeta = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2 \quad (3.7.)$$

A pad tlaka se odnosi na brzinu  $w_1$ : [5]

$$\Delta p = \zeta \cdot \frac{\rho}{2} \cdot w_1^2 = z \quad (3.8.)$$

Prema R. Jauschowitz-u ovo su smjernice za dimenzioniranje glavne distribucijske mreže s konstantnim padom tlaka.

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

Slika 4 Smjernice za dimenzioniranje glavne distribucijske mreže [5]

#### □ Colebrook-Whiteova jednadžba

Colebrook-Whiteova jednadžba koristi se za određivanje faktora trenja u turbulentnom strujanju fluida kroz cjevovode. Faktor trenja zatim se koristi za proračun pada tlaka zbog trenja pomoću Darcy-Weisbachove jednadžbe. Colebrook-Whiteova formula glasi: [19]

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left( \frac{2,51}{\text{Re} \sqrt{\lambda}} + \frac{k}{3,7 D} \right) \quad (3.9.)$$

Gdje je:

$D$  = promjer cjevovoda [m]

$\lambda$  = faktor trenja

$k$  = hrapavost cijevi [m]

$\text{Re}$  = Reynoldsov broj

Colebrook-Whiteova jednadžba implicitna je i ne može se izravno riješiti. Umjesto toga, preporuča se korištenje eksplicitne formule Swamee-Jain koja je dovoljno točna i primjenjiva u području kada je  $\text{Re} < 5000$ . [19]

$$\lambda = \frac{1,325}{\left[ \ln \left( \frac{k}{3,7 \cdot D} + \frac{5,74}{\text{Re}^{0,9}} \right) \right]^2} \quad (3.10.)$$

□ **Proračun pada tlaka pomoću Darcy-Weisbachove jednadžbe**

Nakon što se odredi faktor trenja  $\lambda$  pomoću Colebrook-Whiteove jednadžbe, pad tlaka zbog trenja može se izračunati koristeći Darcy-Weisbachove jednadžbe: [4]

$$\Delta p = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} \quad (3.11.)$$

Gdje je

- $\rho$  gustoća fluida [kg/m<sup>3</sup>]
- $w$  brzina strujanja fluida [m/s]
- $\Delta p$  pad tlaka [Pa]
- $\lambda$  koeficijent trenja [-]
- $l$  duljina cijevi [m]
- $d$  promjer cijevi [m]

Tablica prikazuje izračunati pad tlaka prema Colebrooke-Whiteovoj i Darcy-Weisbachovoj formuli. [4]

Q(kW)	cp (l/kgK)	$\Delta T$ (K)	m (kg/s)	V(m <sup>3</sup> /s)	V(m <sup>3</sup> /h)	Odabrana brzina strujanja v (m/s)	D (m)	Odabrani standardni cijevovod	Stvarna brzina strujanja v (m/s)	Pad tlaka po metru (Pa/m)
1200	4,186	10	28,67	0,03	103,20	0,8	0,21	DN200	0,85	28
800	4,186	15	12,74	0,01	45,87	0,8	0,14	DN150	0,67	26
700	4,186	22	7,60	0,01	27,36	0,8	0,11	DN100	0,87	68
600	4,186	17	8,43	0,01	30,35	0,8	0,12	DN125	0,63	28
900	4,186	20	10,75	0,01	38,70	0,8	0,13	DN125	0,80	44
4200	4,186	20	50,17	0,05	180,60	1,5	0,21	DN250	0,94	26
4000	4,186	20	47,78	0,05	172,00	1,5	0,20	DN200	1,42	76
250,71	4,186	20	2,99	0,00	10,78	0,8	0,07	DN80	0,58	44
3749,29	4,186	20	44,78	0,04	161,22	1,5	0,20	DN200	1,33	67

Tablica 7 Linijski padovi tlaka po dionicama [autor]

U zadnjoj koloni su izračunati padovi tlaka po dužnom metru svakog kruga.

Tablice u nastavku prikazuju ukupni pad tlakova po krugovima.

Brzina stujanja u krugu	Q=4000kW			Q=3750kW			Q=250kW			Q=4200kW		
	>=DN200			>=DN200			>=DN50			>=DN200		
	1,42			1,33			0,58			0,94		
Ventil	Pojedinačni pad tlaka (kPa)	Komada	Ukupni pad tlaka	Pojedinačni pad tlaka (kPa)	Komada	Ukupni pad tlaka	Pojedinačni pad tlaka (kPa)	Komada	Ukupni pad tlaka	Pojedinačni pad tlaka (kPa)	Komada	Ukupni pad tlaka
Zaporni ventil	5,527	8	44,217	4,856	9	43,704	0,632	9	5,685	2,443	4	9,771
Nepovratni ventil	5,025	1	5,025	4,414	1	4,414	1,758	1	1,758	2,221	0	0,000
Kalorimetar	3	0	0,000	3	0	0,000	6	0	0,000	6	0	0,000
Razdjelnik/Sabirnik	20	1	20,000	0	0	0,000	0	0	0,000	10	1	10,000
Linjski otpori (kPa/m)	0,076	22,6	1,718	0,0670	17,6	1,179	0,0440	24,6	1,082	0,0260	27	0,702
PTV	0	0	0,000	0	0	0,000	25	1	25,000	0	0	0,000
	Ukupni pad tlaka:		70,959	Ukupni pad tlaka:		49,297	Ukupni pad tlaka:		33,526	Ukupni pad tlaka:		20,473

Tablica 8 Ukupni padovi tlaka po dionicama 1 [autor]

Brzina stujanja u krugu	Q=1200kW			Q=800kW			Q=700kW			Q=600kW			Q=900kW		
	>=DN200			>=DN100			>=DN100			>=DN100			>=DN100		
	0,85			0,67			0,87			0,63			0,80		
Ventil	Pojedinačni pad tlaka (kPa)	Komada	Ukupni pad tlaka	Pojedinačni pad tlaka (kPa)	Komada	Ukupni pad tlaka	Pojedinačni pad tlaka (kPa)	Komada	Ukupni pad tlaka	Pojedinačni pad tlaka (kPa)	Komada	Ukupni pad tlaka	Pojedinačni pad tlaka (kPa)	Komada	Ukupni pad tlaka
Zaporni ventil	1,990	8	15,918	1,107	8	8,853	1,868	8	14,947	0,969	8	7,749	1,575	8	12,596
Nepovratni ventil	1,809	1	1,809	1,807	1	1,807	3,050	1	3,050	1,581	1	1,581	2,571	1	2,571
Kalorimetar	6	1	6,000	6	1	6,000	6	1	6,000	6	1	6,000	6	1	6,000
Razdjelnik/Sabirnik	0	0	0,000	0	0	0,000	0	0	0,000	0	0	0,000	0	0	0,000
Linjski otpori (kPa/m)	0,0280	130	3,640	0,0260	130	3,380	0,0680	130	8,840	0,0280	130	3,640	0,0440	130	5,720
PTV	0	0	0,000	0	0	0,000	0	0	0,000	10	2	20,000	0	0	0,000
	Ukupni pad tlaka:		27,367	Ukupni pad tlaka:		20,040	Ukupni pad tlaka:		32,837	Ukupni pad tlaka:		71,807	Ukupni pad tlaka:		26,887

Tablica 9 Ukupni padovi tlaka po dionicama 2 [autor]



### 3.1.4. Volumen vode u razvodu grijanja

Nakon što smo odredili sve potrebne parametre vezane za cjevovode, možemo odrediti i volumen vode u kompletnom sustavu.

Volumen se može izračunati prema slijedećem izrazu:

$$V = \frac{D^2 \cdot \pi \cdot L}{4} \quad (3.12.)$$

Gdje je:

$V$  volumen vode [m<sup>3</sup>]

$l$  duljina cijevi [m]

$d$  promjer cijevi [m]

Iz toga dobijemo vrijednosti volumena vode unutar cijevi koji pretvaramo u litre, radi lakše upotrebe podataka.

Čelične cijevi									
	Nazivni promjer	Unutarnji promjer (mm)	Radijus (mm)	Pi	Površina (mm <sup>2</sup> )	Duljina cijevi (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )		Volumen (L)
DN	80	80,8	40,4	3,14	5124,9824	24,6	126074,567		126,07
DN	100	105,3	52,65	3,14	8704,15065	130	1131539,585		1131,54
DN	125	130,7	65,35	3,14	13409,75465	260	3486536,209		3486,54
DN	150	155,4	77,7	3,14	18957,0906	130	2464421,778		2464,42
DN	200	260,4	130,2	3,14	53229,4056	170,2	9059644,833		9059,64
DN	250	260,4	130,2	3,14	53229,4056	27	1437193,951		1437,19
									<b>17705,41</b>

Tablica 10 Volumen vode u cijevima [autor]

### 3.1.5. Volumen vode u spremniku

Nakon što smo izračunali volumen vode u cijevima, potrebno je prema potrebnom kapacitetu niskoakumulativnog objekta odrediti minimalni volumen akumulacijsko-kompenzacijskog spremnika.

U nastavku slijedi proračun: [7]

$V_s$  = zapremnina rezervoara u litrama

$C$  = kapacitet rezervoara u kWh

$c$  = spec. toplinski kapacitet vode =  $1,16 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kWh}}{\text{K}}$

$b$  = faktor dodatka zbog mrtvog prostora ispod površine rezervoara  $\approx 1,1 \dots 1,2$

$$V_s = \frac{C}{c \cdot \Delta t} \cdot b = \frac{24000 \text{ kWh}}{1,16 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kWh}}{\text{K}} \cdot 40 \text{ K}} \cdot 1,2 = 620686,7 \text{ L} = 620,7 \text{ m}^3$$

$$V_s \approx 620 \text{ m}^3$$

Radi lakšeg nastavka proračuna, vrijednost akumulacijsko-kompenzacijskog spremnika zaokružili smo na  $620 \text{ m}^3$ .

### 3.1.6. Ukupni volumen vode u sustavu

Nakon što smo dobili volumene vode u cijevima i u spremniku, te vrijednosti možemo zbrojiti i dobit ćemo ukupni volumen vode u sustavu.

$$V_s = 620\,000 \text{ L}$$

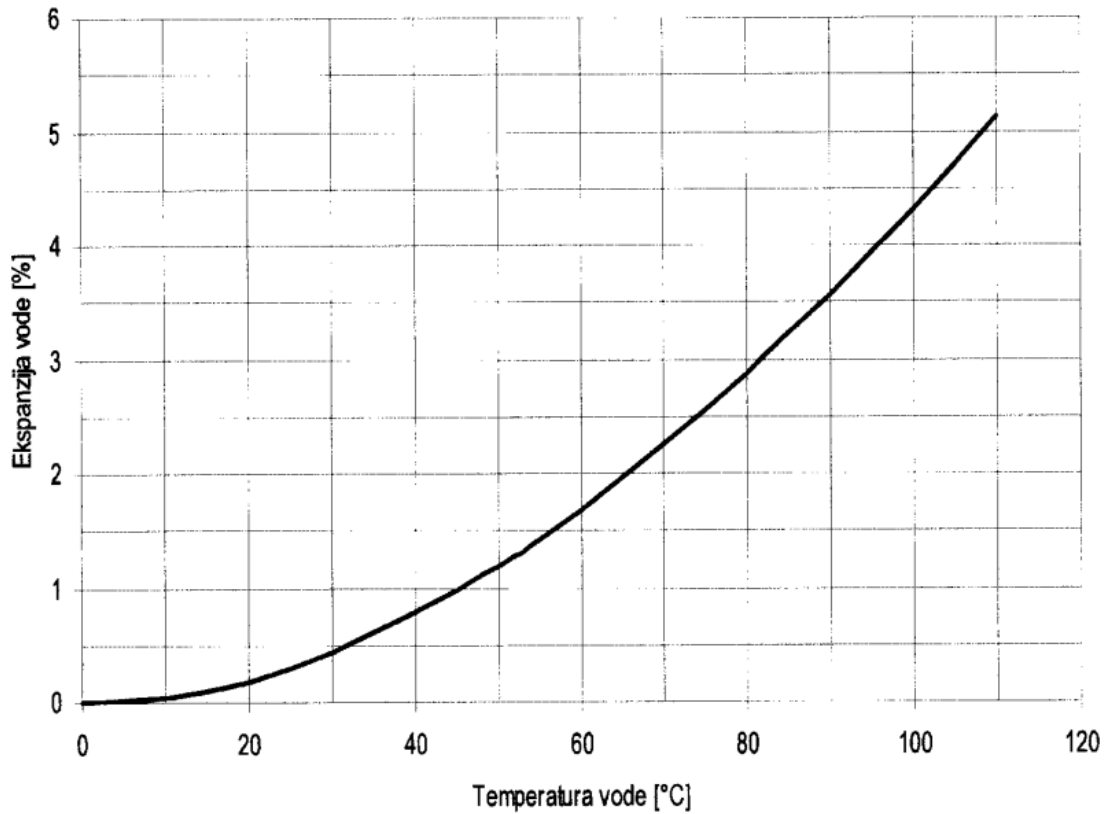
$$V_{\text{cijevi}} = 17\,705 \text{ L}$$

$$V_{\text{uk}} = V_s + V_{\text{cijevi}} = 637\,705 \text{ L} \approx 640\,000 \text{ L}$$

Radi lakšeg proračuna, ukupni volumen u sustavu grijanja zaokružen je na vrijednost od 640 000 L.

### 3.1.7. Dimenzioniranje spremnika

### 3.1.8. Određivanje koeficijenta ekspanzije vode



Slika 5 Koeficijent ekspanzije vode [8]

Iz dijagrama na slici očitava se koeficijent ekspanzije vode za srednju vrijednost temperature vode u spremniku. Početna temperatura vode je 20°C, a krajnja temperatura je 90°C – prema tome srednja vrijednost temperature u spremniku je 70°C. Za tu vrijednost temperature koeficijent ekspanzije vode iznosi oko 2,3%

### 3.1.9. Proračun dimenzija spremnika

Nakon što smo odredili koeficijent ekspanzije vode za 70°C možemo krenuti s proračunom ekspanzije kompletne količine vode u sustavu. Zadana je vrijednost statičkog tlaka od 0,9 bar. Što znači da u slučaju kada kompletni sustav miruje visina stupca vode će biti 9 metara. Prema tome je minimalna visina spremnika vode 9 m. Kada na tu vrijednost još uračunamo ekspanziju vode u sustavu dobijemo vrijednost od 10,87 m, koju ćemo radi lakšeg proračuna zaokružiti na 11 m.

$$V_{\text{sustava}} = 640 \text{ m}^3$$

$$\beta = 2,3\%$$

$$p_{\text{stat}} = 0,9 \text{ bar}$$

---

$$\Delta V = V_{\text{sustava}} \cdot \beta \cdot \Delta T$$

$$r = \frac{d}{2}$$

$$h = \frac{\Delta V}{\pi \cdot r^2}$$

$$h_{\text{stat}} = \frac{p_{\text{stat}}}{\rho \cdot g}$$

$$h_{\text{ukupno}} = h + h_{\text{stat}}$$

---

$$\Delta V = 640 \text{ m}^3 \cdot 0,023 = 14,72 \text{ m}^3$$

$$r = \frac{5 \text{ m}}{2} = 2,5 \text{ m}$$

$$h = \frac{14,72 \text{ m}^3}{\pi \cdot 2,5^2 \text{ m}^2} = 1,87 \text{ m}$$

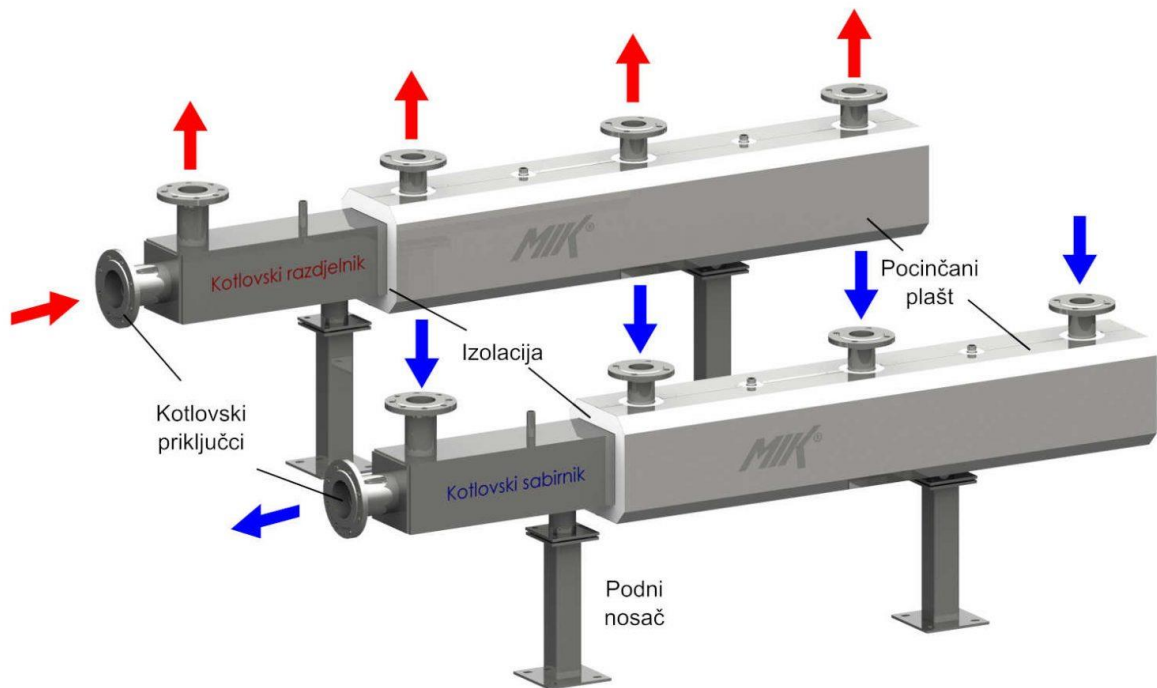
$$h_{\text{stat}} = \frac{0,9 \text{ bar}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 9 \text{ m}$$

$$h_{\text{ukupno}} = 9 \text{ m} + 1,87 \text{ m} = 10,87 \text{ m} \approx 11 \text{ m}$$

$$h_{\text{ukupno}} = 11 \text{ m}$$

Iz proračuna vidimo da je pretpostavljen unutarnji promjer spremnika 5m. Spremnik je s vanjske strane potrebno izolirati izolacijskim materijalom debljine 200 mm kako bi se spriječili veliki gubici topline u akumulaciji.

### 3.1.10. Dimenzioniranje razdjelnika



Slika 6 Razdjelnik/sabirnik grijanja [9]

Razdjelnici grijanja osiguravaju ravnomjernu distribuciju toplinske energije u različitim zonama ili prostorijama objekta, bitni su za optimizaciju učinkovitosti sustava grijanja, omogućuju kontrolu temperature u različitim dijelovima zgrade te time dovode do uštede energije. [4]

#### □ **Funkcija i princip rada razdjelnika grijanja**

Razdjelnik grijanja je uređaj koji omogućuje distribuciju toplinske energije iz centralnog izvora topline (kao što su kotlovi, toplotne pumpe ili solarni kolektori) prema različitim granama sustava grijanja. On se sastoji od ulaznog i izlaznog priključka koji povezuju cjevovode pojedinih grana sustava grijanja.

Svaka grana sustava grijanja povezana je s razdjelnikom putem zasebnog cjevovoda, što omogućuje individualnu kontrolu protoka i temperature u svakom dijelu sustava. Na taj način, razdjelnik omogućava jednostavno upravljanje temperaturom u različitim prostorijama ili zonama objekta, omogućujući bolju regulaciju i distribuciju topline. [4]

#### □ **Tipovi razdjelnika grijanja**

Postoji nekoliko tipova razdjelnika grijanja koji se koriste u različitim sustavima grijanja:

**Hidraulički razdjelnici:** Ovi razdjelnici se koriste za balansiranje protoka i tlaka u sustavima grijanja, osiguravajući da svaka grana sustava dobije potreban protok vode. Oni su često opremljeni ventilima za balansiranje koji omogućuju preciznu regulaciju protoka.

**Razdjelnici s mješanjem:** Ovi razdjelnici koriste se u sustavima gdje je potrebno miješanje vode različitih temperatura kako bi se postigla optimalna izlazna temperatura. Time se omogućava miješanje povratne vode iz sustava grijanja s vodom iz izvora topline, čime se postiže željena temperatura u krugu grijanja.

**Razdjelnici s kontrolnim ventilima:** Ovi razdjelnici omogućuju individualnu kontrolu protoka u svakoj grani sustava grijanja. Kontrolni ventili mogu biti ručni ili automatski (termostatski), omogućujući preciznu regulaciju temperature u pojedinim prostorijama.

**Modularni razdjelnici:** Ovi razdjelnici omogućuju proširenje sustava grijanja dodavanjem novih grana bez potrebe za promjenom glavnog razdjelnika. Oni su fleksibilni i omogućuju jednostavno prilagođavanje sustava promjenama u potrebama za grijanjem. [4]

#### □ **Prednosti korištenja razdjelnika grijanja**

Razdjelnici grijanja nude niz prednosti koje čine sustav grijanja učinkovitijim i fleksibilnijim:

**Energetska učinkovitost:** Korištenjem razdjelnika omogućava se precizna regulacija temperature u svakoj zoni, čime se smanjuje nepotrebno trošenje energije. Sustav može raditi na nižim temperaturama, a toplina se ravnomjernije distribuira.

**Povećan komfor:** Razdjelnici omogućuju korisnicima individualnu kontrolu temperature u različitim dijelovima objekta, što vodi do povećane udobnosti. Svaka prostorija može imati optimalnu temperaturu prema potrebama korisnika.

**Fleksibilnost i modularnost:** Sustavi s razdjelnicima omogućuju lako proširenje ili prilagodbu sustava, što je korisno u velikim objektima ili kada se dograđuju novi prostori.

**Jednostavno održavanje:** Zbog segmentirane prirode sustava grijanja s razdjelnicima, moguće je jednostavno isključiti određenu granu sustava radi održavanja, bez potrebe za isključivanjem cijelog sustava grijanja. [4]

#### □ **Primjena razdjelnika grijanja**

Razdjelnici grijanja se koriste u različitim tipovima sustava grijanja kao na primjer:

**Podno grijanje:** Razdjelnici se najčešće koriste u sustavima podnog grijanja, gdje je potrebna precizna kontrola protoka i temperature u različitim krugovima grijanja. Oni osiguravaju ravnomjernu distribuciju topline po cijeloj površini poda.

**Sustavi s radijatorima:** U sustavima grijanja s radijatorima, razdjelnici omogućuju individualnu kontrolu svakog radijatora, čime se postiže optimalna distribucija topline u prostorijama.

**Centralno grijanje u zgradama:** U velikim zgradama, razdjelnici omogućuju distribuciju topline iz centralne kotlovnice prema različitim stanovima ili dijelovima zgrade. Ovo omogućuje pojedinačnu kontrolu grijanja u svakom dijelu zgrade.

**Industrijski sustavi grijanja:** U industriji, razdjelnici omogućuju distribuciju topline u različite dijelove pogona ili proizvodnih procesa, gdje je potrebna različita temperatura. [4]

#### □ **Nedostaci**

Kao i kod svakog sustava, korištenje razdjelnika grijanja ima svoje nedostatke. Jedan od glavnih nedostataka je potreba za preciznim podešavanjem i održavanjem, kako bi sustav radio optimalno. Nepravilno balansiranje može dovesti do neravnomjerne distribucije topline i povećane potrošnje energije. Također, u sustavima s mnogo grana i zona, složenost instalacije i upravljanja može biti izazovna.

Još jedan nedostatak je cijena. Sustavi grijanja s razdjelnicima često zahtijevaju više početne investicije u opremu i instalaciju u usporedbi s jednostavnijim sustavima grijanja. Međutim, ova investicija se obično isplati kroz dugoročne uštede u energiji i povećanu udobnost. [4]

### 3.1.11. Odabir kotla

Pri izboru kotla za grijanje velikih objekata, kao što su industrijski ili komercijalni objekti, ključno je osigurati sustav koji će zadovoljiti specifične energetske potrebe objekta, uzimajući u obzir učinkovitost, sigurnost, troškove i održivost. [4]



*Slika 7 Plinski kotao [10]*

#### □ **Funkcija kotlova u sustavima grijanja**

Kotlovi se koriste za zagrijavanje vode ili stvaranje pare, koja se zatim distribuira kroz sustav cijevi do radijatora, podnog grijanja, ventilokonvektora ili drugih grijaćih elemenata. U zgradama s centralnim grijanjem, kotlovi su često smješteni u kotlovnici i povezani s ostatkom sustava pomoću cjevovoda i pumpi. Kotao transformira kemijsku energiju iz goriva u toplinsku energiju, koja se zatim prenosi na radnu tvar (voda ili para) koja cirkulira kroz sustav. [4]

#### □ **Ključni faktori za odabir kotlova**

Odabir pravog kotla za sustav grijanja zahtijeva pažljivo razmatranje nekoliko ključnih faktora:

**Toplinska potreba (snaga kotla):** Toplinska snaga kotla izražava se u kilovatima (kW) i određuje količinu toplinske energije koju kotao može proizvesti u jedinici vremena. Snaga kotla mora biti dovoljna da zadovolji maksimalne zahtjeve za grijanjem zgrade ili industrijskog postrojenja, uzimajući u obzir gubitke topline kroz ovojnicu zgrade i potrebe za toplom vodom. [4]



**Vrsta goriva:** Odabir goriva ima velik utjecaj na operativne troškove i ekološki utjecaj sustava. Najčešće korištena goriva su prirodni plin, lož ulje, propan, biomasa i električna energija. Prirodni plin je najčešći gorivo zbog svoje čistoće i visoke učinkovitosti, dok je biomasa održiva opcija koja koristi obnovljive izvore energije.

**Učinkovitost kotla:** Učinkovitost kotla definira se kao omjer između proizvedene korisne toplinske energije i energije sadržane u gorivu. Viša učinkovitost znači manje gubitke energije i niže troškove vezane za gorivo. Moderni kondenzacijski kotlovi postižu učinkovitost iznad 90% iskorištavanjem latentne topline iz ispušnih plinova.

**Dimenzioniranje kotla:** Kotao mora biti pravilno dimenzioniran kako bi se izbjegli problemi poput kratkih ciklusa rada, koji mogu smanjiti učinkovitost i povećati trošenje komponenata. Pravilno dimenzioniranje uzima u obzir maksimalno opterećenje, ali i fleksibilnost kotla u radu pri djelomičnim opterećenjima.

**Tip kotla:** Postoji nekoliko vrsta kotlova kao npr. kotlovi na plin, ulje, električni kotlovi, te kotlovi na biomasu. Svaka vrsta ima svoje prednosti i nedostatke, ovisno o specifičnim uvjetima primjene. Na primjer, kondenzacijski kotlovi su posebno učinkoviti u sustavima s radijatorima ili podnim grijanjem.

**Sigurnosni i regulacijski sustavi:** Kotao mora biti opremljen odgovarajućim sigurnosnim i regulacijskim sustavima kako bi se osigurala sigurnost i pouzdanost rada. To uključuje sigurnosne ventile, kontrolu temperature, zaštitu od pregrijavanja i automatsko gašenje u slučaju kvara.

**Ekološki standardi i emisije:** Zbog sve strožih ekoloških regulacija, važno je odabrati kotao koji zadovoljava standarde za emisije štetnih plinova, kao što su NO<sub>x</sub> i CO<sub>2</sub>. Kondenzacijski kotlovi s niskim emisijama i kotlovi na biomasu često se preferiraju zbog svog pozitivnog utjecaja na okoliš.

**Životni vijek i troškovi održavanja:** Kotao je značajna investicija i stoga je važno razmotriti njegov životni vijek, kao i troškove održavanja. Kotlovi s dužim životnim vijekom i nižim troškovima održavanja mogu biti isplativiji dugoročno, iako su u početku bili skuplja investicija.

[4]

## □ Vrste kotlova

Postoji nekoliko osnovnih vrsta kotlova koji se koriste u sustavima grijanja, a izbor ovisi o specifičnim potrebama i uvjetima primjene:

**Kondenzacijski kotlovi:** Ovi kotlovi su dizajnirani za maksimalno iskorištavanje toplinske energije iz ispušnih plinova, čime se postiže visoka učinkovitost. Kondenzacijski kotlovi su idealni za sustave s niskim radnim temperaturama, kao što su podno grijanje ili radijatori.

**Kotlovi na plin:** Plinski kotlovi su vrlo popularni zbog dostupnosti i relativno niskih troškova plina. Ovi kotlovi mogu biti visokoučinkoviti, osobito u kondenzacijskoj verziji, i pogodni su za većinu stambenih i komercijalnih primjena.

**Kotlovi na ulje:** Kotlovi na ulje koriste lož ulje kao gorivo i često se koriste u područjima gdje prirodni plin nije dostupan. Iako su troškovi goriva obično viši, ovi kotlovi pružaju dobru učinkovitost i pouzdanost.

**Kotlovi na biomasu:** Kotlovi na biomasu koriste obnovljive izvore goriva, kao što su drvo, peleti ili ostali organski materijali. Oni su ekološki prihvatljivi i mogu biti ekonomski isplativi, osobito uz poticaje za obnovljive izvore energije.

**Električni kotlovi:** Električni kotlovi koriste električnu energiju za proizvodnju topline i pogodni su za male sustave ili kao dodatni izvor topline. Iako su jednostavni za instalaciju i održavanje, visoki troškovi električne energije mogu ograničiti njihovu upotrebu u velikim sustavima.

**Industrijski kotlovi:** Industrijski kotlovi često koriste paru kao radni medij i projektirani su za velike toplinske potrebe. Oni se koriste u industrijskim postrojenjima, bolnicama, školama i velikim komercijalnim zgradama, gdje je potrebna velika snaga i pouzdanost. [4]

## □ Primjena kotlova u sustavima grijanja

**Stambeno grijanje:** U stambenim objektima, kotlovi se koriste za grijanje prostora i proizvodnju tople vode. Manji, kompaktni kotlovi su često instalirani u privatnim kućama ili stanovima.

**Komercijalno grijanje:** U komercijalnim objektima, kotlovi opskrbljuju toplinskom energijom veće prostore, poput ureda, trgovina ili hotelskih kompleksa. Ovdje se često koriste kotlovi većeg kapaciteta, ponekad u kaskadnim sustavima kako bi se optimizirala energetska učinkovitost.

**Industrijsko grijanje:** U industrijskim primjenama, kotlovi često služe ne samo za grijanje prostora, već i za proizvodnju procesne pare ili topline potrebne za različite industrijske procese.

**Grijanje vode:** Kotlovi se također koriste za zagrijavanje sanitarne vode u velikim zgradama, kao npr. škole, bolnice i sportske objekte, gdje su potrebne velike količine tople vode.

#### □ **Instalacija i održavanje**

Pravilna instalacija kotlova ključna je za njihovu dugotrajnost i učinkovitost. Kotlovi moraju biti instalirani u skladu s lokalnim propisima i uputama proizvođača. To uključuje pravilno dimenzioniranje cijevi, ventilaciju, sigurnosne uređaje i sustave za odvodnju kondenzata kod kondenzacijskih kotlova. Redovito održavanje kotla, uključujući čišćenje izmjenjivača topline, provjeru plamenika i kontrolu sigurnosnih sustava, osigurava pouzdan rad i maksimalnu učinkovitost. [4]

### 3.1.12. Odabir spremnika potrošne tople vode

**Potrošna topla voda (PTV)** je bitna komponenta u svakom sustavu za grijanje i hlađenje zgrada, koji osigurava stalnu opskrbu toplom vodom za različite potrebe u domaćinstvima, komercijalnim i industrijskim objektima. Topla voda se koristi za tuširanje, pranje, čišćenje i mnoge druge svrhe, čineći PTV ključnim faktorom za ugodnost i zdravlje korisnika. [4]



*Slika 8 Spremnik potrošne tople vode [11]*

#### □ **Komponente sustava PTV**

Sustav za potrošnu toplu vodu obično se sastoji od sljedećih glavnih komponenti:

**Izvor topline:** To može biti kotao, toplinska pumpa, solarni kolektori ili kombinacija ovih tehnologija. Izbor izvora topline ovisi o dostupnosti resursa, zahtjevima objekta i ciljevima energetske učinkovitosti.

**Spremnik tople vode:** Spremnik koji se koristi za skladištenje zagrijane vode te koji osigurava da je uvijek dostupna. Spremnici dolaze u različitim veličinama, ovisno o potrebama objekta. U

sustavima s većim zahtjevima za toplom vodom, koriste se veći spremnici kako bi se izbjegli problemi u opskrbi tijekom vršnih opterećenja.

**Cjevovod i priključci:** Cjevovodni sustav omogućava distribuciju tople vode do svih korisnika unutar zgrade. Kvalitetan dizajn i izolacija cjevovoda ključni su za minimiziranje toplinskih gubitaka i osiguravanje optimalne temperature vode na izlazima.

**Izmjenjivači topline:** U nekim sustavima, izmjenjivači topline koriste se za prijenos topline iz primarnog izvora topline (kao što su kotlovi ili solarni kolektori) u spremnik tople vode. Ovi izmjenjivači povećavaju fleksibilnost sustava, omogućavajući korištenje različitih izvora energije. [4]

#### □ **Važnost učinkovitog PTV sustava**

Učinkovitost sustava potrošne tople vode izravno utječe na energetske troškove zgrade. Loše projektiran ili neučinkovit sustav može rezultirati značajnim toplinskim gubicima, što povećava potrošnju energije i troškove. Zato je od iznimne važnosti odabrati komponente koje su energetski učinkovite i dobro izolirane kako bi se smanjili gubici i optimizirala ukupna učinkovitost sustava.

Osim toga, sustavi PTV trebaju biti dizajnirani tako da zadovoljavaju specifične potrebe korisnika, uzimajući u obzir vršna opterećenja i sezonske varijacije u potrošnji tople vode. U sustavima s obnovljivim izvorima energije, kao što su solarni kolektori, potrebno je osigurati adekvatan kapacitet spremnika za skladištenje topline tijekom dana kada je dostupnost sunčeve energije najveća. [4]

### 3.1.13. Odabir električnih grijača

Električni grijači velike snage koriste se za osiguranje dodatne topline ili za održavanje stabilne temperature u različitim industrijskim i komercijalnim primjenama. Ovi grijači se koriste u situacijama gdje konvencionalni izvori topline nisu dovoljni ili su previše neefikasni. Njihova sposobnost da brzo generiraju veliku količinu topline čini ih idealnim rješenjem u različitim sustavima grijanja, uključujući zračne sustave grijanja, sustave grijanja vode, te u procesnoj industriji. [4]



#### □ Princip rada i vrste električnih grijača

Električni grijači velike snage funkcioniraju na principu pretvorbe električne energije u toplinsku energiju. Grijači koriste otpornike, najčešće napravljene od materijala s visokom specifičnom otpornošću poput nikromske žice ili keramičkih elemenata, kroz koje prolazi električna struja. Otpor koji pruža materijal uzrokuje zagrijavanje otpornika, čime se generira toplina. [4]

Postoji nekoliko tipova električnih grijača velike snage koji se koriste u sustavima grijanja:

**Cjevasti grijači:** Ovo su najčešći tipovi grijača koji se koriste u industrijskim aplikacijama. Izrađeni su od metalnih cijevi unutar kojih se nalazi žičani otpornik okružen izolacijskim materijalom, kao što je magnezijev oksid. Cjevasti grijači mogu se oblikovati u različite oblike kako bi se prilagodili specifičnim aplikacijama. [4]

**Grijači zračenja:** Ovi grijači emitiraju toplinsku energiju u obliku infracrvenog zračenja i koriste se za direktno grijanje objekata ili prostora. Idealni su za korištenje u prostorima gdje je potrebno ciljano grijanje.

**Patron grijači:** Kompaktni grijači koji se ugrađuju u specifične otvore ili sustave, pružajući direktno i koncentrirano zagrijavanje. Ovi grijači se često koriste u alatnim strojevima i kalupima.

**Flanšni grijači:** Koriste se za grijanje tekućina i plinova u velikim industrijskim sustavima. Sastoje se od grijaćih elemenata montiranih na flanšu, koja omogućava lako postavljanje u cjevovode ili spremnike. [4]

#### □ **Prednosti i primjena**

Jedna od glavnih prednosti je njihova efikasnost. Ovi grijači mogu brzo dostići željenu temperaturu bez potrebe za dugotrajnim zagrijavanjem sustava, što ih čini vrlo pogodnima za primjene gdje je potrebna brza promjena temperature. Osim toga, električni grijači ne zahtijevaju održavanje kao što je to slučaj s kotlovima ili drugim uređajima na fosilna goriva.

Njihova primjena je široka i uključuje:

**Industrijski procesi:** Grijanje velikih prostorija, hala i skladišta gdje je potrebna dodatna toplina ili održavanje konstantne temperature.

**Sustavi grijanja vode:** Električni grijači koriste se u kotlovima, bojlerima i sustavima za grijanje vode za industrijske i komercijalne potrebe.

**Kemijska industrija:** Za održavanje temperature kemijskih reakcija ili zagrijavanje specifičnih kemijskih supstanci. [4]

#### □ **Nedostaci**

Najveći nedostatak u njihovom korištenju je visoka potrošnja električne energije. Zbog velikih snaga koje se koriste, operativni troškovi mogu biti znatni, osobito u primjenama koje zahtijevaju kontinuirano grijanje. Ovo može predstavljati problem u područjima s visokim cijenama električne energije ili gdje su kapaciteti električne mreže ograničeni.

Drugi nedostatak je povezivanje s mrežom. Električni grijači velike snage često zahtijevaju posebne instalacije, uključujući visokokapacitetne strujne krugove i zaštitu od preopterećenja. Također, potrebno je osigurati odgovarajuću ventilaciju i sigurnosne mjere kako bi se spriječilo pregrijavanje ili potencijalno oštećenje sustava.

Postoje i nedostaci u vidu primjene u okruženjima gdje postoji opasnost od eksplozije ili u slučajevima gdje je potrebna vrlo precizna kontrola temperature. U takvim slučajevima, alternativni sustavi grijanja, poput plinskih ili parnih grijača, mogu biti prikladniji. [4]

#### □ **Sigurnosni aspekti**

Sigurnost je ključna kada se radi o električnim grijačima velike snage. Zbog visokih temperatura koje mogu dostići, postoji rizik od požara, osobito ako su grijači smješteni blizu zapaljivih materijala ili u slabo ventiliranim prostorima. Kako bi se smanjili rizici, potrebno je provesti detaljnu procjenu rizika prije instalacije i osigurati da grijači budu pravilno uzemljeni i opremljeni zaštitnim uređajima kao što su termostati i prekidači za isključenje u slučaju pregrijavanja.

Redovito održavanje je također ključno za sigurnu uporabu. Ovo uključuje provjeru svih električnih priključaka, čišćenje grijaćih elemenata od nakupljene prašine i drugih nečistoća, te testiranje sigurnosnih uređaja. [4]



### 3.1.14. Odabir troputnih ventila

Troputni ventili bitni su za regulaciju protoka i temperature u sustavima grijanja i hlađenja. Pravilno odabrani troputni ventil osigurava optimalan rad sustava, poboljšava energetska učinkovitost, te osigurava stabilnost i preciznost u kontroli toplinske energije unutar zgrada. [12]



Slika 9 Troputni ventil [13]

#### □ Funkcija troputnih ventila

Troputni ventil ima tri priključka i može raditi u jednom od dva osnovna načina: kao miješajući ventil ili kao prekretni ventil.

**Miješajući ventil:** Kombinira dva ulazna protoka fluida u jedan izlazni. Ovaj način rada koristi se kada je potrebno miješanje fluida različitih temperatura kako bi se postigla željena izlazna temperatura. Na primjer, u sustavima grijanja, hladna voda iz povrata može se miješati s toplom vodom iz kotla kako bi se postigla optimalna temperatura za distribuciju.

**Prekretni ventil:** Preusmjerava ulazni protok na jedan od dva izlazna priključka. Ova funkcija često se koristi u sustavima hlađenja ili grijanja gdje je potrebno preusmjeriti fluid između dva različita kruga ili komponente sustava. [12]

## □ **Odabir troputnih ventila**

Odabir odgovarajućeg troputnog ventila zahtijeva pažljivo razmatranje nekoliko ključnih faktora: [12]

**Vrsta sustava:** Prvo se mora odrediti primarna funkcija ventila, odnosno hoće li ventil raditi kao miješajući ili prekretni. Ova odluka temelji se na specifičnim zahtjevima sustava, kao što su potreba za regulacijom temperature ili preusmjeravanje protoka.

**Protok fluida:** Određivanje protoka fluida kroz ventil bitno je za izbor odgovarajuće veličine ventila. Protok se obično izražava u litrama po minuti (L/min) ili kubnim metrima po satu ( $\text{m}^3/\text{h}$ ). Ventil mora biti dimenzioniran tako da omogući odgovarajući protok uz minimalan pad tlaka.

**Pad tlaka:** Pad tlaka preko ventila treba biti unutar prihvatljivih granica kako bi se izbjegli nepotrebni gubici energije i osigurala stabilna regulacija. Prevelik pad tlaka može opteretiti pumpu i smanjiti učinkovitost sustava, dok premali pad tlaka može dovesti do nestabilne regulacije.

**Karakteristika ventila:** Karakteristika protoka ventila opisuje odnos između položaja ventila i protoka fluida. Postoje tri glavne vrste karakteristika: linearna, logaritamska i parabolična. Izbor karakteristike ovisi o zahtjevima regulacije. Na primjer, linearna karakteristika omogućuje proporcionalan odnos između položaja ventila i protoka, što je korisno u sustavima gdje je potrebna precizna kontrola.

**Tip pogona:** Troputni ventili obično dolaze s pogonima koji mogu biti ručni, pneumatski ili električni. Električni pogoni često se koriste u modernim sustavima grijanja i hlađenja jer omogućuju automatizaciju i integraciju s kontrolnim sustavima zgrade. Pri odabiru pogona važno je osigurati kompatibilnost s upravljačkim sustavom i potrebnu brzinu odziva.

**Materijal izrade:** Materijal ventila treba biti odabran u skladu s uvjetima u sustavu, kao što su temperatura, tlak i kemijski sastav fluida. Najčešće korišteni materijali su mesing, nehrđajući čelik i bronca, a izbor materijala utječe na dugotrajnost i otpornost ventila na koroziju.

**Otpornost na temperaturu i tlak:** Ventili moraju biti sposobni izdržati maksimalne temperature i tlakove koji se javljaju u sustavu. Ovo uključuje i mogućnost rada pri ekstremnim uvjetima, kao što su visoke temperature u sustavima grijanja ili niske temperature u sustavima hlađenja.

**Sposobnost regulacije:** Kapacitet regulacije ventila, odnosno njegov  $K_v$  vrijednost (koeficijent protoka), mora odgovarati potrebama sustava. Koeficijent  $K_v$  definira protok kroz ventil pri zadanoj otvorenosti ventila i padu tlaka. Ventil s prevelikom ili premalim koeficijentom  $K_v$  može otežati preciznu regulaciju sustava. [12]

□ **Primjena troputnih ventila**

**Regulacija temperature:** U sustavima grijanja, troputni ventili se koriste za miješanje tople i hladne vode kako bi se postigla željena temperatura ulaznog fluida u radijatore, ventilokonvektore ili podno grijanje.

**Distribucija fluida:** U sustavima hlađenja, prekretni troputni ventili omogućuju preusmjeravanje fluida između različitih dijelova sustava, kao što su različiti hladnjaci, rashladni tornjevi ili izmjenjivači topline.

**Hidrauličko balansiranje:** Troputni ventili također se koriste za hidrauličko balansiranje sustava, osiguravajući da svi dijelovi sustava primaju odgovarajući protok fluida bez pretjeranih gubitaka tlaka. [12]

U nastavku se nalazi formula za izračun minimalne i maksimalne vrijednosti  $K_v$ .

$$K_{v\min} = \frac{0,25 \cdot G}{\sqrt{100 \cdot \Delta p_{\text{sekundarno}}}} \quad (3.13.)$$

$$K_{v\min} = \frac{0,45 \cdot G}{\sqrt{100 \cdot \Delta p_{\text{sekundarno}}}} \quad (3.14.)$$

Gdje je:

$h_{\text{ukupno}}$  ukupna visina spremnika [m]

$K_v$  koeficijent protka ventila

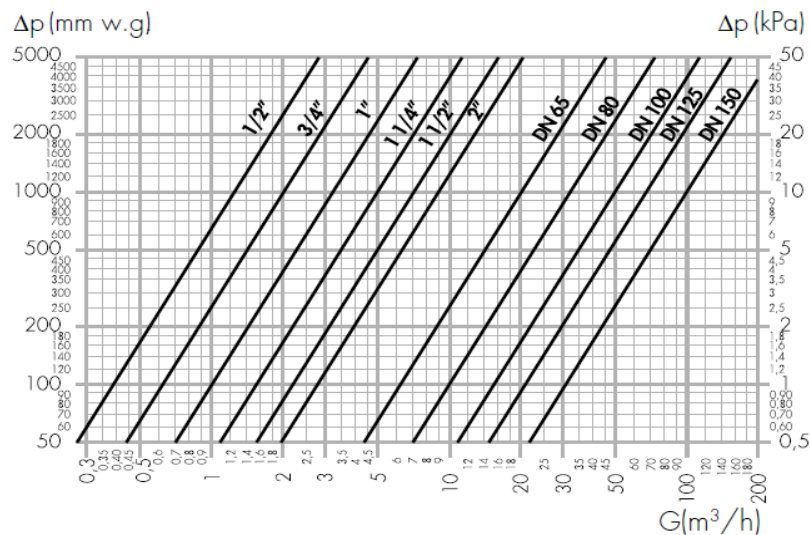
$G$  maseni protok [kg/h]

$\Delta p_{\text{sekundarno}}$  pad tlaka u sekundarnom krugu [kPa]

Nakon što izračunamo te dvije vrijednosti odaberemo tabličnu vrijednost između  $K_{v\min}$  i  $K_{v\max}$ .

Ako npr. dobijemo vrijednosti za  $K_{v\min} = 23 \text{ m}^3/\text{h}$  i  $K_{v\max} = 34 \text{ m}^3/\text{h}$  uzimamo tabličnu vrijednost između te dvije. U tom slučaju  $K_v$  ventila iznosi  $28 \text{ m}^3/\text{h}$  te je prema tome dimenzija ventila 2" (Prikazano na slici 10).

### Hidrauličke karakteristike



Ø	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"
Kv (m³/h)	4	6,3	10	16	22	28
Ø	DN 65	DN 80	DN 100	DN 125	DN 150	
Kv (m³/h)	63	100	160	220	320	

Slika 10 Hidrauličke karakteristike balans ventila [14]

Nakon što smo odredili tabličnu vrijednost  $K_v$  i dimenziju ventila, potrebno je izračunati pad tlaka na ventilu koji se računa prema slijedećem izrazu:

$$\Delta p_{\text{ventila}} = \left( 0,01 \cdot \frac{G}{K_v} \right)^2 \quad (3.15.)$$

U posljednjem koraku računamo autoritet ventila  $\beta$  prema izrazu:

$$\beta = \frac{\Delta p_{\text{ventila}}}{\Delta p_{\text{ventila}} + \Delta p_{\text{sekundarno}}} \quad (3.16.)$$

Tablica 11 u nastavku prikazuje odabir troputnih ventila prema navedenim formulama. Izračunate su minimalne i maksimalne vrijednosti koeficijenta  $K_v$  te je prema tome određen  $K_v$  ventila i tek onda je definirana dimenzija ventila (vidi prilog 34). Nakon što smo definirali dimenziju računamo pad tlaka na ventilu i autoritet ventila.

Naziv grane (Snaga)	Temperatura polaza	Temperatura povrata	$\Delta T$ (K)	Kapacitet (kW)	Protok (m <sup>3</sup> /h)	Dimenzija cijevovoda	Pad tlaka u sistemu (bar)	KV MIN m <sup>3</sup> /h	KV MAX m <sup>3</sup> /h	Troputni ventili				
										ODABRANA DIMENZIJA VENTILA	KV-Ventila	PAD TLAKA NA VENTILU kPa	AUTORITET	
4000 kW	90	70	20	4000	<b>171,43</b>	DN200	0,70959	-	-	-	-	0	-	<b>0,00</b>
3750 kW	90	70	20	3750	<b>160,71</b>	DN200	0,49297	-	-	-	-	0	-	<b>0,00</b>
250 kW	90	70	20	250	<b>10,71</b>	DN80	0,33526	-	-	-	-	0	-	<b>0,00</b>
4200 kW	90	70	20	4200	<b>180,00</b>	DN250	0,20473	-	-	-	-	0	-	<b>0,00</b>
1200 kW	85	75	10	1200	<b>102,86</b>	DN200	0,27367	492	885	DN150	320	10,3	<b>0,27</b>	<b>0,27</b>
800 kW	85	70	15	800	<b>45,71</b>	DN150	0,2004	255	460	DN150	320	2,0	<b>0,09</b>	<b>0,09</b>
700 kW	85	63	22	700	<b>27,27</b>	DN100	0,32837	119	214	DN100	160	2,9	<b>0,08</b>	<b>0,08</b>
600 kW	85	68	17	600	<b>30,25</b>	DN125	0,71807	89	161	DN80	100	9,2	<b>0,11</b>	<b>0,11</b>
900 kW	85	65	20	900	<b>38,57</b>	DN125	0,26887	186	335	DN125	220	3,1	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>

Tablica 11 Odabir troputnih ventila [autor]

### 3.1.15. Odabir prestrujnog ventila

Prestrujni ventili reguliraju tlak i protok fluida unutar sustava, osiguravajući optimalne radne uvjete i sprječavaju preopterećenje ili neravnotežu unutar cjevovoda. [12]



*Slika 11 Prestrujni ventil [18]*

#### □ **Funkcija prestrujnih ventila**

Prestrujni ventili, poznati i kao sigurnosni ili by-pass ventili, služe za održavanje konstantnog tlaka ili protoka u dijelovima sustava kada se promjene radni uvjeti, poput zatvaranja ventila ili smanjenja opterećenja na drugom kraju sustava. Ovi ventili omogućuju preusmjeravanje fluida kada dođe do prekomjernog tlaka ili protoka, vraćajući ga u izvor, kotao, spremnik, ili u drugi dio sustava, kako bi se izbjegla šteta na komponentama ili smetnje u radu sustava. [12]

## □ **Odabir prestrujnih ventila**

Pri odabiru prestrujnih ventila, potrebno je razmotriti nekoliko faktora kako bi se osigurao pravilan rad sustava i dugotrajnost opreme:

**Vrsta sustava:** Prije odabira ventila, potrebno je razumjeti specifične zahtjeve sustava, bilo da se radi o sustavima grijanja, hlađenja ili kombiniranim sustavima. To će odrediti vrstu prestrujnog ventila (npr. tlak osjetljiv, protok osjetljiv) koji će najbolje odgovarati potrebama sustava.

**Maksimalni radni tlak:** Ventil mora biti dimenzioniran za rad na maksimalnom tlaku koji se može pojaviti u sustavu. Ovo je bitno za sprječavanje oštećenja ventila i osiguranje sigurnog rada cijelog sustava.

**Protok fluida:** Ventil mora biti sposoban preusmjeriti odgovarajući protok fluida kako bi održao stabilan rad sustava. Proračun protoka obično se temelji na maksimalnom protoku koji se može pojaviti u sustavu, uzimajući u obzir eventualne promjene u radnim uvjetima.

**Vrsta fluida:** Vrsta fluida koji cirkulira kroz sustav također je bitna za odabir ventila. Na primjer, ventil koji će raditi s vodenom otopinom glikola mora biti otporan na koroziju i imati odgovarajuće brtve.

**Materijal izrade:** Materijal ventila treba biti u skladu s radnim uvjetima i vrstom fluida. Najčešći materijali su mesing, nehrđajući čelik i bronca, a izbor materijala ovisi o specifičnim uvjetima, poput temperature, tlaka i kemijskih karakteristika fluida.

**Preciznost i podešavanje:** Prestrujni ventil mora biti dovoljno precizan da održava zadani tlak ili protok, te da je jednostavan za podešavanje. Ventili s mogućnošću finog podešavanja omogućuju precizno reguliranje i lakše održavanje željenih radnih uvjeta.

**Otpornost na ekstremne uvjete:** Ventil mora biti otporan na ekstremne uvjete koji se mogu pojaviti u sustavu, uključujući visoke ili niske temperature, promjene tlaka, te potencijalnu koroziju zbog kemijskog sastava fluida. [12]

## □ **Vrste prestrujnih ventila**

Prestrujni ventili mogu se klasificirati prema nekoliko kriterija, ovisno o njihovoj funkciji i konstrukciji:

**Ventili osjetljivi na tlak:** Ovi ventili automatski se otvaraju ili zatvaraju kako bi održali konstantan tlak u sustavu. Koriste se kada je potrebno osigurati da tlak u određenom dijelu sustava ne prelazi zadane vrijednosti.

**Ventili osjetljivi na protok:** Ovi ventili reagiraju na promjene protoka fluida i koriste se za održavanje konstantnog protoka kroz određene dijelove sustava, neovisno o promjenama u opterećenju ili radnim uvjetima.

**Hidraulički balansni ventili:** Ovi ventili osiguravaju ravnotežu u sustavima gdje postoji više paralelnih krugova, osiguravajući jednak protok fluida kroz svaki krug, bez obzira na promjene u tlaku.

**Termostatski prestrujni ventili:** Ovi ventili osiguravaju regulaciju temperature, što znači da se otvaraju ili zatvaraju ovisno o temperaturi fluida, te se često koriste u sustavima grijanja gdje je potrebno precizno regulirati temperaturu.

□ **Primjena prestrujnih ventila**

Prestrujni ventili se koriste u različitim svrhe unutar sustava grijanja i hlađenja.

**Zaštita pumpi:** U sustavima s promjenjivim protokom, prestrujni ventili štite pumpe od rada pri prekomjernom tlaku ili bez protoka, time osiguravaju kontinuiran rad i smanjuju opterećenje na pumpu.

**Održavanje stabilnog tlaka u sustavima grijanja:** U sustavima centralnog grijanja, prestrujni ventili se koriste za održavanje konstantnog tlaka, sprječavaju preopterećenje sustava i omogućuju pravilnu distribuciju toplinske energije.

**Kontrola protoka u rashladnim sustavima:** U rashladnim sustavima, prestrujni ventili omogućuju preusmjeravanje rashladnog fluida, osiguravaju optimalan rad sustava i sprječavajući pad temperature ispod željene razine.

**Hidrauličko balansiranje:** U složenim sustavima grijanja ili hlađenja s više paralelnih krugova, prestrujni ventili pomažu u održavanju hidrauličkog balansa te osiguravaju jednak protok fluida kroz sve dijelove sustava.

Koeficijent  $K_v$  za prestrujne ventile računa se prema slijedećem izrazu:

$$K_v = \frac{V}{\sqrt{\Delta p_{\text{ventil}}}} \quad (3.17.)$$

Gdje je:

$V$  = volumni protok na prestrujnom ventilu ( $\text{m}^3$ )

$\Delta p_{\text{ventil}}$  = pad tlaka na ventilu (bar)



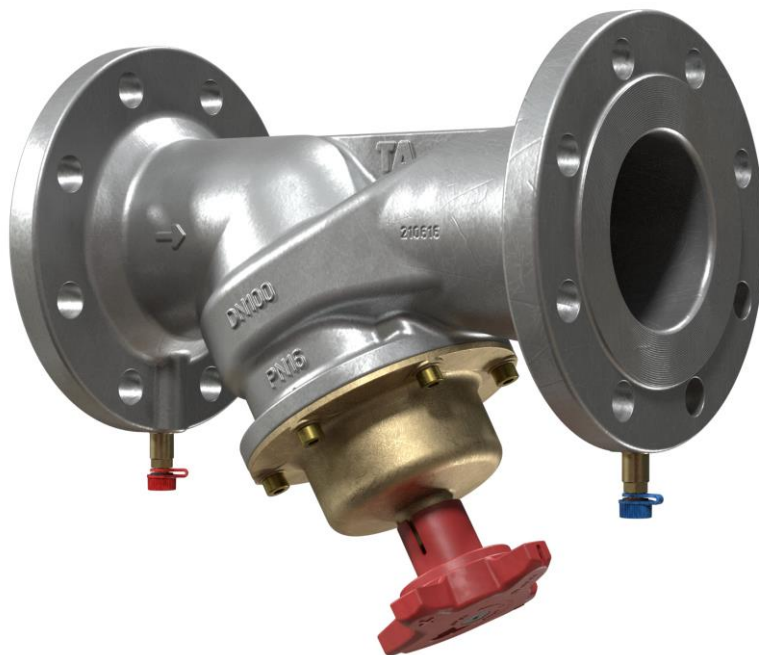
Tablica u nastavku prikazuje proračun i odabir dimenzija prestrujnog ventila prema uputama proizvođača „Danfoss“ (vidi Prilog 19).

Naziv grane (Snaga)	Temperatura polaza	Temperatura povrata	$\Delta T$ (K)	Kapacitet (kW)	Protok (m <sup>3</sup> /h)	Dimenzija cijevovoda	Pad tlaka u sistemu (bar)	KV MIN m <sup>3</sup> /h	Prestrujni ventil				
									ODABRANA DIMENZIJA VENTILA	KV- Ventila	PAD TLAKA NA VENTILU kPa	AUTORITET	
4000 kW	90	70	20	4000	<b>171,43</b>	DN200	0,70959	204	DN125	250	47,0	<b>0,40</b>	<b>0,40</b>
4200 kW	90	70	20	4200	<b>180,00</b>	DN250	0,20473	398	DN150	380	22,4	<b>0,52</b>	<b>0,52</b>

Tablica 12 Odabir prestrujnih ventila [autor]

### 3.1.16. Odabir balansirajućih ventila

Hidrauličko balansiranje je proces kojim se osigurava pravilna raspodjela protoka fluida kroz sve dijelove sustava, čime se omogućuje optimalan rad, poboljšava energetska učinkovitost i smanjuju operativni troškovi. Pravilno odabrani balansirajući ventil osigurava ravnotežu protoka u cijelom sustavu te smanjuje mogućnost pregrijavanja ili pothlađivanja pojedinih dijelova sustava.



*Slika 12 Balans ventil [15]*

#### □ **Funkcija balansirajućih ventila**

Balansirajući ventili reguliraju protok fluida kroz cjevovode kako bi osigurali da svi dijelovi sustava primaju odgovarajuću količinu toplinske energije ili hlađenja. Oni omogućuju preciznu kontrolu i podešavanje protoka, što je posebno važno u složenim sustavima s više grana ili krugova. Bez pravilno postavljenih i dimenzioniranih balansirajućih ventila, određeni dijelovi sustava mogu primati previše ili premalo fluida, što dovodi do neučinkovitog rada i povećanih energetske troškova. [12]

## □ Vrste balansirajućih ventila

Balansirajući ventili mogu se podijeliti u nekoliko kategorija, ovisno o njihovoj funkciji i načinu rada:

**Ručni balansirajući ventili:** Ovi ventili omogućuju ručno podešavanje protoka u sustavu. Većinom se koriste u jednostavnijim sustavima gdje je balansiranje potrebno samo jednom prilikom instalacije ili rijetko nakon toga. Ručni balansirajući ventili opremljeni su skalama ili pokazateljima koje omogućuju precizno podešavanje.

**Automatski balansirajući ventili:** Automatski balansirajući ventili automatski prilagođavaju protok u sustavu na temelju promjena u tlaku ili opterećenju. Ovi ventili su idealni za sustave gdje se radni uvjeti često mijenjaju, kao što su zgrade s promjenjivim opterećenjem grijanja ili hlađenja. Automatski ventili omogućuju jednostavnije održavanje jer eliminiraju potrebu za ručnim podešavanjem.

**Dinamički balansirajući ventili:** Ovi ventili, često nazvani i ventilima s konstantnim protokom, osiguravaju stalni protok kroz određeni dio sustava, neovisno o promjenama tlaka. Koriste se u sustavima gdje je potrebna vrlo precizna kontrola protoka, kao što su sustavi s osjetljivom opremom ili u specifičnim industrijskim primjenama.

**Kombinirani balansirajući ventili:** Ovi ventili kombiniraju funkcije automatskog balansiranja i regulacije diferencijalnog tlaka, osiguravajući optimalan rad u složenim sustavima. Koriste se u sustavima gdje je potrebna visoka razina automatizacije i precizna kontrola. [12]

## □ Odabir balansirajućih ventila

Odabir odgovarajućeg balansirajućeg ventila zahtijeva pažljivo razmatranje nekoliko ključnih faktora:

**Veličina i tip sustava:** Veličina sustava i složenost distribucije fluida ključni su faktori pri odabiru ventila. Veliki, kompleksni sustavi s mnogo grana i krugova zahtijevaju automatske ili dinamičke balansirajuće ventile, dok manji sustavi mogu učinkovito funkcionirati s ručnim ventilima.

**Protok fluida:** Potrebno je točno izračunati protok fluida kroz svaku granu ili krug sustava. Balansirajući ventil mora biti dimenzioniran tako da osigura odgovarajući protok bez prekomjernog pada tlaka, što je ključno za održavanje energetske učinkovitosti.

**Pad tlaka:** Pad tlaka kroz balansirajući ventil mora biti unutar prihvatljivih granica. Prevelik pad tlaka može uzrokovati preopterećenje na pumpama i smanjiti učinkovitost sustava, dok premali pad tlaka može dovesti do neravnomjerne raspodjele fluida.

**Temperaturni i tlačni uvjeti:** Ventil mora biti izrađen od materijala koji mogu izdržati maksimalne temperature i tlakove u sustavu. Ovo je posebno važno u sustavima grijanja gdje se

moгу javiti visoke temperature, ili u sustavima hlađenja gdje niske temperature mogu uzrokovati kondenzaciju ili zamrzavanje.

**Točnost regulacije:** Točnost regulacije je ključna u sustavima gdje je precizna kontrola protoka neophodna. Dinamički balansirajući ventili ili ventili s integriranim senzorima tlaka omogućuju visoku preciznost, što je bitno u sustavima s osjetljivim potrošačima ili specifičnim industrijskim zahtjevima.

**Montaža i održavanje:** Prilikom odabira ventila treba razmotriti i jednostavnost instalacije i održavanja. Ventili koji omogućuju jednostavno podešavanje i imaju manje zahtjeva za održavanje preferiraju se u komercijalnim i industrijskim sustavima gdje su troškovi održavanja značajan faktor. [12]

#### □ **Primjena balansirajućih ventila**

Balansirajući ventili koriste se u različitim aplikacijama unutar sustava grijanja i hlađenja:

**Distribucija grijanja u velikim zgradama:** U sustavima centralnog grijanja, balansirajući ventili osiguravaju ravnomjernu raspodjelu topline kroz sve etaže i prostorije te sprječavaju neravnomjerno grijanje i povećavaju komfor korisnika.

**Rashladni sustavi:** U rashladnim sustavima, balansirajući ventili održavaju optimalan protok rashladnog fluida kroz različite dijelove sustava, čime se osigurava učinkovito hlađenje i smanjuje potrošnja energije.

**Sustavi s promjenjivim protokom:** U sustavima gdje se protok fluida često mijenja, automatski balansirajući ventili prilagođavaju se promjenama u stvarnom vremenu, održavajući stabilan rad sustava bez potrebe za ručnim intervencijama.

**Industrijski procesi:** U industrijskim sustavima gdje se koristi topla voda ili para, balansirajući ventili osiguravaju preciznu kontrolu protoka, čime se povećava učinkovitost procesa i smanjuju operativni troškovi. [12]

Koeficijent protoka ventila  $K_v$  za balansirajuće ventile se računa prema izrazu:

$$K_v = 0,01 \cdot G \cdot \sqrt{100 \cdot \Delta p_{\text{sekundarno}}} \quad (3.18.)$$

U nastavku su prikazane dimenzije balansirajućih ventila za pojedine krugove.

Naziv grane (Snaga)	Temperatura polaza	Temperatura povrata	$\Delta T$ (K)	Kapacitet (kW)	Balansirajući ventili							
					UKUPNI PAD TLAKA	Protok (m <sup>3</sup> /h)	PROTOK (l/h)	KV	DIMENZIJA VENTILA	KV	PAD TLAKA NA VENTILU kPa	AUTORITET
4000 kW	90	70	20	4000	71,0	171,43	171429	204	-	-	0	0,00
3750 kW	90	70	20	3750	49,3	160,71	160714	229	DN125	220	53,4	0,52
250 kW	90	70	20	250	33,5	10,71	10714	19	DN40	22	23,7	0,41
4200 kW	90	70	20	4200	20,5	180,00	180000	398	-	-	0,0	0,00
1200 kW	85	75	10	1200	37,7	102,86	102857	168	DN100	160	41,3	0,52
800 kW	85	70	15	800	22,1	45,71	45714	97	DN80	100	20,9	0,49
700 kW	85	63	22	700	35,7	27,27	27273	46	DN65	63	18,7	0,34
600 kW	85	68	17	600	81,0	30,25	30252	34	DN65	63	23,1	0,22
900 kW	85	65	20	900	30,0	38,57	38571	70	DN80	100	14,9	0,33

*Tablica 13 Odabir balansirajućih ventila*

### 3.1.17. Odabir pumpi

Pumpe su ključne komponente koje osiguravaju cirkulaciju fluida (vode, rashladne tekućine, glikola) kroz cjevovodni sustav, čime omogućuju prijenos toplinske energije između izvora topline ili hlađenja i potrošača. Pravilno odabrana pumpa doprinosi energetskej učinkovitosti, smanjuje operativne troškove i povećava pouzdanost sustava. [4]



*Slika 13 Pumpe [16]*

#### □ Uloga pumpi u sustavima grijanja i hlađenja

Pumpe se u sustavima grijanja i hlađenja koriste za cirkulaciju fluida kroz sustav te osiguravaju da se toplinska energija prenosi s jednog mjesta na drugo. U sustavima grijanja, pumpe cirkuliraju toplu vodu iz kotla ili drugog izvora topline kroz cjevovode do radijatora, podnog grijanja ili drugih potrošačkih jedinica. [4]

#### □ Uvjeti za odabir pumpi

Odabir prave pumpe za sustav grijanja ili hlađenja zahtijeva pažljivo razmatranje nekoliko faktora: [4]

**Protok fluida:** Protok, često izražen u litrama po minuti (L/min) ili kubnim metrima po satu ( $m^3/h$ ), određuje koliko fluida pumpa mora transportirati kroz sustav. Protok se izračunava na temelju potrebne toplinske snage sustava i temperaturne razlike između ulaznog i izlaznog fluida.

**Diferencijalni tlak (visina dizanja):** Diferencijalni tlak ili visina dizanja, izražena u metrima vodenog stupca ili barima, predstavlja tlak koji pumpa mora stvoriti kako bi prevladala sve otpore

u sustavu, uključujući pad tlaka u cjevovodima, ventilima i ostalim komponentama sustava, da fluid dosegne sve dijelove sustava.

**Vrsta fluida:** Odabir pumpe također ovisi o vrsti fluida koji će cirkulirati kroz sustav. Na primjer, pumpe za cirkulaciju glikola ili drugih kemijski agresivnih tekućina moraju biti izrađene od odgovarajućih materijala otpornih na koroziju.

**Efikasnost pumpe:** Efikasnost pumpe izravno utječe na ukupnu energetska učinkovitost sustava. Pumpe s visokom efikasnošću smanjuju potrošnju energije i operativne troškove. Moderni sustavi često koriste pumpe s promjenjivom brzinom (inverterske pumpe), koje prilagođavaju svoj rad trenutnim potrebama sustava, čime se dodatno povećava energetska učinkovitost.

**Radni uvjeti:** Pumpa mora biti sposobna raditi u uvjetima koji vladaju u sustavu, uključujući maksimalnu i minimalnu temperaturu fluida, tlak, te moguće promjene u opterećenju. Ovo uključuje otpornost na rad u ekstremnim uvjetima, poput visokih temperatura u sustavima grijanja ili niskih temperatura u rashladnim sustavima.

**Materijali izrade:** Materijal od kojeg je pumpa izrađena mora biti otporan na koroziju, abraziju i kemijsku agresivnost fluida. Uobičajeni materijali uključuju nehrđajući čelik, broncu, i lijevano željezo, a izbor ovisi o specifičnim uvjetima sustava.

**Veličina i vrsta pumpe:** Veličina pumpe mora biti odgovarajuća za specifične potrebe sustava. Prevelika pumpa može uzrokovati nepotrebno trošenje energije i komponenti, dok premala pumpa možda neće moći isporučiti potrebnu količinu fluida. Tip pumpe također ovisi o specifičnoj primjeni – centrifugalne pumpe su najčešće korištene u HVAC sustavima zbog svoje pouzdanosti i efikasnosti.

**Kontrola i automatizacija:** Mnoge moderne pumpe dolaze s mogućnošću integracije s automatskim sustavima kontrole, što omogućuje optimizaciju rada pumpe na temelju trenutnih potreba sustava. Pumpe s promjenjivom brzinom, koje se mogu kontrolirati putem BMS (Building Management System) sustava, omogućuju značajne uštede energije.

#### □ **Vrste pumpi u sustavima grijanja i hlađenja**

Različite vrste pumpi koriste se u sustavima grijanja i hlađenja, ovisno o specifičnim zahtjevima aplikacije:

**Centrifugalne pumpe:** Najčešće korištene u sustavima grijanja i hlađenja, centrifugalne pumpe koriste centrifugalnu silu za povećanje brzine fluida i njegovo usmjeravanje kroz sustav. One su poznate po svojoj pouzdanosti, jednostavnosti održavanja i širokom rasponu primjena.

**Pumpe s promjenjivom brzinom:** Ove pumpe mogu mijenjati svoju brzinu rada ovisno o trenutnim potrebama sustava, što omogućuje značajnu uštedu energije. Inverterski pogoni koriste se za kontrolu brzine i optimizaciju rada pumpe.

**Inline pumpe:** Inline pumpe postavljaju se direktno u cjevovodni sustav i omogućuju uštedu prostora. One su posebno korisne u sustavima gdje je prostor ograničen ili gdje je potrebna visoka modularnost.

**Samousisne pumpe:** Ove pumpe imaju sposobnost automatskog uklanjanja zraka iz sustava, čime se osigurava kontinuirani rad bez potrebe za dodatnim intervencijama.

**Cirkulacijske pumpe:** Ove pumpe koriste se za osiguravanje kontinuiranog kretanja fluida unutar zatvorenih sustava, kao što su sustavi grijanja ili hlađenja s povratnim krugovima. Cirkulacijske pumpe često su male veličine i energetski učinkovite.

#### □ **Primjena pumpi u sustavima grijanja i hlađenja**

**Centralno grijanje:** U centralnim sustavima grijanja, pumpe cirkuliraju toplu vodu iz kotla kroz sustav radijatora ili podnog grijanja, osiguravajući ravnomjernu raspodjelu toplinske energije.

**Sustavi hlađenja:** U sustavima hlađenja, pumpe cirkuliraju rashladnu tekućinu kroz cjevovode do rashladnika, ventilokonvektora ili drugih jedinica za hlađenje. Pumpe s promjenjivom brzinom često se koriste kako bi se optimizirala potrošnja energije u sustavima s promjenjivim opterećenjem.

**Distribucija fluida u složenim sustavima:** U velikim komercijalnim ili industrijskim objektima, pumpe su ključne za distribuciju fluida kroz složene mreže cjevovoda, omogućujući pravilnu funkcionalnost cijelog sustava. [4]



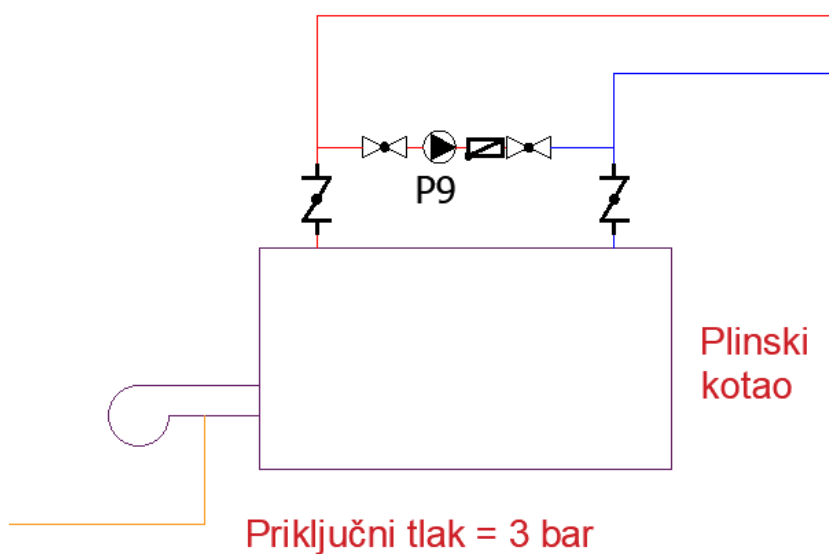
Tablica u nastavku prikazuje pad tlaka u pojedinim krugovima koje svaka pumpa mora moći savladati te protoke koji moraju cirkulirati kroz svaki krug grijanja.

Naziv grane (Snaga)	Temperatura polaza	Temperatura povrata	$\Delta T$ (K)	Kapacitet (kW)	Protok (m <sup>3</sup> /h)	Dimenzija cijevovoda	Pumpe		
							Oznaka	Pad tlaka (kPa)	Protok (m <sup>3</sup> /h)
4000 kW	90	70	20	4000	<b>171,43</b>	DN200	<b>P1</b>	118,0	171,43
3750 kW	90	70	20	3750	<b>160,71</b>	DN200	<b>P2</b>	102,7	160,71
250 kW	90	70	20	250	<b>10,71</b>	DN80	<b>P3</b>	57,2	10,71
4200 kW	90	70	20	4200	<b>180,00</b>	DN250	-	20,5	180,00
1200 kW	85	75	10	1200	<b>102,86</b>	DN200	<b>P4</b>	37,7	102,86
800 kW	85	70	15	800	<b>45,71</b>	DN150	<b>P5</b>	43,0	45,71
700 kW	85	63	22	700	<b>27,27</b>	DN100	<b>P6</b>	35,7	27,27
600 kW	85	68	17	600	<b>30,25</b>	DN125	<b>P7</b>	81,0	30,25
900 kW	85	65	20	900	<b>38,57</b>	DN125	<b>P8</b>	30,0	38,57
							<b>P9</b>	20,0	43,00

Tablica 14 Odabir pumpi [autor]

Pumpa „P9“ odabrana je kao sigurnosna pumpa na strani kotla. Za vrijednost protoka potrebnog za cirkulaciju pumpe je pretpostavljeno 25% protoka na primarnoj strani sustava, a za visinu dobave pumpe je pretpostavljena vrijednost od 0,2 bar.

Tako smo dobili protok od 43 m<sup>3</sup>/h pri padu tlaka od 20 kPa (0,2 bar). (Tablica 14)



Slika 14 Pumpa "P9" [autor]

## **4. Integracija fotonaponskog sustava**

### **4.1. Dimenzioniranje fotonaponskog sustava prema lokalnim insolacijskim uvjetima**

Dimenzioniranje fotonaponskog sustava je veoma bitno u projektiranju jer osigurava da sustav maksimalno iskoristi dostupnu solarnu energiju i zadovolji energetske potrebe uz minimalne gubitke. Ovaj proces uključuje detaljnu analizu lokalnih insolacijskih uvjeta, poput količine sunčevog zračenja, nagiba krova, orijentacije modula i lokalnih klimatskih podataka.

U konkretnom slučaju, fotonaponski sustav je dimenzioniran za lokaciju Varaždin, Hrvatska. Koristeći povijesne klimatske podatke prikupljene u razdoblju od 1996. do 2015. godine putem baze podataka Meteonorm 8.1, ustanovljeno je da je godišnja insolacija na horizontalnoj površini 1.228,16 kWh/m<sup>2</sup>. Ovi podaci su bitni za određivanje potencijala solarne energije na toj lokaciji i omogućuju precizno dimenzioniranje sustava.

Sustav koji je projektiran ima instaliranu snagu od 318,5 kW<sub>p</sub>, što je raspodijeljeno na dvije površine modula, koje se nazivaju POLJE 1 i POLJE 2. Svako polje sadrži 350 modula DAH Solar DHM-72L9-455W, s ukupnom površinom od 760,8 m<sup>2</sup> po polju, što čini ukupnu površinu sustava od 1.521,5 m<sup>2</sup>. Moduli su postavljeni na krov zgrade s nagibom od 10° i orijentacijom prema istoku (90°) za POLJE 1 te zapadu (270°) za POLJE 2. Ova orijentacija omogućava ravnomjernu distribuciju solarne energije tokom dana, optimizirajući proizvodnju električne energije u jutarnjim i popodnevnim satima.

Dimenzioniranje fotonaponskih modula uzima u obzir ne samo optimalnu orijentaciju i nagib već i tip modula koji će se koristiti, te njihovu učinkovitost u pretvaranju solarne energije u električnu. U ovom slučaju, odabrani moduli imaju nominalnu snagu od 455 W po modulu.

Sustav je opremljen s 7 izmjenjivača marke Huawei Technologies, model SUN2000-40KTL-M3. Izmjenjivači su ključni za pretvorbu istosmjerne struje (DC), koju proizvode solarni moduli, u izmjeničnu struju (AC) koja je prikladna za isporuku u električnu mrežu. Faktor dimenzioniranja izmjenjivača iznosi 113,8%, što znači da su izmjenjivači projektirani da podnose određeni višak energije, čime se osigurava stabilan rad sustava čak i tijekom razdoblja maksimalne insolacije.

Proračun snage fotonaponskog sustava vršen je u programu „PVSol“. Slika u nastavku prikazuje općenite podatke o fotonaponskoj elektrani.

## Pregled

### Podaci o FN sustavu

Vrsta uređaja	Mrežno povezan FN generator
<b>Klimatski podaci</b>	
Lokacija	Varazdin, HRV (1996 - 2015)
Izvor podataka	Meteonorm 8.1
Rješavanje podataka	1 h
Koristi se simulacijski modeli:	
- Difuzno zračenje na vodoravnoj	Hofmann
- Zračenje na prikladnu površinu	Hay & Davies

## Površine FN modula

### 1. Položaj FN modula - POLJE 1

#### FN Generator, 1. Položaj FN modula - POLJE 1

Naziv	POLJE 1
FN moduli	350 x DHM-72L9-455W (v1)
Proizvođač	DAH Solar
Nagib	10 °
Orijentacija	Istok 90 °
Vrsta ugradnje generatora	Povišen - krov
Površina FN generatora	760,8 m <sup>2</sup>

### 2. Položaj FN modula - POLJE 2

#### FN Generator, 2. Položaj FN modula - POLJE 2

Naziv	POLJE 2
FN moduli	350 x DHM-72L9-455W (v1)
Proizvođač	DAH Solar
Nagib	10 °
Orijentacija	Zapad 270 °
Vrsta ugradnje generatora	Povišen - krov
Površina FN generatora	760,8 m <sup>2</sup>

Slika 15 Proračun fotonaponske elektrane [autor]

## 4.2. Analiza utjecaja fotonaponskog sustava na ukupnu energetske bilancu

Energetska bilanca fotonaponskog sustava predstavlja detaljan prikaz svih energetske tokova unutar sustava, od ulazne solarne energije do konačne isporučene električne energije u mrežu. U analiziranom slučaju, fotonaponski sustav generira ukupno 342.949 kWh električne energije godišnje, što je rezultat optimiziranog dizajna i lokalnih klimatskih uvjeta.

Na početku analize, procjenjuje se globalno solarno zračenje koje dolazi do modula. U ovom sustavu, globalno zračenje na površini modula iznosi 1.214,30 kWh/m<sup>2</sup>. Kada se to pomnoži s ukupnom površinom modula od 1.521,5 m<sup>2</sup>, dobije se ukupna energija koja je dostupna na modulima, što iznosi 1.847.550,69 kWh godišnje.

Međutim, nisu sve ove energije dostupne za proizvodnju električne energije zbog različitih gubitaka. Neki od glavnih faktora koji smanjuju ukupnu raspoloživu energiju uključuju:

**Refleksija od tla (albedo):** Ovaj efekt dodaje mali dio energije, ali je u ovom slučaju relativno mali, oko 1,85 kWh/m<sup>2</sup>.

**Orijentacija i nagib modula:** Blaga odstupanja u orijentaciji i nagibu smanjuju raspoloživu energiju za oko 1,11%.

**Refleksija na površini modula:** Zračenje koje se reflektira s prednje strane modula smanjuje energiju za dodatnih 1,30%.

**Performanse u uvjetima slabog svjetla:** Moduli gube dio svoje učinkovitosti u uvjetima niske osvjetljenosti, što smanjuje ukupnu energiju za oko 4,09%.

**Temperaturni efekti:** Kako se temperatura modula povećava, njihova učinkovitost opada, što rezultira dodatnim gubitkom od 2,24%.

Nakon što se svi gubici uzmu u obzir, energija koja dolazi na ulaz izmjenjivača iznosi 351.418,55 kWh. Kada se oduzmu gubici u pretvorbi DC u AC (koji iznose 2,18%) i standby potrošnja izmjenjivača, konačna energija koja se isporučuje u mrežu iznosi 342.949,35 kWh godišnje.

## Prognoza dobiti

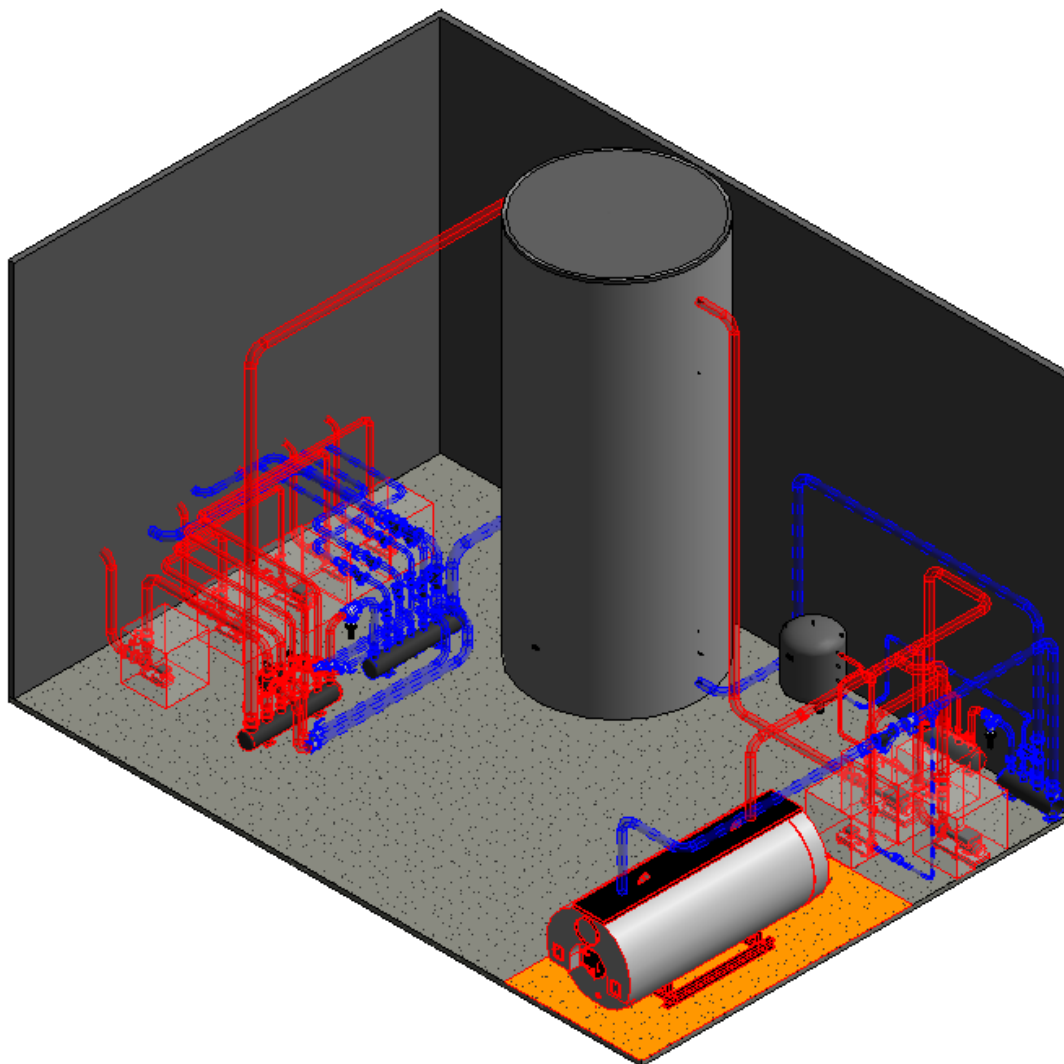
### Prognoza dobiti

Snaga FN generatora	318,50 kWp
Specifični godišnji prihodi	1.076,25 kWh/kWp
Stupanj djelovanja (PR)	87,47 %
Isporuka energije u mrežu	342.949 kWh/godina
Predaja energije u mrežu u prvoj godini (uklj. degradaciju modula)	342.949 kWh/godina
Standby potrošnja (Izmjenjivač)	165 kWh/godina
Izbjegnute CO <sub>2</sub> -emisije	161.109 kg/godina

Slika 16 Prognoza dobiti FN elektrane [autor]

## 5. Dispozicija opreme i grafički prikazi

U nastavku se nalazi 3D prikaz strojarnice, napravljen u programu AutoDesk Revit u svrhu bolje vizualizacije diplomskog rada. U prilogu 39 je prikazan tehnički crtež strojarnice s nabrojenim svim glavnim elementima. Također, u prilogu 38 je prikazana hidraulička shema spajanja toplovodne energane.



*Slika 17 Izometrija strojarnice [autor]*

## 6. Energetska učinkovitost i ekonomska analiza

Fotonaponski sustavi predstavljaju jednu od najvažnijih tehnologija za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora. Koristeći sunčevu energiju pretvaraju svjetlosnu energiju direktno u električnu energiju putem fotonaponskog efekta. S obzirom na globalne napore za smanjenje emisije stakleničkih plinova i prelazak na obnovljive izvore energije, integracija fotonaponskih sustava postala je održivo rješenje u modernim energetske sustavima. [17]

### □ Osnovni principi rada fotonaponskih sustava

Fotonaponski efekt je prvi put opažen početkom 19. stoljeća. Kada fotoni iz sunčeve svjetlosti pogode poluvodički materijal, poput silicija, oslobađaju elektrone, što generira električnu struju. Fotonaponski moduli, koji se sastoje od više solarnih ćelija, međusobno su povezani kako bi proizveli potrebnu količinu električne energije. [17]

### □ Integracija fotonaponskih sustava u energetske mreže

Integracija fotonaponskih sustava u postojeće elektroenergetske mreže može biti izazovna zbog varijabilnosti sunčeve energije. Sunčeva energija nije stalna i ovisi o vremenskim uvjetima i dobu dana, što može uzrokovati fluktuacije u proizvodnji energije. Zbog toga se koriste različite tehnologije za balansiranje proizvodnje i potrošnje energije, poput baterijskih sustava za pohranu energije, pametnih mreža i naprednih algoritama za predikciju proizvodnje.

Osim toga, decentralizirana proizvodnja električne energije putem fotonaponskih sustava omogućava korisnicima da postanu proizvođači i potrošači energije, što može smanjiti opterećenje glavne mreže i povećati energetske neovisnost. [17]

### 6.1.1. Integracija fotonaponskih sustava u sustave grijanja

#### □ Uvod u sustave grijanja

Tradicionalni sustavi grijanja, koji uključuju kotlove na plin, ulje ili drva, često imaju značajan udio u ukupnoj potrošnji energije u zgradama. Uz rastuće cijene energenata i ekološke izazove, postoji sve veći interes za integraciju obnovljivih izvora energije u sustave grijanja. Fotonaponski sustavi mogu biti vrlo bitni u tome, ne samo kroz izravnu proizvodnju električne energije, već i kao podrška sustavima grijanja, osobito za dogrijavanje akumulacijskih spremnika tople vode. [17]

## □ **Primjena fotonaponskih sustava za dogrijavanje akumulacijskih spremnika**

Dogrijavanje akumulacijskih spremnika potrošne tople vode uz pomoć fotonaponskih sustava može se postići putem nekoliko metoda:

**Direktna integracija s električnim grijačima:** U ovom sustavu, električna energija proizvedena iz fotonaponskih panela koristi se za napajanje električnih grijača u akumulacijskim spremnicima. Ova metoda je jednostavna za implementaciju, ali ovisi o varijabilnosti sunčeve energije. Sustav obično uključuje termostate i kontrolere za optimalno korištenje proizvedene energije.

**Kombinacija s toplinskim pumpama:** Toplinske pumpe koriste električnu energiju za prebacivanje topline iz okolnog zraka, tla ili vode u sustav grijanja. Kada se fotonaponski sustav integrira s toplinskom pumpom, električna energija proizvedena iz fotonaponskih panela može se koristiti za pogon pumpe, čime se povećava energetska učinkovitost cijelog sustava.

**Hibridni sustavi:** U hibridnim sustavima, fotonaponski sustavi mogu biti kombinirani s drugim obnovljivim izvorima energije, poput solarnih toplinskih kolektora. Solarni toplinski kolektori koriste sunčevu energiju za direktno zagrijavanje vode, dok fotonaponski paneli proizvode električnu energiju za potrebe zgrade ili sustava grijanja. Hibridni sustavi pružaju veću fleksibilnost i učinkovitost, posebno u područjima s visokom razinom sunčeve energije. [17]

## □ **Prednosti i nedostaci integracije**

### **Prednosti:**

**Smanjenje troškova energije:** Korištenje fotonaponske energije za dogrijavanje vode može značajno smanjiti troškove za grijanje, osobito u područjima s visokim troškovima konvencionalnih energenata.

**Smanjenje emisija CO<sub>2</sub>:** Integracija fotonaponskih sustava u sustave grijanja doprinosi smanjenju emisija CO<sub>2</sub>, što je važno u kontekstu globalnih napora za borbu protiv klimatskih promjena.

**Povećanje energetske neovisnosti:** Korištenje vlastite proizvedene energije smanjuje ovisnost o vanjskim dobavljačima energije i štiti korisnike od fluktuacija cijena energenata.

### **Nedostaci:**

**Varijabilnost proizvodnje:** Ovisnost o vremenskim uvjetima znači da fotonaponski sustavi ne mogu uvijek osigurati potrebnu količinu energije za dogrijavanje. To zahtijeva dodatne sustave za pohranu energije ili pomoćne izvore.

**Početna ulaganja:** Integracija fotonaponskih sustava može zahtijevati značajna početna ulaganja, iako se dugoročno mogu ostvariti značajne uštede.

**Kompleksnost sustava:** Ugradnja i upravljanje integriranim sustavima zahtijevaju stručnost i napredne tehnologije, što može povećati troškove održavanja. [17]

## 6.2. Izračun energetske učinkovitosti sustava tijekom sezone grijanja

Tablica u nastavku prikazuje maksimalnu, minimalnu te srednju dnevnu temperaturu za razdoblje od 1.10.2023. do 15.5.2024. te je na temelju toga napravljen izračun toplinske potrebe objekta za svaki dan. Dnevna potrošnja se računa prema slijedećem izrazu:

$$Q = P_{iz} \cdot \left( \frac{T_{pr} - T_{sr}}{T_{pr} + T_{pro}} \right) \cdot \frac{1}{\eta} \cdot 24 \quad (4.1.)$$

Gdje je:

$Q$  = dnevna potrošena energija (kWh)

$P_{iz}$  = snaga kotla (kW)

$T_{pr}$  = temperatura prostorije

$T_{sr}$  = prosječna dnevna temperatura

$T_{pro}$  = projektna temperatura za Varaždin  $\rightarrow -15^{\circ}\text{C}$

$\eta$  = stupanj efikasnosti kotla (%)  $\rightarrow 1,05\%$



Datum	Max. dnevna temperatura (°C)	Min. dnevna temperatura (°C)	Srednja dnevna temperatura (°C)	Razlika između prosječne vanjske temperature i unutarnje projektne temperature (°C)	Dnevna potrošnja toplinske energije (kWh)	Vrijeme rada kotla zbog implementacije akumulacijskog spremnika (h)
1.10.2023	21,1	11,3	16,2	5,8	16.078	0,67
2.10.2023	24,1	11,1	17,6	4,4	12.197	0,51
3.10.2023	25	13,2	19,1	2,9	8.039	0,33
4.10.2023	18,8	12,1	15,45	6,55	18.157	0,76
5.10.2023	20,4	9,3	14,85	7,15	19.820	0,83
6.10.2023	19,6	11,2	15,4	6,6	18.295	0,76
7.10.2023	22,8	9,8	16,3	5,7	15.801	0,66
8.10.2023	28,1	11,3	19,7	2,3	6.376	0,27
9.10.2023	20	9,4	14,7	7,3	20.236	0,84
10.10.2023	21,4	12,5	16,95	5,05	13.999	0,58
11.10.2023	22,7	11,5	17,1	4,9	13.583	0,57
12.10.2023	24,3	13,9	19,1	2,9	8.039	0,33
13.10.2023	24,7	13,7	19,2	2,8	7.762	0,32
14.10.2023	25,2	16,7	20,95	1,05	2.911	0,12
15.10.2023	16,6	7,5	12,05	9,95	27.582	1,15
16.10.2023	12,4	4,8	8,6	13,4	37.145	1,55
17.10.2023	12,4	2,4	7,4	14,6	40.472	1,69
18.10.2023	13,6	3	8,3	13,7	37.977	1,58
19.10.2023	21	8,9	14,95	7,05	19.543	0,81
20.10.2023	26	18,7	22,35	-0,35	0	0,00
21.10.2023	20,8	16	18,4	3,6	9.979	0,42
22.10.2023	20,2	10,5	15,35	6,65	18.434	0,77
23.10.2023	20,2	9,2	14,7	7,3	20.236	0,84
24.10.2023	17,9	15,4	16,65	5,35	14.830	0,62
25.10.2023	19,9	13,8	16,85	5,15	14.276	0,59
26.10.2023	19,9	12,7	16,3	5,7	15.801	0,66
27.10.2023	18,3	11,5	14,9	7,1	19.681	0,82
28.10.2023	17	11,4	14,2	7,8	21.622	0,90
29.10.2023	20,1	11,3	15,7	6,3	17.464	0,73
30.10.2023	21,1	15,3	18,2	3,8	10.534	0,44
31.10.2023	19,1	9,5	14,3	7,7	21.345	0,89
1.11.2023	16,2	7,1	11,65	10,35	28.691	1,20
2.11.2023	17,9	11	14,45	7,55	20.929	0,87
3.11.2023	17,1	7,5	12,3	9,7	26.889	1,12
4.11.2023	13	5,3	9,15	12,85	35.621	1,48
5.11.2023	17,1	10	13,55	8,45	23.424	0,98
6.11.2023	17,4	6,3	11,85	10,15	28.136	1,17
7.11.2023	14,2	8	11,1	10,9	30.215	1,26
8.11.2023	13,7	5,8	9,75	12,25	33.957	1,41
9.11.2023	13,8	4,7	9,25	12,75	35.343	1,47
10.11.2023	11	7,2	9,1	12,9	35.759	1,49
11.11.2023	9,7	2,1	5,9	16,1	44.630	1,86
12.11.2023	11,4	0	5,7	16,3	45.184	1,88
13.11.2023	12,2	5,2	8,7	13,3	36.868	1,54
14.11.2023	17,5	12,3	14,9	7,1	19.681	0,82
15.11.2023	16,5	6,2	11,35	10,65	29.522	1,23
16.11.2023	12,8	2,1	7,45	14,55	40.333	1,68
17.11.2023	10,9	4,3	7,6	14,4	39.917	1,66
18.11.2023	10,3	1,1	5,7	16,3	45.184	1,88
19.11.2023	9,4	1	5,2	16,8	46.570	1,94
20.11.2023	13,1	2,9	8	14	38.809	1,62
21.11.2023	9,3	5	7,15	14,85	41.165	1,72
22.11.2023	7,7	-0,1	3,8	18,2	50.451	2,10
23.11.2023	7,6	-1,9	2,85	19,15	53.084	2,21
24.11.2023	11,3	1,4	6,35	15,65	43.382	1,81
25.11.2023	5,2	-1,6	1,8	20,2	55.995	2,33
26.11.2023	4,9	-2,2	1,35	20,65	57.243	2,39
27.11.2023	7,1	-1,2	2,95	19,05	52.807	2,20
28.11.2023	6,1	2,9	4,5	17,5	48.511	2,02
29.11.2023	4,5	-2,7	0,9	21,1	58.490	2,44
30.11.2023	5,9	-1,2	2,35	19,65	54.471	2,27

Tablica 15 Proračun dnevne potrošnje energane I [autor]

Datum	Max. dnevna temperatura (°C)	Min. dnevna temperatura (°C)	Srednja dnevna temperatura (°C)	Razlika između prosječne vanjske temperature i unutarnje projektne temperature (°C)	Dnevna potrošnja toplinske energije (kWh)	Vrijeme rada kotla zbog implementacije akumulacijskog spremnika (h)
1.12.2023	5,1	1,9	3,5	18,5	51.283	2,14
2.12.2023	2,7	0,4	1,55	20,45	56.688	2,36
3.12.2023	2,8	-4,9	-1,05	23,05	63.895	2,66
4.12.2023	2,6	-4,9	-1,15	23,15	64.173	2,67
5.12.2023	1,7	-2,1	-0,2	22,2	61.539	2,56
6.12.2023	1,9	-0,8	0,55	21,45	59.460	2,48
7.12.2023	5,9	-3	1,45	20,55	56.965	2,37
8.12.2023	4,7	-2,9	0,9	21,1	58.490	2,44
9.12.2023	2,1	-1,2	0,45	21,55	59.737	2,49
10.12.2023	5,6	-1	2,3	19,7	54.609	2,28
11.12.2023	10,6	1,4	6	16	44.353	1,85
12.12.2023	9,2	1,2	5,2	16,8	46.570	1,94
13.12.2023	8,2	5,8	7	15	41.581	1,73
14.12.2023	9,9	2,8	6,35	15,65	43.382	1,81
15.12.2023	7,5	1,3	4,4	17,6	48.788	2,03
16.12.2023	7,4	-0,8	3,3	18,7	51.837	2,16
17.12.2023	8	-1,8	3,1	18,9	52.391	2,18
18.12.2023	10	-1,2	4,4	17,6	48.788	2,03
19.12.2023	8,5	-2,3	3,1	18,9	52.391	2,18
20.12.2023	2,6	-3,3	-0,35	22,35	61.955	2,58
21.12.2023	7,8	-1,7	3,05	18,95	52.530	2,19
22.12.2023	8,4	2,7	5,55	16,45	45.600	1,90
23.12.2023	9,6	0,1	4,85	17,15	47.540	1,98
24.12.2023	10	2,9	6,45	15,55	43.105	1,80
25.12.2023	14,7	8,3	11,5	10,5	29.106	1,21
26.12.2023	14,2	2,6	8,4	13,6	37.700	1,57
27.12.2023	10,4	1,6	6	16	44.353	1,85
28.12.2023	12,8	5,8	9,3	12,7	35.205	1,47
29.12.2023	13,7	6,6	10,15	11,85	32.849	1,37
30.12.2023	12,4	3,7	8,05	13,95	38.670	1,61
31.12.2023	13,7	5,9	9,8	12,2	33.819	1,41
1.1.2024	11,5	2,9	7,2	14,8	41.026	1,71
2.1.2024	8,2	0,8	4,5	17,5	48.511	2,02
3.1.2024	13,3	8,2	10,75	11,25	31.185	1,30
4.1.2024	13,7	2,3	8	14	38.809	1,62
5.1.2024	9,6	1,4	5,5	16,5	45.739	1,91
6.1.2024	8,3	5	6,65	15,35	42.551	1,77
7.1.2024	5	-0,8	2,1	19,9	55.164	2,30
8.1.2024	-1	-4,4	-2,7	24,7	68.469	2,85
9.1.2024	-2,5	-4,5	-3,5	25,5	70.687	2,95
10.1.2024	1	-6,1	-2,55	24,55	68.053	2,84
11.1.2024	1,9	-7,9	-3	25	69.301	2,89
12.1.2024	2,6	-5,7	-1,55	23,55	65.281	2,72
13.1.2024	4,6	-5,5	-0,45	22,45	62.232	2,59
14.1.2024	4,4	-5,9	-0,75	22,75	63.064	2,63
15.1.2024	3,8	-1,2	1,3	20,7	57.381	2,39
16.1.2024	5,6	-4,3	0,65	21,35	59.183	2,47
17.1.2024	5,3	-2,9	1,2	20,8	57.658	2,40
18.1.2024	12	5	8,5	13,5	37.422	1,56
19.1.2024	4,2	-9,4	-2,6	24,6	68.192	2,84
20.1.2024	2,8	-10,1	-3,65	25,65	71.103	2,96
21.1.2024	0,9	-10,8	-4,95	26,95	74.706	3,11
22.1.2024	4,1	-5,8	-0,85	22,85	63.341	2,64
23.1.2024	8,5	-2,6	2,95	19,05	52.807	2,20
24.1.2024	10,2	-0,5	4,85	17,15	47.540	1,98
25.1.2024	12,8	1,1	6,95	15,05	41.719	1,74
26.1.2024	8,1	-1,1	3,5	18,5	51.283	2,14
27.1.2024	11	-0,1	5,45	16,55	45.877	1,91
28.1.2024	7,6	-2,2	2,7	19,3	53.500	2,23
29.1.2024	8,2	-3,6	2,3	19,7	54.609	2,28
30.1.2024	7,1	-3,5	1,8	20,2	55.995	2,33
31.1.2024	6,6	-4,5	1,05	20,95	58.074	2,42

Tablica 16 Proračun dnevne potrošnje energane 2 [autor]

Datum	Max. dnevna temperatura (°C)	Min. dnevna temperatura (°C)	Srednja dnevna temperatura (°C)	Razlika između prosječne vanjske temperature i unutarnje projektne temperature (°C)	Dnevna potrošnja toplinske energije (kWh)	Vrijeme rada kotla zbog implementacije akumulacijskog spremnika (h)
1.2.2024	10	-3,5	3,25	18,75	51.976	2,17
2.2.2024	9,8	-0,9	4,45	17,55	48.649	2,03
3.2.2024	13,5	1,2	7,35	14,65	40.610	1,69
4.2.2024	13,8	-0,8	6,5	15,5	42.967	1,79
5.2.2024	17,4	6,7	12,05	9,95	27.582	1,15
6.2.2024	15,2	6,7	10,95	11,05	30.631	1,28
7.2.2024	13,8	6,9	10,35	11,65	32.294	1,35
8.2.2024	14,8	8,1	11,45	10,55	29.245	1,22
9.2.2024	14,9	9,7	12,3	9,7	26.889	1,12
10.2.2024	16,4	10	13,2	8,8	24.394	1,02
11.2.2024	13,3	8,4	10,85	11,15	30.908	1,29
12.2.2024	12,2	5,2	8,7	13,3	36.868	1,54
13.2.2024	11,3	1,9	6,6	15,4	42.689	1,78
14.2.2024	11,9	-1,3	5,3	16,7	46.293	1,93
15.2.2024	15,3	0,5	7,9	14,1	39.086	1,63
16.2.2024	14,6	3,2	8,9	13,1	36.314	1,51
17.2.2024	15,1	1,2	8,15	13,85	38.393	1,60
18.2.2024	12,7	4,4	8,55	13,45	37.284	1,55
19.2.2024	10,9	1,8	6,35	15,65	43.382	1,81
20.2.2024	13,4	1,3	7,35	14,65	40.610	1,69
21.2.2024	13,2	2	7,6	14,4	39.917	1,66
22.2.2024	12,8	6,3	9,55	12,45	34.512	1,44
23.2.2024	13,1	8,4	10,75	11,25	31.185	1,30
24.2.2024	13,3	5,6	9,45	12,55	34.789	1,45
25.2.2024	13,5	2,1	7,8	14,2	39.363	1,64
26.2.2024	14	4,7	9,35	12,65	35.066	1,46
27.2.2024	13,8	3,3	8,55	13,45	37.284	1,55
28.2.2024	15,7	5	10,35	11,65	32.294	1,35
29.2.2024	14,7	4,8	9,75	12,25	33.957	1,41
1.3.2024	12,7	4,5	8,6	13,4	37.145	1,55
2.3.2024	13,8	4,6	9,2	12,8	35.482	1,48
3.3.2024	15,9	5,8	10,85	11,15	30.908	1,29
4.3.2024	15,4	4,4	9,9	12,1	33.542	1,40
5.3.2024	15,7	5,1	10,4	11,6	32.156	1,34
6.3.2024	13,3	3,6	8,45	13,55	37.561	1,57
7.3.2024	9,6	0,9	5,25	16,75	46.432	1,93
8.3.2024	8,2	0,8	4,5	17,5	48.511	2,02
9.3.2024	12,1	1,1	6,6	15,4	42.689	1,78
10.3.2024	15,3	6,7	11	11	30.492	1,27
11.3.2024	10,6	7,2	8,9	13,1	36.314	1,51
12.3.2024	9,6	6,9	8,25	13,75	38.116	1,59
13.3.2024	14,5	6,1	10,3	11,7	32.433	1,35
14.3.2024	14,2	3,8	9	13	36.036	1,50
15.3.2024	18	3,7	10,85	11,15	30.908	1,29
16.3.2024	15,9	6,7	11,3	10,7	29.661	1,24
17.3.2024	14,7	6,5	10,6	11,4	31.601	1,32
18.3.2024	12,2	6,5	9,35	12,65	35.066	1,46
19.3.2024	10,5	1,7	6,1	15,9	44.075	1,84
20.3.2024	14,3	-0,5	6,9	15,1	41.858	1,74
21.3.2024	17,6	2,2	9,9	12,1	33.542	1,40
22.3.2024	18,2	7,6	12,9	9,1	25.226	1,05
23.3.2024	19,4	6,6	13	9	24.948	1,04
24.3.2024	11,2	3,3	7,25	14,75	40.888	1,70
25.3.2024	13,8	2,7	8,25	13,75	38.116	1,59
26.3.2024	16,1	4,2	10,15	11,85	32.849	1,37
27.3.2024	18,5	7	12,75	9,25	25.641	1,07
28.3.2024	15,6	8,1	11,85	10,15	28.136	1,17
29.3.2024	19,4	6,7	13,05	8,95	24.810	1,03
30.3.2024	22,2	9,9	16,05	5,95	16.494	0,69
31.3.2024	21,8	10,1	15,95	6,05	16.771	0,70

Tablica 17 Proračun dnevne potrošnje energane 3 [autor]

Datum	Max. dnevna temperatura (°C)	Min. dnevna temperatura (°C)	Srednja dnevna temperatura (°C)	Razlika između prosječne vanjske temperature i unutarnje projektne temperature (°C)	Dnevna potrošnja toplinske energije (kWh)	Vrijeme rada kotla zbog implementacije akumulacijskog spremnika (h)
1.4.2024	26,5	10,3	18,4	3,6	9.979	0,42
2.4.2024	17	8,7	12,85	9,15	25.364	1,06
3.4.2024	17	7,8	12,4	9,6	26.612	1,11
4.4.2024	20,3	8,7	14,5	7,5	20.790	0,87
5.4.2024	21,7	9,2	15,45	6,55	18.157	0,76
6.4.2024	24,9	11,6	18,25	3,75	10.395	0,43
7.4.2024	25,8	10,8	18,3	3,7	10.257	0,43
8.4.2024	25,5	11,9	18,7	3,3	9.148	0,38
9.4.2024	25,2	14,2	19,7	2,3	6.376	0,27
10.4.2024	16,3	11,1	13,7	8,3	23.008	0,96
11.4.2024	19,1	10,4	14,75	7,25	20.097	0,84
12.4.2024	21,7	8,8	15,25	6,75	18.711	0,78
13.4.2024	24,2	10,3	17,25	4,75	13.167	0,55
14.4.2024	28,2	14,2	21,2	0,8	2.218	0,09
15.4.2024	26,6	16,8	21,7	0,3	832	0,03
16.4.2024	16,1	3,3	9,7	12,3	34.096	1,42
17.4.2024	12,1	2,5	7,3	14,7	40.749	1,70
18.4.2024	12,3	4	8,15	13,85	38.393	1,60
19.4.2024	12,5	1,9	7,2	14,8	41.026	1,71
20.4.2024	14,4	5,5	9,95	12,05	33.403	1,39
21.4.2024	11,4	3,5	7,45	14,55	40.333	1,68
22.4.2024	9,8	1,9	5,85	16,15	44.768	1,87
23.4.2024	11,1	6,2	8,65	13,35	37.007	1,54
24.4.2024	8,4	5,3	6,85	15,15	41.996	1,75
25.4.2024	9,2	3,4	6,3	15,7	43.521	1,81
26.4.2024	15,4	2,1	8,75	13,25	36.729	1,53
27.4.2024	18,8	6,4	12,6	9,4	26.057	1,09
28.4.2024	21,9	8,9	15,4	6,6	18.295	0,76
29.4.2024	24,3	9,7	17	5	13.860	0,58
30.4.2024	23,8	9,4	16,6	5,4	14.969	0,62
1.5.2024	21	10,4	15,7	6,3	17.464	0,73
2.5.2024	21,4	12,2	16,8	5,2	14.415	0,60
3.5.2024	15,4	11,5	13,45	8,55	23.701	0,99
4.5.2024	20,7	10,3	15,5	6,5	18.018	0,75
5.5.2024	22	12,1	17,05	4,95	13.722	0,57
6.5.2024	23,4	12,8	18,1	3,9	10.811	0,45
7.5.2024	22,2	13,5	17,85	4,15	11.504	0,48
8.5.2024	15,7	12,4	14,05	7,95	22.038	0,92
9.5.2024	18,2	11,2	14,7	7,3	20.236	0,84
10.5.2024	21,4	9	15,2	6,8	18.850	0,79
11.5.2024	21,7	9,7	15,7	6,3	17.464	0,73
12.5.2024	21,8	10,3	16,05	5,95	16.494	0,69
13.5.2024	21,5	10,8	16,15	5,85	16.216	0,68
14.5.2024	19,1	11,9	15,5	6,5	18.018	0,75
15.5.2024	20,4	10,2	15,3	6,7	18.573	0,77
SUMA					8.050.964	335

Tablica 18 Proračun dnevne potrošnje energane 4 [autor]

### 6.3. Prikaz udjela obnovljive energije u ukupnoj potrošnji energane

Ako napravimo grubu pretpostavku da u sezoni grijanja možemo generirati četvrtinu godišnje proizvodnje električne energije proizvest ćemo 114 316 kWh električne energije. Ako to oduzmemo od ukupne godišnje proizvodnje električne energije, možemo vidjeti da smo napravili uštedu od gotovo 1,5%.

Proizvodnja el. energije FN elektrane za 6 mjeseci u sezoni grijanja (kWh)	Potrebna energija plina zbog implementacije FN elektrane (kWh)	Ušteda (%)
114.316	7.936.648	1,42

*Tablica 19 Proračun uštede zbog implementacije obnovljivih izvora energije [autor]*

U zadnjoj koloni tablica 15-18 prikazano je potrebno vrijeme rada kotla za svaki dan u sezoni grijanja. Zbog implementacije akumulacijskog spremnika od 24 MW vrijeme rada kotla smanjuje se na 335 sati u sezoni grijanja (1.10-15.5). U protivnom bi kotao trebao raditi gotovo 1985 sati kada u obzir uzmemo i implementiranu fotonaponsku energanu.

Kada to uzmemo u obzir dobijemo uštedu 83% na potrošenoj toplinskoj energiji.

U vrijeme pisanja ovog rada cijena plina za poduzetnički sektor je 0,04 €/kWh, kada tu cijenu pomnožimo s potrebnom toplinskom energijom nakon implementacije FN elektrane dobijemo vrijednost od 317 465,92 €. To je iznos potreban da bismo u periodu grijanja osigurali potrebnu količinu energije za grijanje niskoakumulativnog objekta. Zbog toga što smo predvidjeli akumulacijsko-kompenzacijski spremnik uštedjeli smo 263 496,7 €.

## 7. Zaključak

U ovom diplomskom radu obrađeno je projektiranje toplovodne energane u kombinaciji sa fotonaponskom elektranom. Glavni dio ovog rada bio je dimenzionirati akumulacijsko-kompenzacijski spremnik kako bi se moglo akumulirati 24 MW topline te tako osigurati uštede u potrošnji energije.

Nakon što smo dimenzionirali spremnik i napravili proračune električne energije, koju bismo mogli dobiti iz fotonaponske elektrane, te napravili proračune potrošnje energije u sezoni grijanja (1.10.2023 – 15.5.2023) došli smo do podataka da nam fotonaponska elektrana smanjuje potrebu za energijom 1,5%, a akumulacijski spremnik za još dodatnih 83%.

Kao daljnji prijedlog za nastavak rada na ovom projektu trebalo bi za početak definirati konkretne tipove potrošača i u kojem vremenskom periodu na dnevnoj bazi se najviše koriste. Nakon toga napraviti detaljniji proračun i analizu koliko stvarno energije možemo dobiti iz fotonaponske elektrane. Nakon što se odrade navedeni koraci potrebno je optimirati tehničko rješenje u vidu akumulacijskog spremnika – vidjeti je li spremnik potrebno povećati ili smanjiti?

## 8. Literatura

- [1] Kreider J.F., Curtiss P.S., Rabl A: Heating and Cooling of Buildings – Design for Efficiency: CRC Press, Boca Raton, 2010
- [2] <https://www.enerkon.hr/akumulator-lepoglava/>, dostupno 15.8.2024.
- [3] Dincer, M.A. Rosen: Thermal Energy Storage – Systems and applications, second edition; Wiley, West Sussex, 2011
- [4] ASHRAE handbook, 2016
- [5] Jauschowitz R.: HERZ – Sustavi toplovodnog grijanja, Hidraulika: Herz Armaturen Ges.m.b.H., Beč, 2004
- [6] <https://www.union-steels.com/standards/en-10255.html>, dostupno 28.8.2024.
- [7] Reknagel, Šprenger, Šramek, Čeperkovič, Grejanje i klimatizacija: Interklima, Vrnjačka Banja, 2004.
- [8] Čikić A.: KGH Sustavi – podloge s predavanja, Varaždin, 2023
- [9] <https://maring.hr/portfolio-item/jednokomorni-razdjelnici-hve/>, dostupno 28.8.2024.
- [10] <https://jcssb.com/product/viessmann-vitomax-lw-low-pressure-hot-water-boiler/>, dostupno 28.8.2024.
- [11] <https://heizung-billiger.de/293790-reflex-storatherm-heat-h-3000-r-pufferspeicher-ohne-dammung-reflex-7788200-4036705098383.html>, dostupno 28.8.2024.
- [12] Montgomery R., McDowall R.: Fundamentals of HVAC Control Systems: Elsevier, Atlanta, 2009
- [13] <https://termometal.hr/mjesajuci-ventil-esbe-vrg131-5-4-troputni-proizvod-5074/>, dostupno 30.8.2024.
- [14] <https://www.caleffi.com/hr-hr>, dostupno 30.8.2024.
- [15] <https://www.imi-hydronic.com/hr/product/staf-staf-sg>, dostupno 30.8.2024.
- [16] <https://product-selection.grundfos.com/hr/products/nk-nke-nke-series-2000-nk-bare-shaft/nke?tab=models>, dostupno 1.9.2024.
- [17] Kalogirou S.A, Solar Energy Engineering Processes and Systems, Elsevier, Oxford, 2014
- [18] <https://frigo-ve.hr/danfoss-prestrujni-ventil-avdo-25-ravni-1-un>, dostupno 1.9.2024.
- [19] Mađerić D.: Mehanika fluida – podloge s predavanja, Varaždin, 2021.

## Popis slika

Slika 1 - Akumulacijski spremnik 70 m <sup>3</sup> u Lepoglavi [2] .....	5
Slika 2 Tlocrt niskoakumulativnog objekta [autor] .....	18
Slika 3 Dimenzije cijevi prema normi HR EN ISO 10255 [6] .....	24
Slika 4 Smjernice za dimenzioniranje glavne distribucijske mreže [5] .....	27
Slika 5 Koeficijent ekspanzije vode [8] .....	32
Slika 6 Razdjelnik/sabirnik grijanja [9] .....	34
Slika 7 Plinski kotao [10] .....	37
Slika 8 Spremnik potrošne tople vode [11] .....	41
Slika 9 Troputni ventil [13] .....	46
Slika 10 Hidrauličke karakteristike balans ventila [14] .....	49
Slika 11 Prestrujni ventil [18] .....	51
Slika 12 Balans ventil [15] .....	55
Slika 13 Pumpe [16] .....	59
Slika 14 Pumpa "P9" [autor] .....	62
Slika 15 Proračun fotonaponske elektrane [autor] .....	64
Slika 16 Prognoza dobiti FN elektrane [autor] .....	65
Slika 17 Izometrija strojarnice [autor] .....	66



## Popis tablica

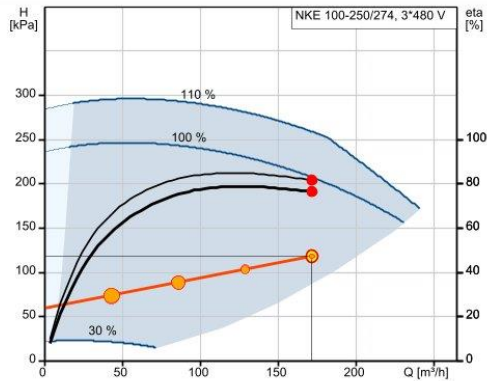
Tablica 1 Proračun masenog protoka [autor].....	21
Tablica 2 Proračun volumnog protoka (kg/s) [autor] .....	22
Tablica 3 Proračun volumnog protoka (m <sup>3</sup> /s) [autor].....	22
Tablica 4 Odabrane brzine strujanja [autor] .....	23
Tablica 5 Odabrane dimenzije cjevovoda [autor].....	25
Tablica 6 Stvarne brzine strujanja fluida [autor] .....	25
Tablica 7 Linijski padovi tlaka po dionicama [autor].....	28
Tablica 8 Ukupni padovi tlaka po dionicama 1 [autor] .....	29
Tablica 9 Ukupni padovi tlaka po dionicama 2 [autor] .....	29
Tablica 10 Volumen vode u cijevima [autor] .....	30
Tablica 11 Odabir troputnih ventila [autor].....	50
Tablica 12 Odabir prestrujnih ventila [autor] .....	54
Tablica 13 Odabir balansirajućih ventila.....	58
Tablica 14 Odabir pumpi [autor] .....	62
Tablica 15 Proračun dnevne potrošnje energane 1 [autor] .....	70
Tablica 16 Proračun dnevne potrošnje energane 2 [autor] .....	71
Tablica 17 Proračun dnevne potrošnje energane 3 [autor] .....	72
Tablica 18 Proračun dnevne potrošnje energane 4 [autor] .....	73
Tablica 19 Proračun uštede zbog implementacije obnovljivih izvora energije [autor] .....	74

## Prilozi

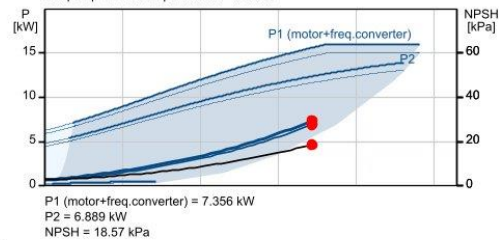
Prilog 1 Tehnička specifikacija pumpe P1 .....	81
Prilog 2 Tehnička specifikacija pumpe P1 .....	82
Prilog 3 Tehnička specifikacija pumpe P2 .....	83
Prilog 4 Tehnička specifikacija pumpe P2 .....	84
Prilog 5 Tehnička specifikacija pumpe P3 .....	85
Prilog 6 Tehnička specifikacija pumpe P3 .....	86
Prilog 7 Tehnička specifikacija pumpe P4 .....	87
Prilog 8 Tehnička specifikacija pumpe P4 .....	88
Prilog 9 Tehnička specifikacija pumpe P5 .....	89
Prilog 10 Tehnička specifikacija pumpe P5 .....	90
Prilog 11 Tehnička specifikacija pumpe P6 .....	91
Prilog 12 Tehnička specifikacija pumpe P6 .....	92
Prilog 13 Tehnička specifikacija pumpe P7 .....	93
Prilog 14 Tehnička specifikacija pumpe P7 .....	94
Prilog 15 Tehnička specifikacija pumpe P8 .....	95
Prilog 16 Tehnička specifikacija pumpe P8 .....	96
Prilog 17 Tehnička specifikacija pumpe P9 .....	97
Prilog 18 Tehnička specifikacija pumpe P9 .....	98
Prilog 19 Tehnička specifikacija prestrujnih ventila .....	99
Prilog 20 Tehnička crtež razdjelnika R1 .....	100
Prilog 21 Tehnička specifikacija razdjelnika R1 .....	100
Prilog 22 Tehnički crtež razdjelnika R2 .....	101
Prilog 23 Tehnička specifikacija razdjelnika R2 .....	101
Prilog 24 Tehnička specifikacija spremnika PTV-a .....	102
Prilog 25 Tehnička specifikacija spremnika PTV-a .....	103
Prilog 26 Tehnička specifikacija kotla .....	104
Prilog 27 Tehnička specifikacija kotla .....	105
Prilog 28 Tehnička specifikacija kotla .....	106
Prilog 29 Tehnička specifikacija kotla .....	107
Prilog 30 Tehnička specifikacija kotla .....	108
Prilog 31 Tehnička specifikacija balansirajućih ventila .....	109
Prilog 32 Tehnička specifikacija balansirajućih ventila .....	110
Prilog 33 Troputni ventili .....	111

Prilog 34 Tehnička specifikacija troputnih ventila.....	112
Prilog 35 Tehnička specifikacija troputnih ventila.....	113
Prilog 36 Tehnička specifikacija troputnih ventila.....	114
Prilog 37 Tehnička specifikacija troputnih ventila.....	115
Prilog 38 001 Hidraulička shema spajanja grijanja i PTV-a	
Prilog 39 002 Izometrija strojarnice	
Prilog 40 Izjava o autorstvu	

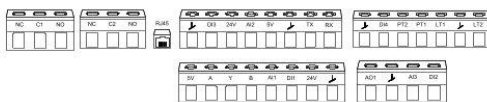
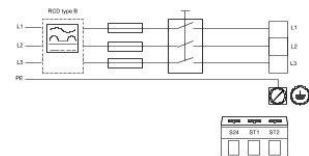
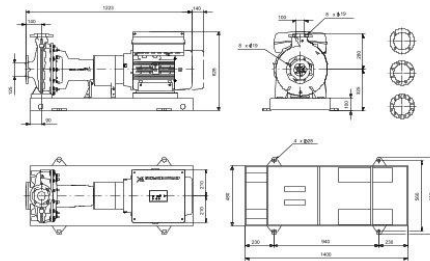
Description	Value
<b>General information:</b>	
Product name:	NKE 100-250/274 BA2F2AESBAQEOWA
Product No:	98991965
EAN number:	5712604824641
Price:	EUR 12862
<b>Technical:</b>	
Pump speed on which pump data are based:	1186 rpm
Actual calculated flow:	171.3 m <sup>3</sup> /h
Pump with motor (Yes/No):	Y
Resulting head of the pump:	118 kPa
Actual impeller diameter:	274 mm
Nominal impeller diameter:	250
Shaft diameter:	32 mm
Code for shaft seal:	BAQE
Mechanical seal type:	Single
Curve tolerance:	ISO9906:2012 3B
Pump version:	A2
Bearing design:	Standard
<b>Materials:</b>	
Pump housing:	Cast iron
Pump housing:	EN-GJL-250
Pump housing:	ASTM class 35
Wear ring:	Brass
Impeller:	Cast iron
Impeller:	EN-GJL-200
Impeller:	ASTM class 30
Internal pump house coating:	CED
Material code:	A
Code for rubber:	E
Shaft:	Stainless steel
Shaft:	EN 1.4301
Shaft:	AISI 304
<b>Installation:</b>	
Range of ambient temperature:	-20 .. 50 °C
Maximum operating pressure:	16 bar
Pipe connection standard:	EN 1092-2
Type of inlet connection:	DIN
Type of outlet connection:	DIN
Size of inlet connection:	DN 125
Size of outlet connection:	DN 100
Pressure rating for connection:	PN 16
Coupling type:	Flexible w/spacer
Base frame design:	EN/ISO
Code for base frame:	7
Grouting (Yes/No):	N
Connect code:	F
<b>Liquid:</b>	
Pumped liquid:	Water
Liquid temperature range:	0 .. 120 °C
Selected liquid temperature:	90 °C
Density:	965.3 kg/m <sup>3</sup>
Kinematic viscosity:	1 mm <sup>2</sup> /s
<b>Electrical data:</b>	
Motor type:	160LE
Rated power - P2:	15 kW
Mains frequency:	50 Hz



Q = 171.3 m<sup>3</sup>/h H = 118 kPa  
 n = 81 % / 1186 rpm Pumped liquid = Water  
 Density = 965.3 kg/m<sup>3</sup> Eta pump = 81.6 %  
 Liquid temperature during operation = 90 °C  
 Eta pump+motor+freq.converter = 76.4 %



P1 (motor+freq.converter) = 7.356 kW  
 P2 = 6.889 kW  
 NPSH = 18.57 kPa





Company name:

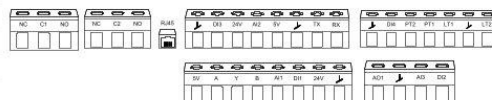
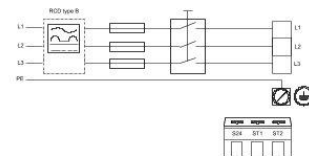
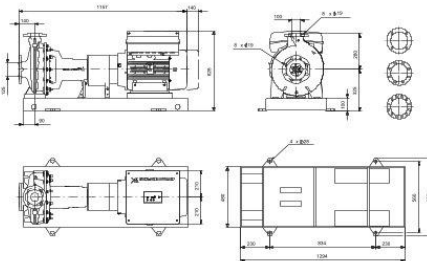
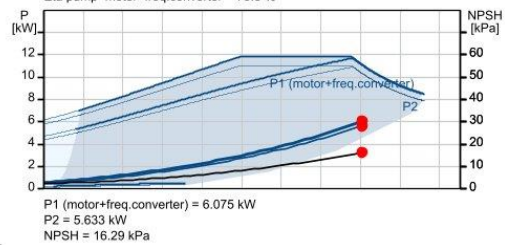
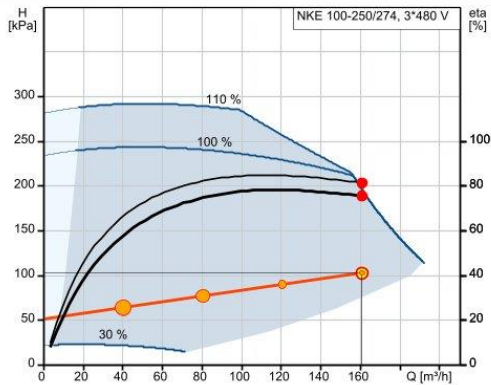
Created by:

Phone:

Date: 29/08/2024

Description	Value
Rated voltage:	3 x 380-480 V
Rated current:	26.7-21.8 A
Cos phi - power factor:	0.94-0.91
Rated speed:	180-2200 rpm
IE Efficiency class:	IE5
Motor efficiency at full load:	93.0 %
Number of poles:	4
Enclosure class (IEC 34-5):	IP55
Insulation class (IEC 85):	F
Built-in motor protection:	ELEC
Motor No:	92875533
Bearing insulation type N-end:	Steel Bearing
<b>Controls:</b>	
Control panel:	HMI300 - Advanced
Function Module:	FM310 - Advanced
Frequency converter:	Built-in
Pressure sensor:	N
<b>Others:</b>	
Minimum efficiency index, MEI ≥:	0.70
Net weight:	344 kg
Gross weight:	371 kg
Shipping volume:	0.764 m <sup>3</sup>
Country of origin:	HU
Custom tariff no.:	84137059
Language on pump nameplate:	GB

Description	Value
<b>General information:</b>	
Product name:	NKE 100-250/274 BA1F2KESBQQENWA
Product No:	On request
Based on:	98753486
EAN number:	On request
<b>Technical:</b>	
Pump speed on which pump data are based:	1109 rpm
Actual calculated flow:	160.7 m <sup>3</sup> /h
Pump with motor (Yes/No):	Y
Resulting head of the pump:	102.7 kPa
Actual impeller diameter:	274 mm
Nominal impeller diameter:	250
Shaft diameter:	32 mm
Code for shaft seal:	BQQE
Mechanical seal type:	Single
Curve tolerance:	ISO9906:2012 3B
Pump version:	A1
Bearing design:	Standard
<b>Materials:</b>	
Pump housing:	Stainless steel
Pump housing:	EN 1.4408
Pump housing:	ASTM CF8M
Wear ring:	Stainless steel
Flange:	Cast iron
Flange:	EN-GJS-500-7
Flange:	ASTM 70-50-05
Impeller:	Stainless steel
Impeller:	EN 1.4408
Impeller:	ASTM CF8M
Internal pump house coating:	No coating
Material code:	K
Code for rubber:	E
Shaft:	Stainless steel
Shaft:	EN 1.4401
Shaft:	AISI 316
<b>Installation:</b>	
Range of ambient temperature:	-20 .. 50 °C
Maximum operating pressure:	16 bar
Pipe connection standard:	EN 1092-1
Type of inlet connection:	DIN
Type of outlet connection:	DIN
Pressure rating for connection:	PN 16
Coupling type:	Flexible w/o spacer
Base frame design:	EN/ISO
Code for base frame:	7B ST
Grouting (Yes/No):	N
Connect code:	F
<b>Liquid:</b>	
Pumped liquid:	Water
Liquid temperature range:	-25 .. 120 °C
Selected liquid temperature:	90 °C
Density:	965.3 kg/m <sup>3</sup>
Kinematic viscosity:	1 mm <sup>2</sup> /s
<b>Electrical data:</b>	
Motor type:	160MD
Rated power - P2:	11 kW





Company name:

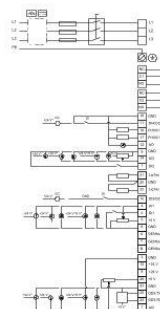
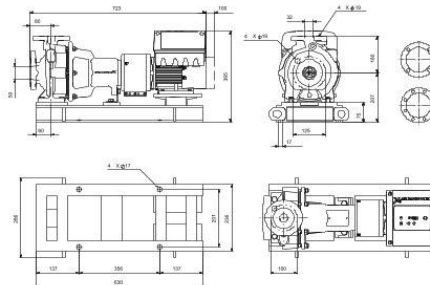
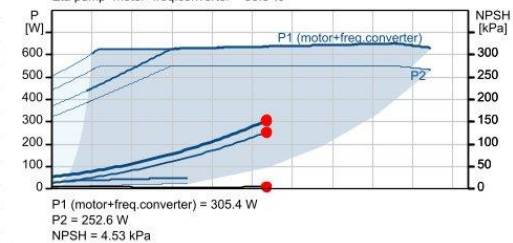
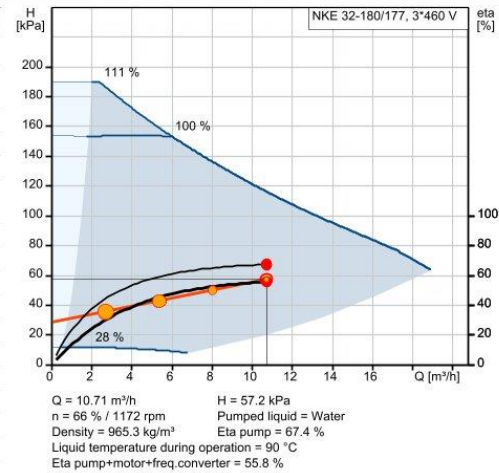
Created by:

Phone:

Date: 16/08/2024

Description	Value
Mains frequency:	50 Hz
Rated voltage:	3 x 380-480 V
Rated current:	20.2-16.4 A
Cos phi - power factor:	0.92-0.90
Rated speed:	180-2200 rpm
IE Efficiency class:	IE5
Motor efficiency at full load:	92.8 %
Number of poles:	4
Enclosure class (IEC 34-5):	IP55
Insulation class (IEC 85):	F
Built-in motor protection:	ELEC
Motor No:	92875469
Bearing insulation type N-end:	Steel Bearing
<b>Controls:</b>	
Control panel:	HMI300 - Advanced
Function Module:	FM310 - Advanced
Frequency converter:	Built-in
Pressure sensor:	N
<b>Others:</b>	
Minimum efficiency index, MEI $\geq$ :	0.70
Net weight:	340 kg
Gross weight:	368 kg
Shipping volume:	0.764 m <sup>3</sup>
Language on pump nameplate:	GB

Description	Value
<b>General information:</b>	
Product name:	NKE 32-180/177 AA1F1S3ESBQQEEWA
Product No:	92778256
EAN number:	5715119471669
<b>Technical:</b>	
Pump speed on which pump data are based:	1172 rpm
Actual calculated flow:	10.71 m <sup>3</sup> /h
Pump with motor (Yes/No):	Y
Resulting head of the pump:	57.2 kPa
Actual impeller diameter:	177 mm
Nominal impeller diameter:	180 mm
Shaft diameter:	16 mm
Code for shaft seal:	BQQE
Mechanical seal type:	Single
Curve tolerance:	ISO9906:2012 2B
Pump version:	A1
Bearing design:	Standard
<b>Materials:</b>	
Pump housing:	Cast iron
Pump housing:	EN 1561 EN-GJL-250
Pump housing:	ASTM A48-35
Impeller:	Stainless steel
Impeller:	EN 1.4308
Impeller:	ASTM A351 CF8
Internal pump house coating:	Painting
Material code:	S3
Code for rubber:	E
Shaft:	Steel
Shaft:	EN 1.0503/1.4301
Shaft:	AISI 1045/304
<b>Installation:</b>	
Range of ambient temperature:	-20 .. 50 °C
Maximum operating pressure:	10 bar
Pipe connection standard:	EN 1092-2
Type of inlet connection:	DIN
Type of outlet connection:	DIN
Size of inlet connection:	DN 50
Size of outlet connection:	DN 32
Pressure rating for connection:	PN 10
Coupling type:	Flexible w/o spacer
Base frame design:	C-channel
Code for base frame:	208
Grouting (Yes/No):	N
Connect code:	F
<b>Liquid:</b>	
Pumped liquid:	Water
Liquid temperature range:	-25 .. 120 °C
Selected liquid temperature:	90 °C
Density:	965.3 kg/m <sup>3</sup>
Kinematic viscosity:	1 mm <sup>2</sup> /s
<b>Electrical data:</b>	
Motor type:	80B
Rated power - P2:	0.55 kW
Mains frequency:	50 Hz
Rated voltage:	3 x 380-500 V
Rated current:	1.3-1.25 A







Company name:

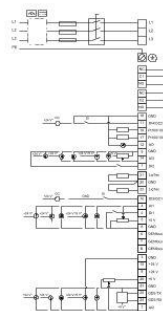
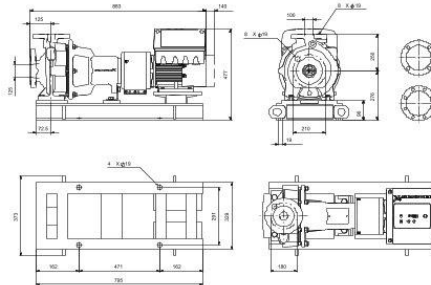
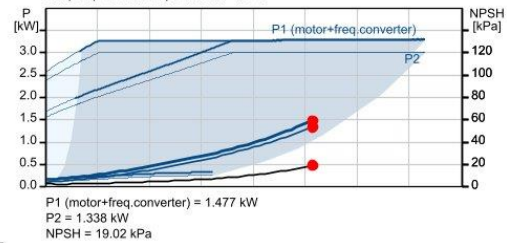
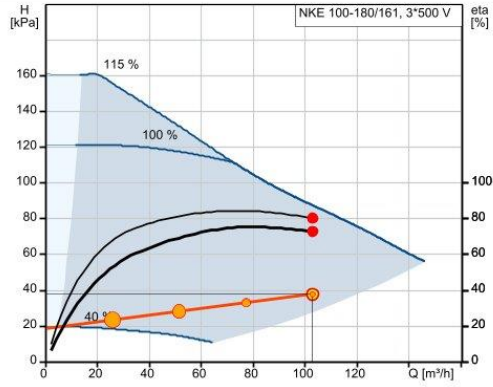
Created by:

Phone:

Date: 16/08/2024

Description	Value
Cos phi - power factor:	0.8-0.64
Rated speed:	180-2000 rpm
IE Efficiency class:	IE5
Motor efficiency at full load:	84.6 %
Number of poles:	4
Enclosure class (IEC 34-5):	IP55
Insulation class (IEC 85):	F
Built-in motor protection:	ELEC
Motor No:	92727177
Bearing insulation type N-end:	Steel Bearing
<b>Controls:</b>	
Control panel:	HMI300 - Graphical
Function Module:	FM300 - Advanced
Frequency converter:	Built-in
Pressure sensor:	N
<b>Others:</b>	
Minimum efficiency index, MEI ≥:	0.70
Net weight:	72.6 kg
Gross weight:	92.3 kg
Shipping volume:	0.36 m <sup>3</sup>
Language on pump nameplate:	CN

Description	Value
<b>General information:</b>	
Product name:	NKE 100-180/161 AA1F2S3ESBQQEJWA
Product No:	On request
Based on:	93183743
EAN number:	On request
<b>Technical:</b>	
Pump speed on which pump data are based:	1260 rpm
Actual calculated flow:	102.9 m <sup>3</sup> /h
Pump with motor (Yes/No):	Y
Resulting head of the pump:	37.7 kPa
Actual impeller diameter:	161 mm
Nominal impeller diameter:	180
Shaft diameter:	24 mm
Code for shaft seal:	BQQE
Mechanical seal type:	Single
Curve tolerance:	ISO9906:2012 2B
Pump version:	A1
Bearing design:	Standard
<b>Materials:</b>	
Pump housing:	Cast iron
Pump housing:	EN 1561 EN-GJL-250
Pump housing:	ASTM A48-35
Impeller:	Stainless steel
Impeller:	EN 1.4308
Impeller:	ASTM A351 CF8
Internal pump house coating:	Painting
Material code:	S3
Code for rubber:	E
Shaft:	Steel
Shaft:	EN 1.0503/1.4301
Shaft:	AISI 1045/304
<b>Installation:</b>	
Range of ambient temperature:	-20 .. 50 °C
Maximum operating pressure:	16 bar
Pipe connection standard:	EN 1092-2
Type of inlet connection:	DIN
Type of outlet connection:	DIN
Pressure rating for connection:	PN 16
Coupling type:	Flexible w/o spacer
Base frame design:	C-channel
Code for base frame:	336
Grouting (Yes/No):	N
Connect code:	F
<b>Liquid:</b>	
Pumped liquid:	Water
Liquid temperature range:	-25 .. 120 °C
Selected liquid temperature:	85 °C
Density:	968.6 kg/m <sup>3</sup>
Kinematic viscosity:	1 mm <sup>2</sup> /s
<b>Electrical data:</b>	
Motor type:	100LD
Rated power - P2:	3 kW
Mains frequency:	50 Hz
Rated voltage:	3 x 380-500 V
Rated current:	5.80-4.60 A
Cos phi - power factor:	0.91-0.86





Company name:

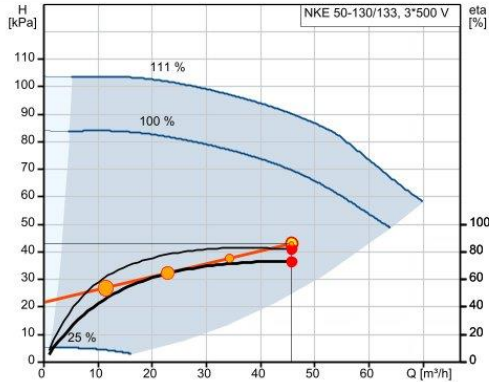
Created by:

Phone:

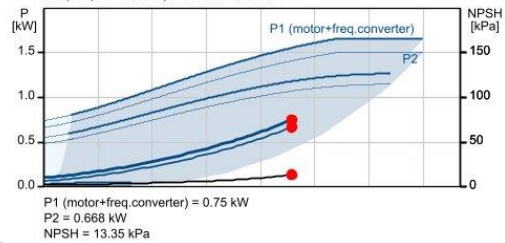
Date: 16/08/2024

Description	Value
Rated speed:	180-2200 rpm
IE Efficiency class:	IE5
Motor efficiency at full load:	90.1 %
Number of poles:	4
Enclosure class (IEC 34-5):	IP55
Insulation class (IEC 85):	F
Built-in motor protection:	ELEC
Motor No:	99305881
Bearing insulation type N-end:	Steel Bearing
<b>Controls:</b>	
Control panel:	HMI300 - Advanced
Function Module:	FM300 - Advanced
Frequency converter:	Built-in
Pressure sensor:	N
<b>Others:</b>	
Minimum efficiency index, MEI $\geq$ :	0.70
Net weight:	129 kg
Gross weight:	155 kg
Shipping volume:	0.496 m <sup>3</sup>
Language on pump nameplate:	GB

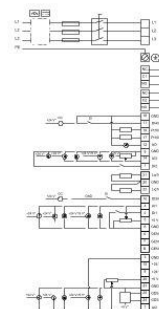
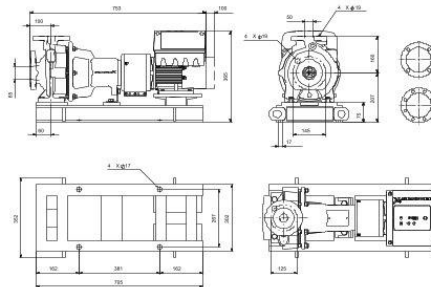
Description	Value
<b>General information:</b>	
Product name:	NKE 50-130/133 AA1F1S3ESBQQEHWA
Product No:	On request
Based on:	93001928
EAN number:	On request
<b>Technical:</b>	
Pump speed on which pump data are based:	1513 rpm
Actual calculated flow:	45.71 m <sup>3</sup> /h
Pump with motor (Yes/No):	Y
Resulting head of the pump:	43 kPa
Actual impeller diameter:	133 mm
Nominal impeller diameter:	130
Shaft diameter:	16 mm
Code for shaft seal:	BQQE
Mechanical seal type:	Single
Curve tolerance:	ISO9906:2012 2B
Pump version:	A1
Bearing design:	Standard
<b>Materials:</b>	
Pump housing:	Cast iron
Pump housing:	EN 1561 EN-GJL-250
Pump housing:	ASTM A48-35
Impeller:	Stainless steel
Impeller:	EN 1.4308
Impeller:	ASTM A351 CF8
Internal pump house coating:	Painting
Material code:	S3
Code for rubber:	E
Shaft:	Steel
Shaft:	EN 1.0503/1.4301
Shaft:	AISI 1045/304
<b>Installation:</b>	
Range of ambient temperature:	-20 .. 50 °C
Maximum operating pressure:	10 bar
Pipe connection standard:	EN 1092-2
Type of inlet connection:	DIN
Type of outlet connection:	DIN
Pressure rating for connection:	PN 10
Coupling type:	Flexible w/o spacer
Base frame design:	C-channel
Code for base frame:	215
Grouting (Yes/No):	N
Connect code:	F
<b>Liquid:</b>	
Pumped liquid:	Water
Liquid temperature range:	-25 .. 120 °C
Selected liquid temperature:	85 °C
Density:	968.6 kg/m <sup>3</sup>
Kinematic viscosity:	1 mm <sup>2</sup> /s
<b>Electrical data:</b>	
Motor type:	90LE
Rated power - P2:	1.5 kW
Mains frequency:	50 Hz
Rated voltage:	3 x 380-500 V
Rated current:	2.9-2.5 A
Cos phi - power factor:	0.93



Q = 45.71 m<sup>3</sup>/h H = 43 kPa  
 n = 85 % / 1513 rpm Pumped liquid = Water  
 Density = 968.6 kg/m<sup>3</sup> Eta pump = 81.8 %  
 Liquid temperature during operation = 85 °C  
 Eta pump+motor+freq.converter = 72.8 %



P1 (motor+freq.converter) = 0.75 kW  
 P2 = 0.668 kW  
 NPSH = 13.35 kPa





Company name:

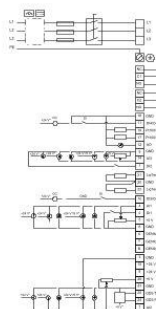
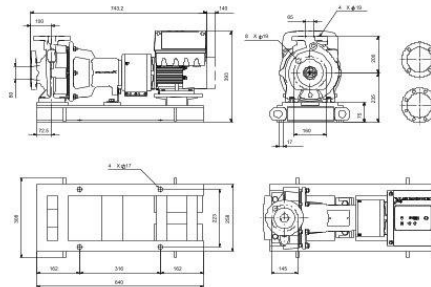
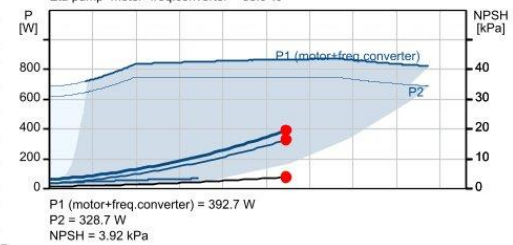
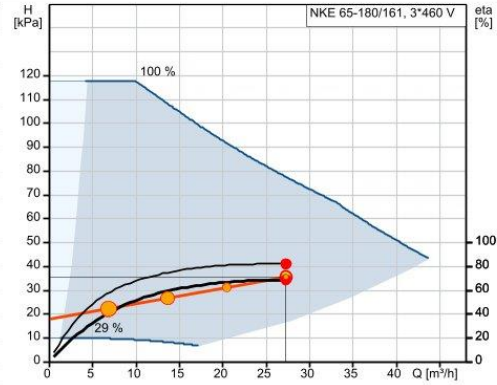
Created by:

Phone:

Date: 16/08/2024

Description	Value
Rated speed:	180-2000 rpm
IE Efficiency class:	IE5
Motor efficiency at full load:	88 %
Number of poles:	4
Enclosure class (IEC 34-5):	IP55
Insulation class (IEC 85):	F
Built-in motor protection:	ELEC
Motor No:	92727222
Bearing insulation type N-end:	Steel Bearing
<b>Controls:</b>	
Control panel:	HMI300 - Graphical
Function Module:	FM300 - Advanced
Frequency converter:	Built-in
Pressure sensor:	N
<b>Others:</b>	
Minimum efficiency index, MEI $\geq$ :	0.70
Net weight:	80.3 kg
Gross weight:	96 kg
Shipping volume:	0.293 m <sup>3</sup>
Language on pump nameplate:	CN

Description	Value
<b>General information:</b>	
Product name:	NKE 65-180/161 AA1F1S3ESBQQEFWA
Product No:	On request
Based on:	92778281
EAN number:	On request
<b>Technical:</b>	
Pump speed on which pump data are based:	1026 rpm
Actual calculated flow:	27.27 m³/h
Pump with motor (Yes/No):	Y
Resulting head of the pump:	35.7 kPa
Actual impeller diameter:	161 mm
Nominal impeller diameter:	180
Shaft diameter:	16 mm
Code for shaft seal:	BQQE
Mechanical seal type:	Single
Curve tolerance:	ISO9906:2012 2B
Pump version:	A1
Bearing design:	Standard
<b>Materials:</b>	
Pump housing:	Cast iron
Pump housing:	EN 1561 EN-GJL-250
Pump housing:	ASTM A48-35
Impeller:	Stainless steel
Impeller:	EN 1.4308
Impeller:	ASTM A351 CF8
Internal pump house coating:	Painting
Material code:	S3
Code for rubber:	E
Shaft:	Steel
Shaft:	EN 1.0503/1.4301
Shaft:	AISI 1045/304
<b>Installation:</b>	
Range of ambient temperature:	-20 .. 50 °C
Maximum operating pressure:	10 bar
Pipe connection standard:	EN 1092-2
Type of inlet connection:	DIN
Type of outlet connection:	DIN
Pressure rating for connection:	PN 10
Coupling type:	Flexible w/o spacer
Base frame design:	C-channel
Code for base frame:	265
Grouting (Yes/No):	N
Connect code:	F
<b>Liquid:</b>	
Pumped liquid:	Water
Liquid temperature range:	-25 .. 120 °C
Selected liquid temperature:	85 °C
Density:	968.6 kg/m³
Kinematic viscosity:	1 mm²/s
<b>Electrical data:</b>	
Motor type:	80C
Rated power - P2:	0.75 kW
Mains frequency:	50 Hz
Rated voltage:	3 x 380-500 V
Rated current:	1.7-1.5 A
Cos phi - power factor:	0.83-0.71





Company name:

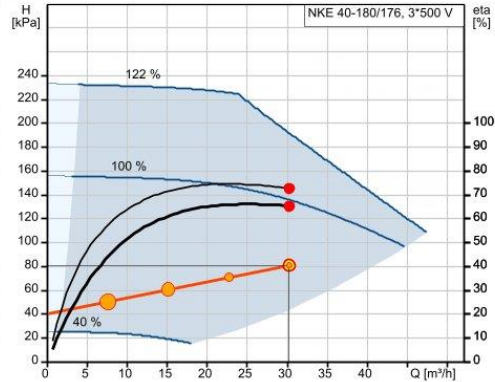
Created by:

Phone:

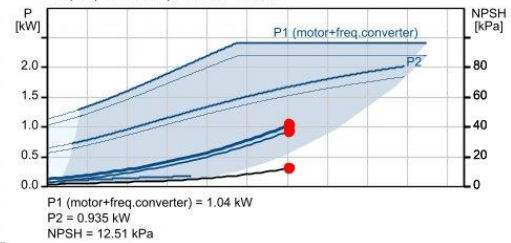
Date: 16/08/2024

Description	Value
Rated speed:	180-2000 rpm
IE Efficiency class:	IE5
Motor efficiency at full load:	86.7 %
Number of poles:	4
Enclosure class (IEC 34-5):	IP55
Insulation class (IEC 85):	F
Built-in motor protection:	ELEC
Motor No:	92727192
Bearing insulation type N-end:	Steel Bearing
<b>Controls:</b>	
Control panel:	HMI300 - Graphical
Function Module:	FM300 - Advanced
Frequency converter:	Built-in
Pressure sensor:	N
<b>Others:</b>	
Minimum efficiency index, MEI $\geq$ :	0.70
Net weight:	82.9 kg
Gross weight:	104 kg
Shipping volume:	0.383 m <sup>3</sup>
Language on pump nameplate:	CN

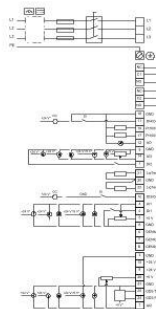
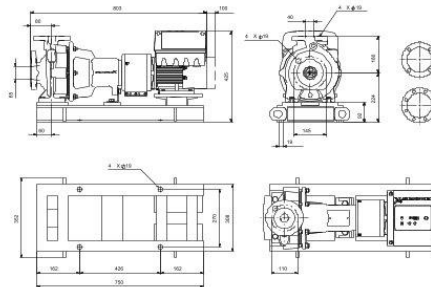
Description	Value
<b>General information:</b>	
Product name:	NKE 40-180/176 AA1F1S3ESBQQEIWA
Product No:	92778261
EAN number:	5715119471768
<b>Technical:</b>	
Pump speed on which pump data are based:	1478 rpm
Actual calculated flow:	30.25 m <sup>3</sup> /h
Pump with motor (Yes/No):	Y
Resulting head of the pump:	81 kPa
Actual impeller diameter:	176 mm
Nominal impeller diameter:	180 mm
Shaft diameter:	16 mm
Code for shaft seal:	BQQE
Mechanical seal type:	Single
Curve tolerance:	ISO9906:2012 2B
Pump version:	A1
Bearing design:	Standard
<b>Materials:</b>	
Pump housing:	Cast iron
Pump housing:	EN 1561 EN-GJL-250
Pump housing:	ASTM A48-35
Impeller:	Stainless steel
Impeller:	EN 1.4308
Impeller:	ASTM A351 CF8
Internal pump house coating:	Painting
Material code:	S3
Code for rubber:	E
Shaft:	Steel
Shaft:	EN 1.0503/1.4301
Shaft:	AISI 1045/304
<b>Installation:</b>	
Range of ambient temperature:	-20 .. 50 °C
Maximum operating pressure:	10 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
Pressure rating for connection:	PN 10
Coupling type:	Flexible w/o spacer
Base frame design:	C-channel
Code for base frame:	216
Grouting (Yes/No):	N
Connect code:	F
<b>Liquid:</b>	
Pumped liquid:	Water
Liquid temperature range:	-25 .. 120 °C
Selected liquid temperature:	85 °C
Density:	968.6 kg/m <sup>3</sup>
Kinematic viscosity:	1 mm <sup>2</sup> /s
<b>Electrical data:</b>	
Motor type:	100LB
Rated power - P2:	2.2 kW
Mains frequency:	50 Hz
Rated voltage:	3 x 380-500 V
Rated current:	4.30-3.60 A



Q = 30.25 m<sup>3</sup>/h      H = 81 kPa  
 n = 83 % / 1478 rpm      Pumped liquid = Water  
 Density = 968.6 kg/m<sup>3</sup>      Eta pump = 72.8 %  
 Liquid temperature during operation = 85 °C  
 Eta pump+motor+freq converter = 65.4 %



P1 (motor+freq.converter) = 1.04 kW  
 P2 = 0.935 kW  
 NPSH = 12.51 kPa







Company name:

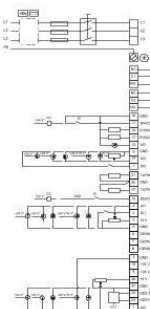
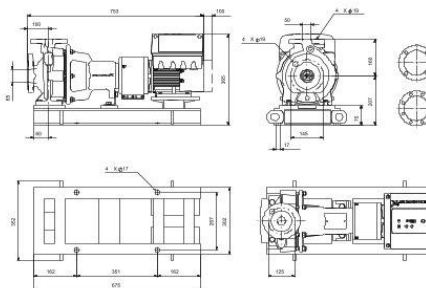
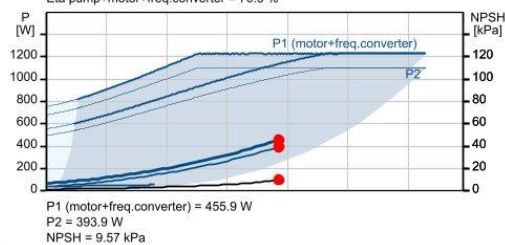
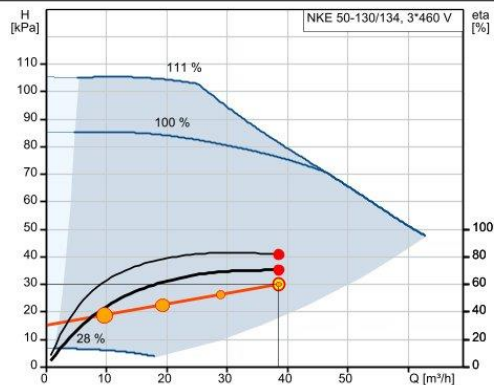
Created by:

Phone:

Date: 16/08/2024

Description	Value
Cos phi - power factor:	0.90-0.82
Rated speed:	180-2200 rpm
IE Efficiency class:	IE5
Motor efficiency at full load:	89.1 %
Number of poles:	4
Enclosure class (IEC 34-5):	IP55
Insulation class (IEC 85):	F
Built-in motor protection:	ELEC
Motor No:	92727224
Bearing insulation type N-end:	Steel Bearing
<b>Controls:</b>	
Control panel:	HMI300 - Advanced
Function Module:	FM300 - Advanced
Frequency converter:	Built-in
Pressure sensor:	N
<b>Others:</b>	
Minimum efficiency index, MEI $\geq$ :	0.70
Net weight:	94 kg
Gross weight:	115 kg
Shipping volume:	0.383 m <sup>3</sup>
Language on pump nameplate:	CN

Description	Value
<b>General information:</b>	
Product name:	NKE 50-130/134 AA1F1S3ESBQQEGWA
Product No:	On request
Based on:	93001930
EAN number:	On request
<b>Technical:</b>	
Pump speed on which pump data are based:	1258 rpm
Actual calculated flow:	38.57 m <sup>3</sup> /h
Pump with motor (Yes/No):	Y
Resulting head of the pump:	30 kPa
Actual impeller diameter:	134 mm
Nominal impeller diameter:	130
Shaft diameter:	16 mm
Code for shaft seal:	BQQE
Mechanical seal type:	Single
Curve tolerance:	ISO9906:2012 2B
Pump version:	A1
Bearing design:	Standard
<b>Materials:</b>	
Pump housing:	Cast iron
Pump housing:	EN 1561 EN-GJL-250
Pump housing:	ASTM A48-35
Impeller:	Stainless steel
Impeller:	EN 1.4308
Impeller:	ASTM A351 CF8
Internal pump house coating:	Painting
Material code:	S3
Code for rubber:	E
Shaft:	Steel
Shaft:	EN 1.0503/1.4301
Shaft:	AISI 1045/304
<b>Installation:</b>	
Range of ambient temperature:	-20 .. 50 °C
Maximum operating pressure:	10 bar
Pipe connection standard:	EN 1092-2
Type of inlet connection:	DIN
Type of outlet connection:	DIN
Pressure rating for connection:	PN 10
Coupling type:	Flexible w/o spacer
Base frame design:	C-channel
Code for base frame:	209
Grouting (Yes/No):	N
Connect code:	F
<b>Liquid:</b>	
Pumped liquid:	Water
Liquid temperature range:	-25 .. 120 °C
Selected liquid temperature:	85 °C
Density:	968.6 kg/m <sup>3</sup>
Kinematic viscosity:	1 mm <sup>2</sup> /s
<b>Electrical data:</b>	
Motor type:	90SD
Rated power - P2:	1.1 kW
Mains frequency:	50 Hz
Rated voltage:	3 x 380-500 V
Rated current:	2.3-2.1 A
Cos phi - power factor:	0.9-0.74





Company name:

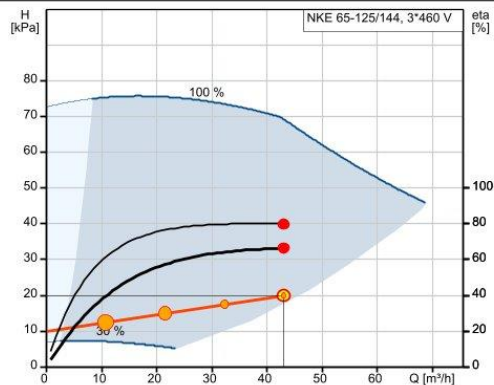
Created by:

Phone:

Date: 16/08/2024

Description	Value
Rated speed:	180-2000 rpm
IE Efficiency class:	IE5
Motor efficiency at full load:	87.2 %
Number of poles:	4
Enclosure class (IEC 34-5):	IP55
Insulation class (IEC 85):	F
Built-in motor protection:	ELEC
Motor No:	92727193
Bearing insulation type N-end:	Steel Bearing
<b>Controls:</b>	
Control panel:	HMI300 - Graphical
Function Module:	FM300 - Advanced
Frequency converter:	Built-in
Pressure sensor:	N
<b>Others:</b>	
Minimum efficiency index, MEI $\geq$ :	0.70
Net weight:	78.3 kg
Gross weight:	94.1 kg
Shipping volume:	0.293 m <sup>3</sup>
Language on pump nameplate:	CN

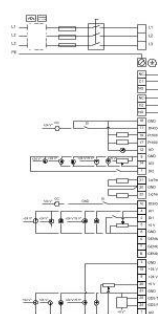
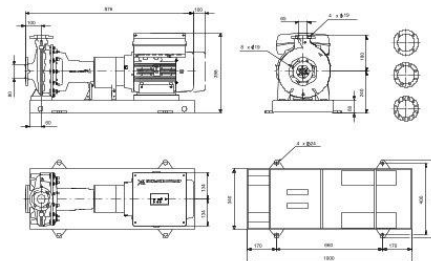
Description	Value
<b>General information:</b>	
Product name:	NKE 65-125/144 AA2F2KESBQQEGWA
Product No:	98112130
EAN number:	5710629209832
Price:	EUR 8160
<b>Technical:</b>	
Pump speed on which pump data are based:	961 rpm
Actual calculated flow:	43 m <sup>3</sup> /h
Pump with motor (Yes/No):	Y
Resulting head of the pump:	20 kPa
Actual impeller diameter:	144 mm
Nominal impeller diameter:	125
Shaft diameter:	24 mm
Code for shaft seal:	BQQE
Mechanical seal type:	Single
Curve tolerance:	ISO9906:2012 3B2
Pump version:	A2
Bearing design:	Standard
<b>Materials:</b>	
Pump housing:	Stainless steel
Pump housing:	EN 1.4408
Pump housing:	ASTM CF8M
Wear ring:	Stainless steel
Impeller:	Stainless steel
Impeller:	EN 1.4408
Impeller:	ASTM CF8M
Internal pump house coating:	No coating
Material code:	K
Code for rubber:	E
Shaft:	Stainless steel
Shaft:	EN 1.4401
Shaft:	AISI 316
<b>Installation:</b>	
Range of ambient temperature:	-20 .. 50 °C
Maximum operating pressure:	16 bar
Pipe connection standard:	EN 1092-1
Type of inlet connection:	DIN
Type of outlet connection:	DIN
Size of inlet connection:	DN 80
Size of outlet connection:	DN 65
Pressure rating for connection:	PN 16
Coupling type:	Flexible w/spacer
Base frame design:	EN/ISO
Code for base frame:	4
Grouting (Yes/No):	N
Connect code:	F
<b>Liquid:</b>	
Pumped liquid:	Water
Liquid temperature range:	-25 .. 120 °C
Selected liquid temperature:	90 °C
Density:	965.3 kg/m <sup>3</sup>
Kinematic viscosity:	1 mm <sup>2</sup> /s
<b>Electrical data:</b>	
Motor type:	90SD
Rated power - P2:	1.1 kW
Mains frequency:	50 Hz



Q = 43 m<sup>3</sup>/h      H = 20 kPa  
 n = 60 % / 961 rpm      Pumped liquid = Water  
 Density = 965.3 kg/m<sup>3</sup>      Eta pump = 79.9 %  
 Liquid temperature during operation = 90 °C  
 Eta pump+motor+freq converter = 66.5 %



P1 (motor+freq converter) = 359.5 W  
 P2 = 299.1 W  
 NPSH = 5.77 kPa





Company name:

Created by:

Phone:

Date: 07/09/2024

Description	Value
Rated voltage:	3 x 380-500 V
Rated current:	2.3-2.1 A
Cos phi - power factor:	0.9-0.74
Rated speed:	180-2000 rpm
IE Efficiency class:	IE5
Motor efficiency at full load:	87.2 %
Number of poles:	4
Enclosure class (IEC 34-5):	IP55
Insulation class (IEC 85):	F
Built-in motor protection:	ELEC
Motor No:	99305878
Bearing insulation type N-end:	Steel Bearing
<b>Controls:</b>	
Control panel:	HMI300 - Graphical
Function Module:	FM300 - Advanced
Frequency converter:	Built-in
Pressure sensor:	N
<b>Others:</b>	
Minimum efficiency index, MEI $\geq$ :	0.68
Net weight:	120 kg
Gross weight:	134 kg
Shipping volume:	0.306 m <sup>3</sup>
Country of origin:	HU
Custom tariff no.:	84137059
Language on pump nameplate:	GB

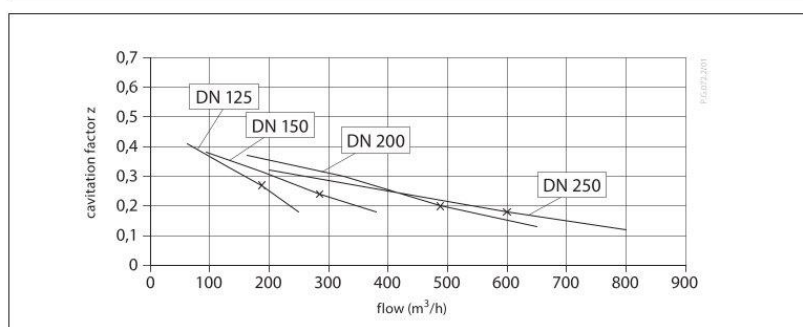
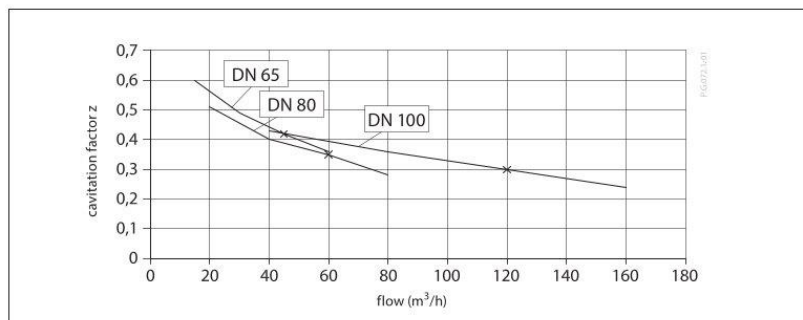
Technical data

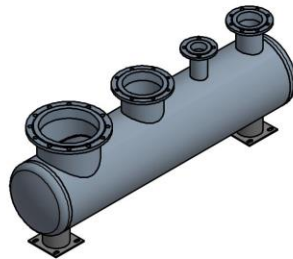
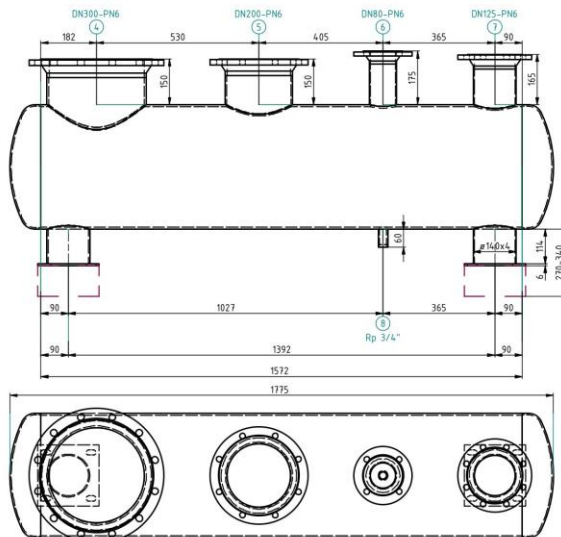
Valve

Nominal diameter		DN	65	80	100	125	150	200	250
$k_{vs}$ value		m <sup>3</sup> /h	60	80	160	250	380	650	800
Leakage acc. to standard IEC 534 (% of $k_{vs}$ )	VFG 22		≤ 0.03			≤ 0.01		≤ 0.05	
	VFG 221								
Nominal pressure		PN	16, 25, 40						
Max. differential pressure	PN 16	bar	16		15		12	10	
	PN 25, 40		20						
Pressure relieve system			Chamber relieved						
Media			Circulation water / glycolic water up to 30%						
Media pH			Min. 7, max. 10						
Media temperature	VFG 22(221)	°C	2 ... 150						
Connections			Flange						
<b>Materials</b>									
Valve body	PN 16		Grey cast iron EN-GJL-250 (GG-25)						
	PN 25		Ductile iron EN-GJS-400(GGG-40.3)						
	PN 40		Cast steel GP240GH (GS-C 25)						
Valve seat			Stainless steel, mat. No. 1.4021						
Valve cone			Stainless steel, mat. No. 1.4021						
Sealing	VFG 22		Metal						
	VFG 221		EPDM						

AFPA 2 Actuator

Actuator size		cm <sup>2</sup>	80		160		320		640
Max. operating pressure		bar	16, 40						
Diff. pressure setting ranges and spring colours	bar	red	yellow	red	yellow	red	yellow	yellow	
		1.5-6	0.5-3	1-3	0.3-1.5	0.4-1.5	0.2-0.8	0.1-0.4	
For valve DN			65-125	65-250	65-100	125-250	65-250		
<b>Materials</b>									
Actuator housing			Steel, mat. No. 1.0345, zinc plated						
Control diaphragm			EPDM						





**PROSINUS<sup>®</sup>X**

Razdjelnik/sabirnik – kotao, Varaždin  
 Selection: round-tube manifold DN 400  
 Facility: heating  
 Material: steel  
 Corpus length [mm]: 1572  
 Total length [mm]: 1775  
 Ref.: 370777  
 22.08.2024. generated by  
 gitarist.kario@gmail.com  
 Delivery time on request.

Design temperature [°C]: 90  
 Design pressure [bar]: 6  
 Throughput [selected]: [m<sup>3</sup>/h]: 172  
 Throughput maximum [m<sup>3</sup>/h]: 175.4  
 corpus: #406.4 x 6.3  
 cover: s=5  
 Weight: 160 kg  
 Coating: primed

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

*Prilog 20 Tehnička crtež razdjelnika R1*

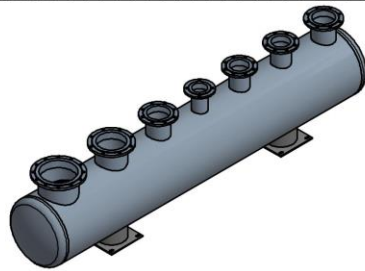
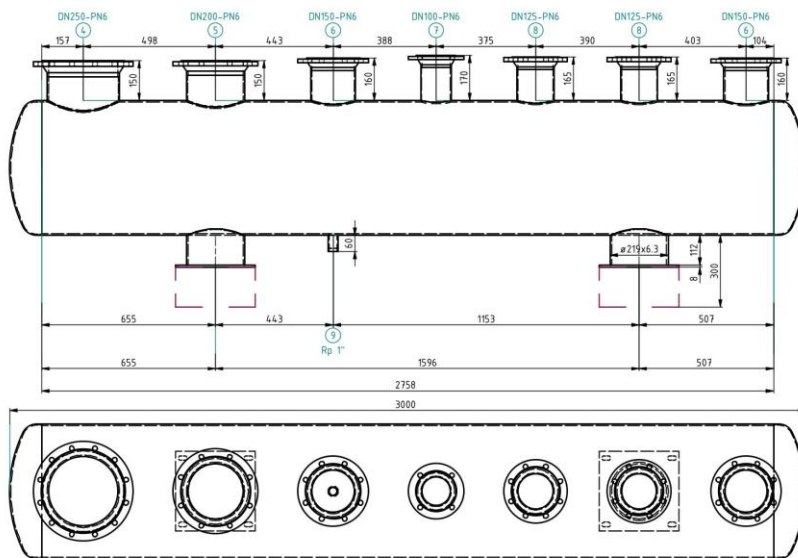
**PROSINUS<sup>®</sup>X**

**Project parts list - Project 370777**

Pos.	Qty	Article	Description	Length	Armature on site
10	1	4205915	round-tube manifold DN 400		
1	1	4200653	corpus DN 400 L=1572	1572	
2	2	4207152	dished boiler head DN400 PN6 BLAC		
3	2	4204608	bracket mounts		
4	1	4200923	flange DN300-PN6 L=150	150	without
5	1	4214782	flange DN200-PN6 L=150	150	ARI-EURO-WEDI FTF-14 (F4-short)
6	1	4202994	flange DN80-PN6 L=175	175	ARI-EURO-WEDI FTF-14 (F4-short)
7	1	4202935	flange DN125-PN6 L=165	165	ARI-EURO-WEDI FTF-14 (F4-short)
8	1	9814175	sleeve 3/4" L=60	60	
20	1	4211951	Draining channel L=1500		
30	2	4205878	stand bracket for draining channel		
40	1	4205640	Insulation 60 PUR+ST	1895	
50	2	4206097	stand brackets H=270-340		

Weight Pos. 10: 160 kg

*Prilog 21 Tehnička specifikacija razdjelnika R1*



**PROSINUS<sup>®</sup>X**

Razdjelnik - potrošači, Varaždin  
 Selection: round-tube manifold DN 500  
 Facility: heating  
 Material: steel  
 Corpus length [mm]: 2758  
 Total length [mm]: 3000  
 Ref.: 372111  
 02.09.2024 generated by  
 gitans17.karlo@gmail.com  
 Delivery time on request.

Design temperature [°C]: 85  
 Design pressure [bar]: 6  
 Throughput (selected) [m<sup>3</sup>/h]: 180.6  
 Throughput maximum [m<sup>3</sup>/h]: 277.6  
 corpus: ø508 x 6.3  
 cover: s=5  
 Weight: 310 kg  
 Coating: primed

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

*Prilog 22 Tehnički crtež razdjelnika R2*

**PROSINUS<sup>®</sup>X**

**Project parts list - Project 372111**

Pos.	Qty	Article	Description	Length	Armature on site
10	1	4205933	round-tube manifold DN 500		
1	1	4200710	corpus DN 500 L=2758	2758	
2	2	4207147	dished boiler head DN500 PN6 BLAC		
3	2	6301101	bracket mounts		
4	1	4214783	flange DN250-PN6 L=150	150	without
5	1	4214782	flange DN200-PN6 L=150	150	ARI-EURO-WEDI FTF-14 (F4-short)
6	2	4214781	flange DN150-PN6 L=160	160	ARI-EURO-WEDI FTF-14 (F4-short)
7	1	4202995	flange DN100-PN6 L=170	170	ARI-EURO-WEDI FTF-14 (F4-short)
8	2	4202935	flange DN125-PN6 L=165	165	ARI-EURO-WEDI FTF-14 (F4-short)
9	1	9815114	sleeve 1" L=60	60	
20	1	4211954	Draining channel L=3000		
30	2	4205878	stand bracket for draining channel		
40	2	4205580	stand brackets H=300		

Weight Pos. 10: 310 kg

*Prilog 23 Tehnička specifikacija razdjelnika R2*





### 3. Buffer tank

#### 3.1 Buffer tank

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

3.1.1	7788300	1	<b>Storatherm Heat H 3000/1</b>
-------	---------	---	---------------------------------

##### Reflex Storatherm Heat

Buffer tank for storing heating and cooling water. Optionally available in upright versions with/without flange or with one/two internal heat exchangers for connection of external energy sources.

The connector series for heat sources and consumers are vertical, offset through 100° configured as charging or discharging connectors. Between these connector series there also vertically arranged screw-in options for sensor sleeves, thermometers or similar (3 x Rp 3/4, 1 x Rp 1/2). Tanks with bare-tube exchanges also have flow and return connectors to the tube bundle heating surface. Storage tank of steel S235JR+AR, inside uncoated and outside corrosion protected. Buffer tank up to 1000 litre insulated with 100mm, buffer tank > 1000 litre with 120mm removable fleece insulation; according to DIN 4102-1 material class B2. Tanks up to 2000 litres are supplied ready-insulated. Tanks greater than 3000 litres are transported horizontally, without insulation. Insulation must be ordered separately. Tank available in energy efficiency class C. The heat losses are measured on an externally certified test bed.

Type	H 3000/1
Colour	grey
Nominal capacity	3000 l
max. perm. operating temperature	95 °C
max. perm. operating pressure	6 bar
Number of sleeves	9 St.
Connection	Rp 2"
Heating surface top	5.00 m <sup>2</sup>
Height	2101 mm
Tilt dimension approx.	2205 mm
Weight	637.00 kg

3.1.2	5916600	1	<b>Reflex insulation H 3000/1</b>
-------	---------	---	-----------------------------------

##### Reflex fleece insulation

120mm thick for Reflex Storatherm tank including full foil jacket covering.

Type	H 3000/1
Colour	white
Insulation material	polyester fleece
Weight	28.40 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.

The use of this software is subject to our General Terms and Conditions. Any liability for damages is excluded. •  
05 – 24 • Reflex Solutions Pro Version 24.04  
Reflex Winkelmann GmbH • Gersteinstraße 19 • 59227 Ahlen, Germany +49 2382 7069-9546 • www.reflex.de • info@reflex.de

A WINKELMANN  
BUILDING+INDUSTRY BRAND

*Prilog 24 Tehnička specifikacija spremnika PTV-a*

## 1. Information

1.1 Heating	Project number	PTV - diplomski
	Project name	PTV - diplomski
	Responsible person	Karlo Hrženjak
	date	2024-05-20
	Note	
	Language	English

## 2. System data of the solution

2.1 System data, buffer tank	Buffer tank volume	3000 L
	Maximum configuration temperature	60 °C
	Maximum configuration pressure	3.0 bar
	Number of heat exchangers	1 WÜ



The use of this software is subject to our General Terms and Conditions. Any liability for damages is excluded. •  
05 – 24 • Reflex Solutions Pro Version 24.04

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

A WINKELMANN  
BUILDING+INDUSTRY BRAND

*Prilog 25 Tehnička specifikacija spremnika PTV-a*

## Specification

### Note

All diagrams in this document are schematic, illustrative examples.

All dimensions are nominal.

### Reference values

#### Reference values

The information and values in the tables relate to the following general conditions:

- O<sub>2</sub> content in dry flue gas
  - For natural gas: 3.0 % by vol.
  - For EL fuel oil: 3.0 % by vol.
  - Data for other fuels can only be determined on the basis of a fuel analysis.
- Boiler flow/return temperature:
  - 80/60 °C without economiser, with condensing ECO
  - 90/70 °C with non-condensing ECO
- Economiser water inlet temperature:
  - Condensing ECO: 30 °C
  - Non-condensing ECO: 70 °C

#### Water flow rate:

- Condensing ECO: Continuous partial flow with a flow rate that equates to 30 % of the max. boiler water flow rate at a spread of 20 K
- Non-condensing ECO: Continuous full flow with a load-dependent boiler water flow rate

#### 100 % load

- Installation altitude: < 500 m above sea level
- Combustion air temperature: 25 °C

## Engineering information for burner selection

Boiler size			1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B
<b>Rated heating output</b>													
– For natural gas	MW		0.70	1.00	1.40	1.80	2.30	2.80	3.50	4.20	5.00	6.00	7.00
– For EL fuel oil	MW		0.70	1.00	1.40	1.80	2.30	2.80	3.50	4.20	5.00	6.00	7.00
<b>Combustion heating output (boilers with condensing ECO and without ECO)</b>													
– With natural gas for smooth pipe	MW		0.77	1.10	1.54	1.98	2.53 <sup>*1</sup>	3.08 <sup>*1</sup>	3.85 <sup>*1</sup>	4.62 <sup>*1</sup>	5.50 <sup>*1</sup>	6.59 <sup>*1</sup>	7.69 <sup>*1</sup>
– With EL fuel oil for smooth pipe	MW		0.76	1.09	1.53	1.96	2.51 <sup>*1</sup>	3.05 <sup>*1</sup>	3.82 <sup>*1</sup>	4.58 <sup>*1</sup>	5.45 <sup>*1</sup>	6.54 <sup>*1</sup>	7.63 <sup>*1</sup>
<b>Combustion heating output (boilers with non-condensing ECO)</b>													
– With natural gas for smooth pipe	MW		–	–	–	–	2.41	2.94	3.66	4.41	5.24	6.30	7.36
– With EL fuel oil for smooth pipe	MW		–	–	–	–	2.40	2.93	3.65	4.40	5.22	6.28	7.35
<b>Flame tube dimensions</b>													
Diameter													
– Smooth pipe internal Ø	D400	mm	678	776	872	970	1068	1139	1239	1312	1408	1506	1581
Flame tube length	x101	mm	1330	1560	1815	2035	2275	2485	2750	2990	3230	3505	3760
<b>Burner connections</b>													
– Max. flame head Ø	D300	mm	380	380	380	380	420	420	530	530	530	600	600
– Minimum flame head length	x100	mm	335	335	335	335	335	360	400	400	430	480	480
<b>Combustion chamber volume (min. value)</b>													
Relative to flame tube length x101		m <sup>3</sup>	0.48	0.74	1.08	1.50	2.04	2.53	3.32	4.04	5.03	6.24	7.38
<b>Pressure drop on flue gas side with condensing ECO</b>													
– For natural gas		mbar	–	–	–	–	10.2	11.3	12.5	13.6	14.3	16.7	17.3
<b>Pressure drop on flue gas side with non-condensing ECO</b>													
– For natural gas		mbar	–	–	–	–	10.1	11.7	12.5	14.1	15.5	19.1	20.2
<b>Pressure drop on flue gas side</b>													
– For natural gas		mbar	5.5	6.8	8.4	9.4	9.2	10.1	11.9	12.9	13.6	16.1	16.4
– For EL fuel oil		mbar	4.9	5.9	7.4	8.2	8.0	8.7	10.2	11.0	11.6	13.7	13.9

\*1 with condensing ECO

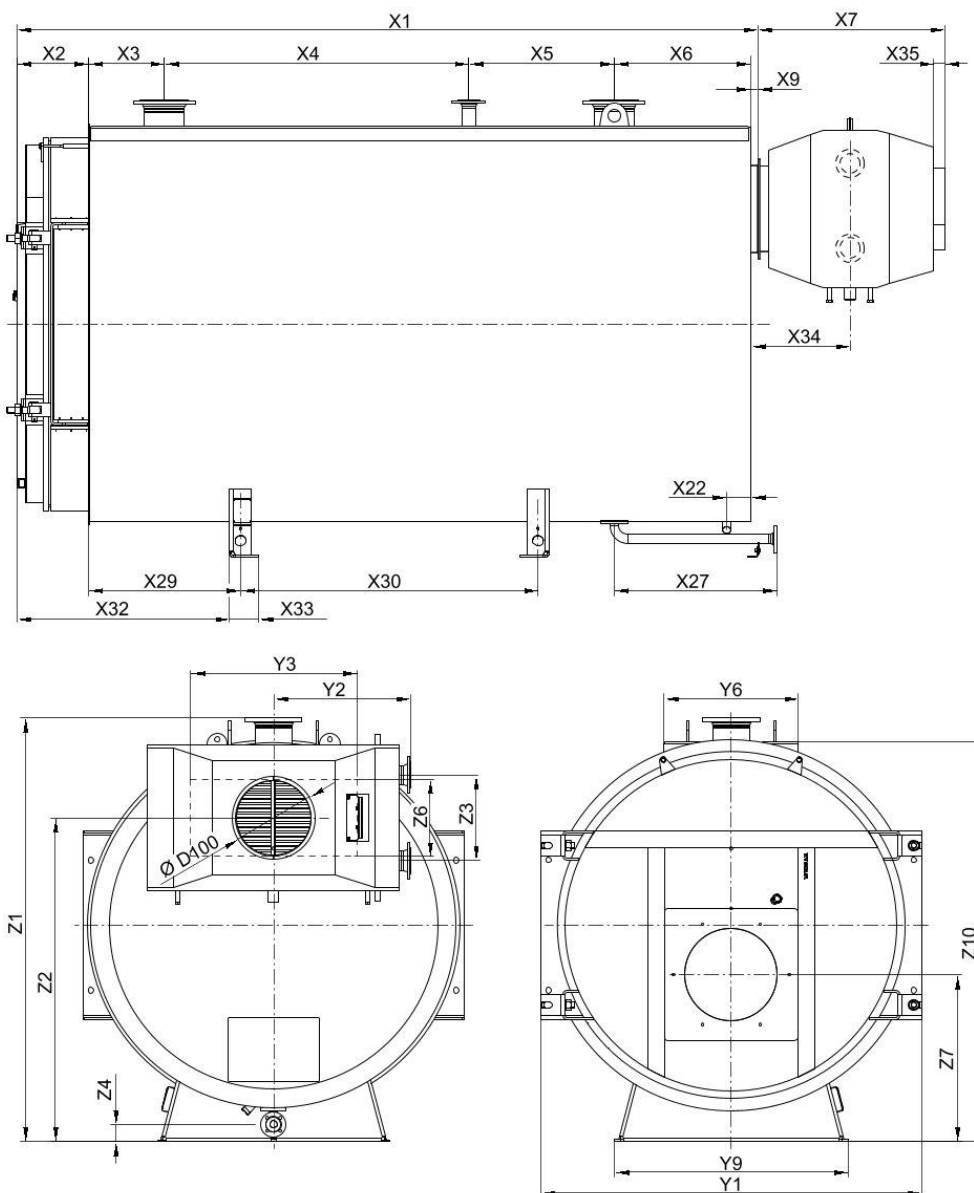
2 **VIESSMANN**

**VITOMAX LW**

6152559

## Boiler geometry for boiler with condensing ECO (cont.)

### Dimensions



Boiler size		5	6	7	8	9	A	B
x1	mm	4248	4544	4874	5122	5613	5932	6245
x2	mm	337	356	396	396	426	476	526
x3	mm	320	350	385	420	450	485	515
x4	mm	1280	1400	1540	1680	1800	1940	2060
x5	mm	639	686	766	804	885	944	1027
x6	mm	680	760	795	830	860	895	925
x7	mm	1022	1022	1022	1022	1222	1222	1222
x9	mm	45	45	45	45	45	45	45
x22	mm	135	135	135	135	135	135	135
x27 (option)	mm	750	900	900	900	900	900	900

6152559

## Boiler geometry for boiler with condensing ECO (cont.)

Boiler size		5	6	7	8	9	A	B
x29	mm	640	700	770	840	900	970	1030
x30	mm	1279	1386	1536	1644	1785	1914	2057
x32	mm	917	996	1106	1176	1226	1346	1456
x33	mm	160	160	160	160	240	240	240
x34	mm	542	542	542	542	642	642	642
x35	mm	60	60	60	60	60	60	60
y1	mm	1965	2065	2205	2270	2380	2465	2565
y2	mm	690	690	815	815	865	990	990
y3 <sup>2</sup>	mm	785	785	950	950	1000	1030	1030
y6	mm	700	700	800	800	800	1000	1000
y9	mm	1196	1252	1316	1383	1440	1493	1547
z1	mm	2175	2280	2400	2525	2630	2730	2830
z2	mm	1623	1705	1805	1928	2000	2070	2130
z3	mm	360	360	510	510	560	620	620
z4 (option)	mm	100	100	100	100	100	100	100
z6 <sup>2</sup>	mm	400	400	475	475	500	525	525
z7	mm	864	904	955	994	1040	1080	1114
z10	mm	2030	2135	2255	2380	2485	2585	2685
Ø D100								
– Internal	mm	390	440	490	490	550	620	700
– External	mm	400	450	500	500	560	630	710

## Transport information

Boiler size		5	6	7	8	9	A	B
<b>Shipping dimensions<sup>3,4</sup> incl. packaging</b>								
– Total length	m	4.35	4.64	4.97	5.22	5.71	6.03	6.35
– Total width	m	1.99	2.09	2.23	2.30	2.41	2.49	2.59
– Total height	m	2.20	2.31	2.43	2.55	2.66	2.76	2.86
<b>Shipping dimensions of condensing ECO<sup>4</sup> if delivered separately</b>								
– Total length	m	1.10	1.10	1.11	1.11	1.35	1.35	1.35
– Total width	m	1.40	1.40	1.65	1.65	1.75	2.00	2.00
– Total height	m	1.05	1.05	1.25	1.25	1.35	1.45	1.45
<b>Dry weight<sup>4</sup> Boiler with condensing ECO and thermal insulation</b>								
For perm. operating pressure		t						
6 bar		3.8	4.5	5.4	6.5	7.5	8.7	10.2
10 bar		4.5	5.4	6.4	7.6	9.0	10.4	11.9
<b>Dry weight<sup>4</sup> Condensing ECO incl. thermal insulation</b>		kg	235	235	325	325	400	475
<b>Size of condensing ECO</b>			1	1	3	3	4	5

## Boiler connections

Boiler size		5	6	7	8	9	A	B
<b>Boiler flow and return connectors</b>								
For permissible operating pressure 6 bar, 10 bar								
Temperature spread	20 K	PN 16 DN	150	150	200	200	200	250
By means of an on-site reducer with								
	30 K	PN 16 DN	125	125	150	150	200	200
	40 K	PN 16 DN	100	100	125	125	150	200
<b>Safety valve connector</b>								
For perm. operating pressure								
	6 bar	PN 16 DN	50	65	65	65	80	100
		PN 40 DN	—	—	—	—	—	—
	10 bar	PN 16 DN	—	50	50	65	65	80
		PN 40 DN	40	—	—	—	—	—

DN 65 PN 16 in 4-hole design

<sup>2</sup> Clear dimension, boiler/ECO connection

<sup>3</sup> To facilitate transport, the boiler and heat exchanger can be delivered separately.

<sup>4</sup> Order related deviations of ±10 % are possible.

## Boiler geometry for boiler with condensing ECO (cont.)

### Condensing ECO connections

Boiler size			5	6	7	8	9	A	B
Water inlet/outlet connectors	6/10 bar	PN 16 DN	100	100	100	100	150	150	150

## Performance data for boiler with condensing ECO

Boiler size		5	6	7	8	9	A	B
Boiler water capacity	m <sup>3</sup>	2.42	2.94	3.63	4.36	5.04	5.69	6.50

Boiler size		5	6	7	8	9	A	B	
Flue gas mass flow rate <sup>*5</sup> wet	– For natural gas	t/h	1.5225 x combustion heating output in MW						
	– For EL fuel oil	t/h	1.5 x combustion heating output in MW						
Heating surface area	– Flue gas side	m <sup>2</sup>	52.0	63.2	82.3	91.0	106	125	145
	– Water side	m <sup>2</sup>	46.5	58.7	71.7	80.3	93.0	107	129
Flue gas volume	m <sup>3</sup>	3.61	4.52	5.94	7.19	8.89	10.87	12.7	

### Condensing ECO

Boiler size		5	6	7	8	9	A	B
Pressure drop on the heating water side	bar	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2

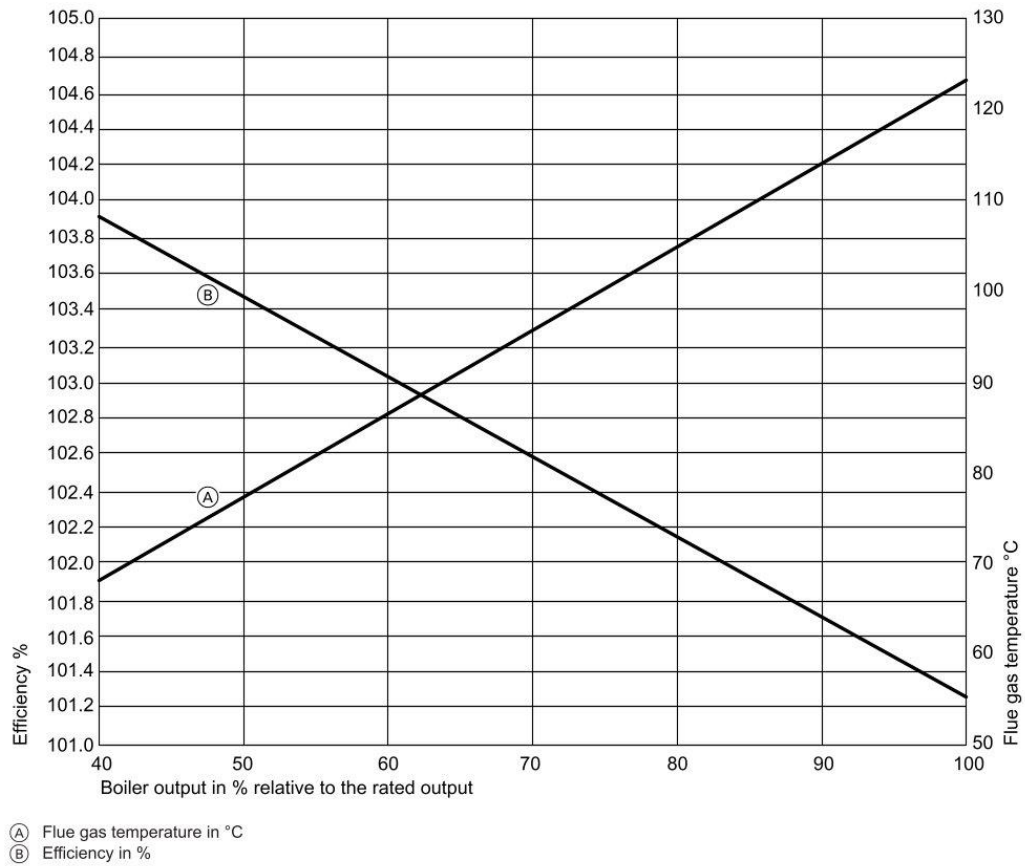
### Condensing ECO

Boiler size		5	6	7	8	9	A	B
Size of condensing ECO		1	1	3	3	4	5	5
Total output	kW	231	270	375	428	511	628	705
Condensate volume	kg/h	178	208	286	327	392	478	538

\*5 Calculation of values for sizing the flue system to EN 13384.

**Performance data for boiler with condensing ECO (cont.)**

Flue gas temperature and efficiency with condensing ECO for gas operation



6152559

VITOMAX LW

VIESSMANN 9

*Prilog 30 Tehnička specifikacija kotla*

Ordering

MSV-F2 valves - PN 16

Picture	DN (mm)	$k_{vs}$ (m <sup>3</sup> /h)	T <sub>max.</sub> (°C)	PN (bar)	Code No. (with needle test plugs)
	15	3.1	130	16	003Z1085
	20	6.3			003Z1086
	25	9.0			003Z1087
	32	15.5			003Z1088
	40	32.3			003Z1089
	50	53.8			003Z1061
	65	93.4			003Z1062
	80	122.3			003Z1063
	100	200.0			003Z1064
	125	304.4			003Z1065
	150	400.8	003Z1066		
	200	872	003Z1140		
	250	1,238	003Z1141		
	300	1,662	003Z1142		
	350	2,359	003Z1143		
	400	3,516	003Z1144		

MSV-F2 valves - PN 25

Picture	DN (mm)	$k_{vs}$ (m <sup>3</sup> /h)	T <sub>max.</sub> (°C)	PN (bar)	Code No. (with needle test plugs)
	15	3.1	150	25	003Z1092
	20	6.3			003Z1093
	25	9.0			003Z1094
	32	15.5			003Z1095
	40	32.3			003Z1096
	50	53.8			003Z1070
	65	93.4			003Z1071
	80	122.3			003Z1072
	100	200.0			003Z1073
	125	304.4			003Z1074
	150	400.8	003Z1075		
	200	872	003Z1145		
	250	1,238	003Z1146		
	300	1,662	003Z1147		
	350	2,359	003Z1148		
	400	3,516	003Z1149		

Accessories

Type	Code No.
Standard test plugs with O-ring, 2 pcs.	003Z0104
Extension piece for test plugs 45 mm, 2 pcs.	003Z0103
Extended test plugs mounted under pressure, 2 pcs.	003Z3946
Flow measuring instrument PFM100 (10bar)	003L8260
Flow measuring instrument PFM1000 (10 bar)	003Z8260
Flow measuring instrument PFM1000 (20 bar)	003Z8261

Type	Code No.	
Hand-wheel	DN 15-50	003Z0179
	DN 65-150	003Z0180
	DN 200-250	003Z1180
	DN 300	003Z1181
	DN 350	003Z1182
	DN 400	003Z1183



Technical data

MSV-F2 valves - PN 16

Nominal diameter	DN	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400
$k_{vs}$	m <sup>3</sup> /h	3.1	6.3	9.0	15.5	32.3	53.8	93.4	122.3	200.0	304.4	400.8	872	1238	1662	2359	3516
Nominal pressure	bar	16															
Max. pressure drop		1.5															
Leakage rate	Grade A; According to ISO5208, Table 5 (No visible leakage)																
Flow medium	Water and water mixtures with secondary coolants (like glycols <sup>1)</sup> ) for closed heating and cooling systems																
Max. flow temperature	°C	130															
Connections	Flanges according to EN 1092-2																
Weight	kg	2.3	2.9	3.8	5.6	7.2	9.4	17	21	32	44	56.5	98	153	247	374	525
<b>Material</b>																	
Body	Ductile iron EN-GJS 400-15 (GGG-40)																
Seat sealing	EPDM																
Cone	CW602N								Stainless steel	Stainless steel/ CW602N	Casted stainless steel						

<sup>1)</sup> Please verify compability between materials and secondary coolants with supplier.

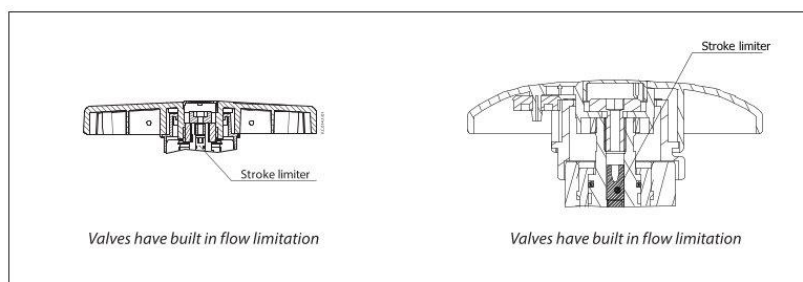
MSV-F2 valves - PN 25

Nominal diameter	DN	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400
$k_{vs}$	m <sup>3</sup> /h	3.1	6.3	9.0	15.5	32.3	53.8	93.4	122.3	200.0	304.4	400.8	872	1238	1662	2359	3516
Nominal pressure	bar	25															
Max. pressure drop		2.0															
Leakage rate	Grade A; According to ISO5208, Table 5 (No visible leakage)																
Flow medium	Water and water mixtures with secondary coolants (like glycols <sup>1)</sup> ) for closed heating and cooling systems																
Max. flow temperature	°C	150															
Connections	Flanges according to EN 1092-2																
Weight	kg	2.3	3.0	3.8	5.8	7.2	9.4	17	21	33	44	56.5	107	172	278	420	603
<b>Material</b>																	
Body	Ductile iron EN-GJS 400-15 (GGG-40)																
Seat sealing	EPDM																
Cone	CW602N								Stainless steel	Stainless steel CW602N	Casted stainless steel						

<sup>1)</sup> Please verify compability between materials and secondary coolants with supplier.

Pressure-temperature classification (flanges according to EN 1092-2)

Material	PN		Temperature		
			-10 °C	120 °C	150 °C
EN-GJS 400-15	25	bar	25	25	24.3



Data sheet

## Two- and three way valves VFG.. / VFGS 2 / VFU.. for self-acting thermostats and electrical actuators

**Description**

Valves for heating, district heating and cooling systems.

The valves can be used with following actuators:

- Thermostats (TR) AFT...
- Safety Temperature Monitor (STM) STFW
- Actuators AMV(E) 655, 658, 659

**VFG 2**  
**VFG 21**  
(see pages 2, 3, 4)



- Main data:**
- DN 15-250
  - $T_{max}$  200 °C
  - 2-way valve (Normally Open)
  - Media: circulation water and glycolic water up to 30%
  - Cone: VFG 2 metal/metal sealing  
VFG 21 soft sealing
  - Pressure relieved
  - DIN EN 14597 certified with AME659SD & STFW

**VFGS 2**  
(see pages 5, 6)



- Main data:**
- DN 15-250
  - $T_{max}$  350 °C
  - 2-way valve (Normally Open)
  - Media: steam
  - Cone: metal/metal sealing
  - Pressure relieved
  - DIN EN 14597 certified with AME659SD & STFW

**VFG 33**  
(see pages 6, 7)



- Main data:**
- DN 25-125
  - $T_{max}$  200 °C
  - Media: circulation water and glycolic water up to 30%
  - mixing pressure balanced valve
  - Cone: metal/metal sealing

**VFU 2**  
(see page 7, 8)



- Main data:**
- DN 15-125
  - $T_{max}$  150 °C
  - 2-way valve (Normally Close)
  - Media: circulation water and glycolic water up to 30%
  - Cone: metal/metal sealing
  - Pressure relieved

**Data sheet**
**Two- and three way valves VFG.. / VFGS 2 / VFU..**
**Ordering (VFG 2)**

Cone:  
metal /metal sealing, pressure  
relieved.

Picture	DN (mm)	k <sub>vs</sub> (m <sup>3</sup> /h)	Connections	T <sub>max</sub> (°C)	Code No.	T <sub>max</sub> (°C)	Code No.	
					PN 16		PN 25	PN 40
	15	4.0	Flanges acc. to EN 1092-1	150 <sup>1)</sup>	065B2388	200 <sup>1)</sup>	065B2401	065B2411
	20	6.3			065B2389		065B2402	065B2412
	25	8.0			065B2390		065B2403	065B2413
	32	16			065B2391		065B2404	065B2414
	40	20			065B2392		065B2405	065B2415
	50	32			065B2393		065B2406	065B2416
	65	50			065B2394		065B2407	065B2417
	80	80			065B2395		065B2408	065B2418
	100	125			065B2396		065B2409	065B2419
	125	160			065B2397		065B2410	065B2420
	150	280	150 <sup>1)</sup>	065B2398	150 <sup>1)</sup>	-	065B2421	
	200	320		065B2399		-	065B2422	
	250	400		065B2400		-	065B2423	
	150	280	150 <sup>1)</sup>	065B2424	200 <sup>1)</sup>	-	On request	
	200	320		065B2425		-	On request	
	250	400		065B2426		-	On request	

<sup>1)</sup> For detailed temperature limits refer to pressure/temperature diagram pg 9

**Technical data (VFG 2)**

Nominal diameter	DN	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	
k <sub>vs</sub> Value	(m <sup>3</sup> /h)	4	6.3	8	16	20	32	50	80	125	160	280 320 <sup>1)</sup>	320 450 <sup>1)</sup>	400 630 <sup>1)</sup>	
z value acc. to VDMA 24 422		0.6	0.6	0.6	0.55	0.55	0.5	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3	0.2	0.2	
	Δp <sub>max</sub> <sup>2)</sup> (bar)	PN 16	16	16	16	16	16	16	16	15	15	-			
	AFT	PN 25, 40	20	20	20	20	20	20	20	20	15				15
	Δp <sub>max</sub> <sup>3)</sup> (bar)	PN 16	16	16	16	16	16	16	16	15	15	12	10	10	
	AMV(E) 655, 658, 659 <sup>4)</sup>	PN 25, 40	20	20	20	20	20	20	20	20	15	15	12	10	10
Nominal pressure <sup>2)</sup>		PN 16, 25 flanges to EN 1092-2 or 40, flanges to EN 1092-1													
Flow media/Temperature	PN 16	Circulation water / Glycolic water up to 30 % / thermo oil / 2 ... 150 °C													
	PN 25, 40	Circulation water / Glycolic water up to 30 % / thermo oil / 2 ... 200 °C													
Pressure balance		Stainless steel bellow, mat. No.1.4571										Rolling diaphragm			
Valve body material	PN 16	Grey cast iron EN-GJL-250 (GG-25)													
	PN 25	Ductile iron EN-GJS-400-18-LT (GGG-40.3)													
	PN 40	Cast steel GP240GH (GS-C 25)													
Cone material		Stainless steel, mat. No. 1.4404										mat. No. 1.4021			
Seat material		Stainless steel, mat. No. 1.4021										mat. No. 1.4313			

<sup>1)</sup> In combination with actuators AMV(E), k<sub>vs</sub> values are higher if Y60 piece is removed from valve.

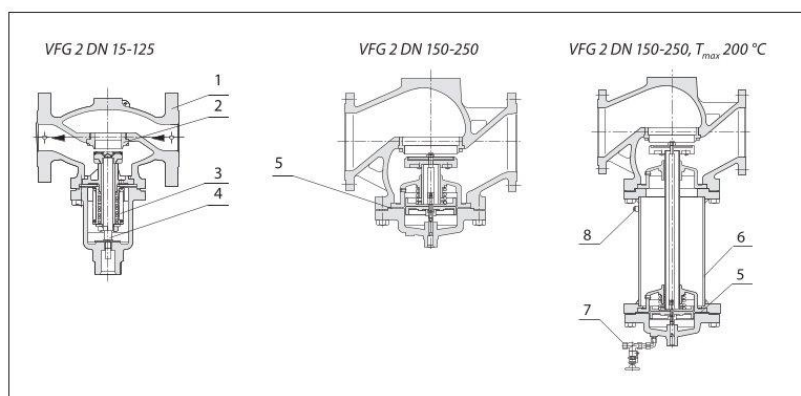
<sup>2)</sup> Above operating pressure of 14 bar use of valve stem extension ZF4, ZF6 or combination piece KF2 is necessary.

<sup>3)</sup> In order the actuator can close at max differential pressure flow velocity musn't exceed 2 m/s.

<sup>4)</sup> With adapter: **065B3527** (Adapter for combination with AMV(E) 655, 658, 659 mandatory)

**Design (VFG 2)**

- 1. Valve body
- 2. Valve seat
- 3. Bellows
- 4. Valve insert
- 5. Diaphragm
- 6. Valve body extension
- 7. Shut off valve for water filling
- 8. Closing plug



**Ordering (VFG 21)**

Cone:  
soft sealing, pressure relieved.

Picture	DN (mm)	k <sub>vs</sub> (m <sup>3</sup> /h)	Connections	T <sub>max</sub> (°C)	Code No.
					PN 16
	15	4.0	Flanges acc. to EN 1092-1	150	065B2502
	20	6.3			065B2503
	25	8.0			065B2504
	32	16			065B2505
	40	20			065B2506
	50	32			065B2507
	65	50			065B2508
	80	80			065B2509
	100	125			065B2510
125	160	065B2511			
	150	280		150	065B2512
	200	320		065B2513	
	250	400		065B2514	

Technical data (VFG 21)

Nominal diameter DN	DN	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250
$k_{vs}$ value	(m <sup>3</sup> /h)	4	6.3	8	16	20	32	50	80	125	160	280 320 <sup>1)</sup>	320 450 <sup>1)</sup>	400 630 <sup>1)</sup>
z value acc. to VDMA 24 422		0.6	0.6	0.6	0.55	0.55	0.5	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3	0.2	0.2
$\Delta p_{max.}^{2)}$ (bar)	PN 16	16	16	16	16	16	16	16	16	15	15	-		
$\Delta p_{max.}^{3)}$ (bar)	PN 16	16	16	16	16	16	16	16	16	15	15	12	10	10
AMV(E) 655, 658, 659 <sup>4)</sup>	PN 25	20	20	20	20	20	20	20	20	15	15	12	10	10
Nominal pressure <sup>2)</sup>	PN 16 or 25, flanges to EN 1092-2													
Flow media/Temperature	Circulation water / Glycolic water up to 30 % / 2 ... 150 °C													
Pressure balance	Stainless steel bellows, mat. No.1.4571											Rolling diaphragm		
Valve body material	PN 16	Grey cast iron EN-GJL-250 (GG-25)												
	PN 25	Ductile iron EN-GJS-400-18-LT (GGG-40.3)												
Cone material	Stainless steel, mat. No. 1.4404											mat. No. 1.4021		
Seat material	Stainless steel, mat. No. 1.4021											mat. No. 1.4313		
Conical seal	EPDM													

<sup>1)</sup> in combination with actuators AMV(E),  $k_{vs}$  values are higher if Y60 piece is removed from valve.

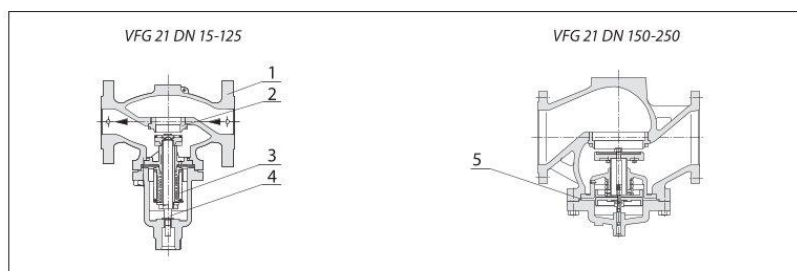
<sup>2)</sup> above operating pressure of 14 bar use of valve stem extension ZF4, ZF6 or combination piece KF2 is necessary.

<sup>3)</sup> In order the actuator can close at max differential pressure flow velocity musn't exceed 2 m/s.

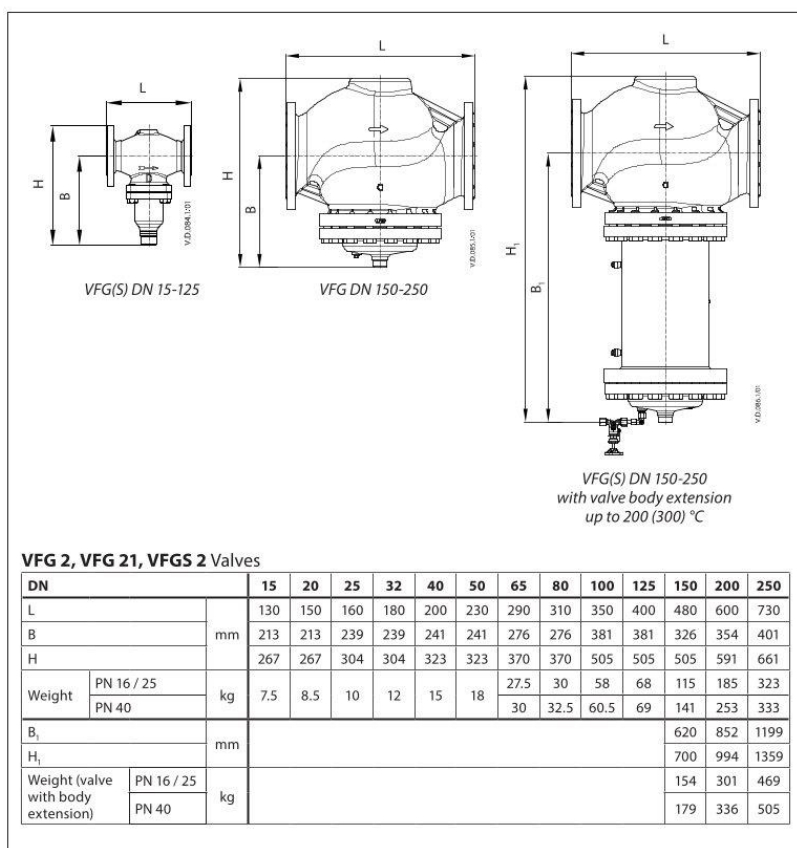
<sup>4)</sup> With adapter: **065B3527** (Adapter for combination with AMV(E) 655, 658, 659 mandatory)

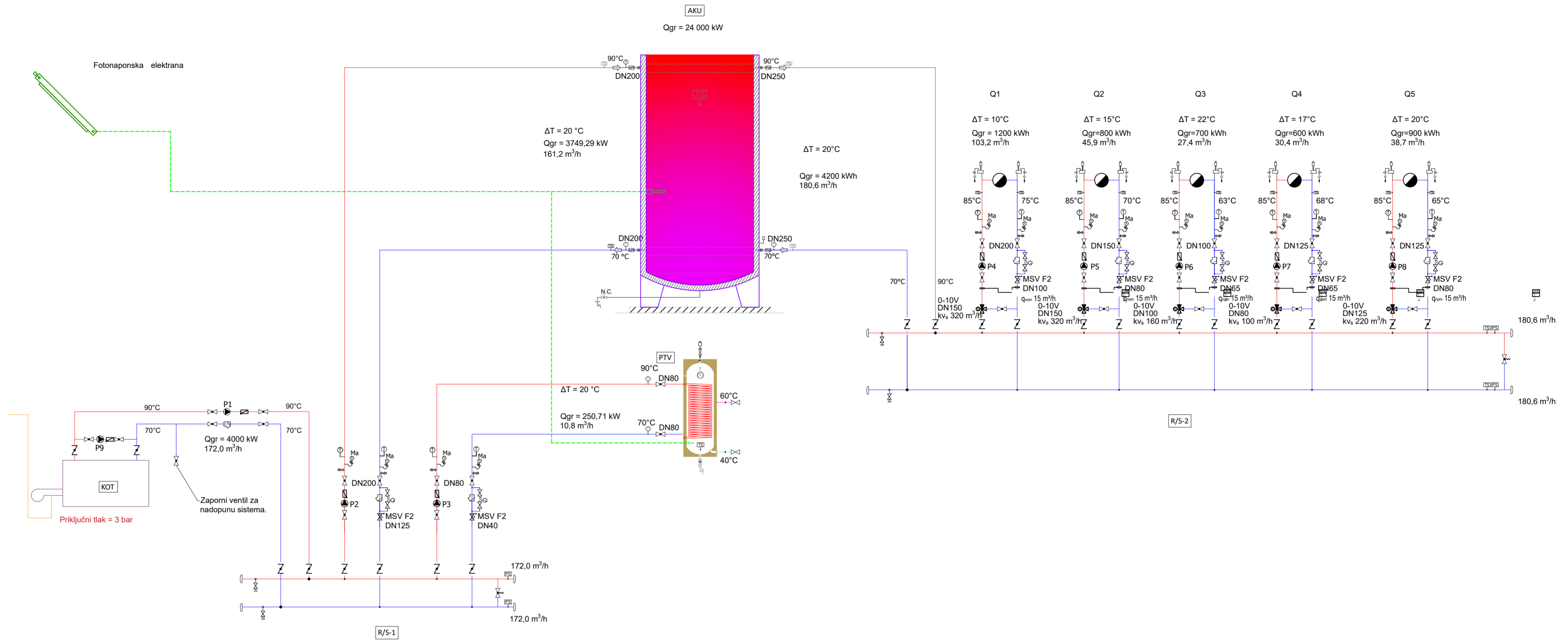
Design (VFG 21)

- 1 Valve body
- 2 Valve seat
- 3 Bellows
- 4 Valve insert
- 5 Diaphragm



Dimensions





- P1** Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 100-250/274 ili jednakovrijedno  
Max. radni tlak= 16 bar  
Snaga= 15 kW  
Napajanje=3x380-480 V, 50 Hz  
Bruto masa=368 kg  
Radna točka:  
H= 118 kPa  
V= 171,3 m³/h
- P2** Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 100-250/274 ili jednakovrijedno  
Max. radni tlak= 16 bar  
Snaga= 15 kW  
Napajanje=3x380-480 V, 50 Hz  
Bruto masa=368 kg  
Radna točka:  
H= 102,7 kPa  
V= 160,7 m³/h
- P3** Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 32-180/177 ili jednakovrijedno  
Max. radni tlak= 16 bar  
Snaga= 0,55 kW  
Napajanje=3x380-500 V, 50 Hz  
Bruto masa=92,3 kg  
Radna točka:  
H= 57,2 kPa  
V= 10,71 m³/h
- P4** Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 100-180/176 ili jednakovrijedno  
Max. radni tlak= 16 bar  
Snaga= 2,2 kW  
Napajanje=3x380-500 V, 50 Hz  
Bruto masa=115 kg  
Radna točka:  
H= 81 kPa  
V= 30,25 m³/h
- P5** Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 50-130/134 ili jednakovrijedno  
Max. radni tlak= 16 bar  
Snaga= 1,1 kW  
Napajanje=3x380-500 V, 50 Hz  
Bruto masa= 94,1 kg  
Radna točka:  
H= 30 kPa  
V= 38,57 m³/h
- P6** Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 65-180/161 ili jednakovrijedno  
Max. radni tlak= 16 bar  
Snaga= 0,75 kW  
Napajanje=3x380-420V, 50HZ  
Bruto masa= 104 kg  
Radna točka:  
H= 35,7 kPa  
V= 27,27 m³/h
- P7** Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 40-180/176 ili jednakovrijedno  
Max. radni tlak= 16 bar  
Snaga= 2,2 kW  
Napajanje=3x380-500 V, 50 Hz  
Bruto masa=115 kg  
Radna točka:  
H= 81 kPa  
V= 30,25 m³/h
- P8** Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 50-130/134 ili jednakovrijedno  
Max. radni tlak= 16 bar  
Snaga= 1,1 kW  
Napajanje=3x380-500 V, 50 Hz  
Bruto masa= 94,1 kg  
Radna točka:  
H= 30 kPa  
V= 38,57 m³/h
- P9** Optočna pumpa, proizvod kao tip NKE 65-125/144 ili jednakovrijedno  
Max. radni tlak= 16 bar  
Snaga= 1,1 kW  
Napajanje=3x380-420V, 50HZ  
Bruto masa=134 kg  
Radna točka:  
H= 20 kPa  
V= 43,0 m³/h

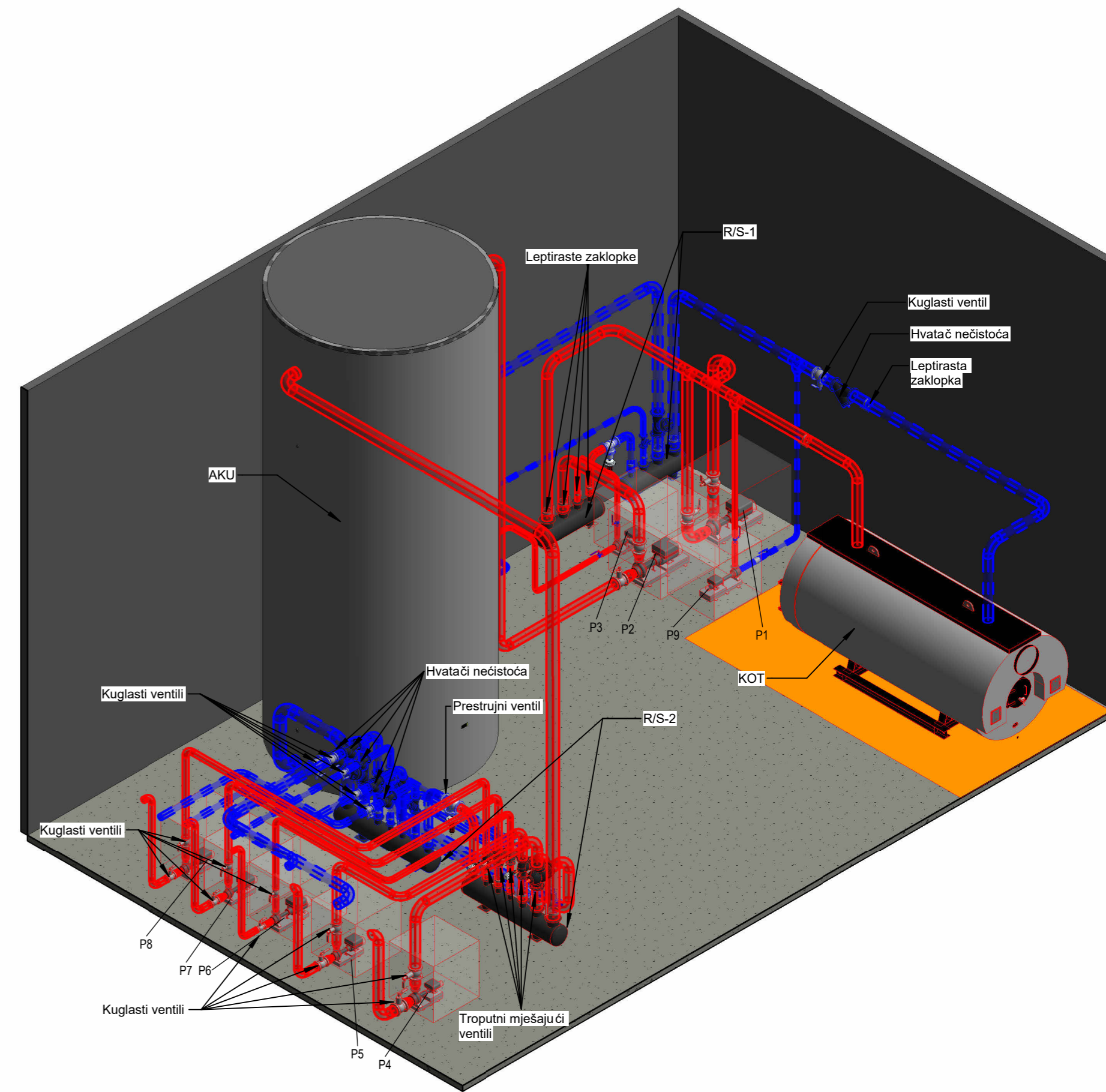
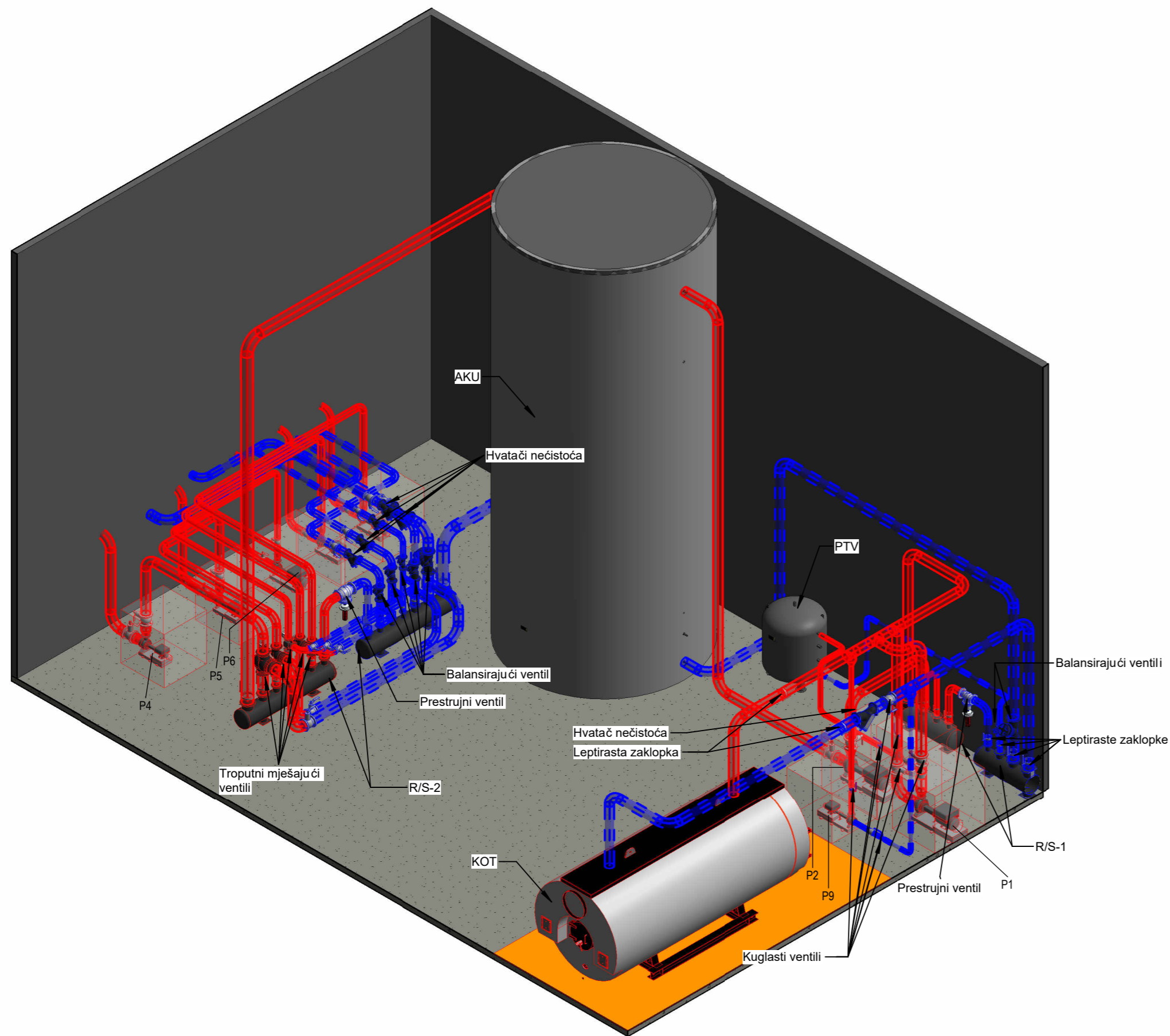
- R/S-1** Jednokomorni razdjelnik/sabirnik grijanja za spoj na 3 kruga grijanja i 1 kotloviski priključak (ukupno 4 priključaka).  
2xDN200  
1xDN80  
1xDN125  
Protok medija: 172,0 m³/h  
Duljina: 1775 mm  
Proizvod kao PROSINUSX, tip SINUS-Single chamber-heating/-cooling manifoldr DN 400 ili jednakovrijedno.
- R/S-2** Jednokomorni razdjelnik/sabirnik grijanja za spoj na 6 krugova grijanja i 1 priključak za spoj na spremnik (ukupno 7 priključaka).  
1xDN250  
2xDN150  
2xDN125  
1xDN100  
Protok medija: 180,6 m³/h  
Duljina: 3000 mm  
Proizvod kao PROSINUSX, tip SINUS-Single chamber-heating/-cooling manifoldr DN 500 ili jednakovrijedno.

- KOT** Plinski kotao, proizvod kao Viessman, tip VITOMAX 200 LW ili jednakovrijedno.  
Snaga=4,2 MW (prirodni plin)  
Volumen komore = 4,04 m3  
Pad tlaka = 12,9 mbar  
Dimenzije = 2525x2270x5122 mm
- PTV** Spremnik potrošne tople vode  
Volumen:3 m³  
Dimenzije (Ødxv)=1.5x2.1 m  
Proizvod kao: Reflex Soratherm Heat H 3000/1 ili jednakovrijedno
- AKU** Akumulacijsko-kompenzacijski spremnik tople vode.  
Volumen = 620 m3  
Promjer = 5 m  
Visina = 11 m  
Izolacija 200 mm

Legenda:

SIMBOLI	
	Odvajatelj nečistoće
	Balansirajući ventil
	Osigetnik tlaka-regulirana veličina
	Ispust
	Ventil za punjenje/razbijanje
	Diferencijalni presostaj
	Odzračnik s ispuštom
	3-pući miješajući ventil s motornim pogonom
	Regulator tlaka s integriranim ograničivačem protoka
	Regulator temperature

<b>Gradjevina:</b> TOPLOVDNA ENERGENA ZA GRIJANJE NISKOAKUMULATIVNOG OBJEKTA	<b>Faza projekta:</b> GLAVNI PROJEKT - PROJEKT STROJRSKIH INSTALACIJA - GRIJANJE	<b>Mentor:</b> Prof.dr.sc. Ante Čikić		
<b>Investitor:</b> -	<b>Sadržaj:</b> HIDRAULIČKA SHEMA GRIJANJA I PTV-a	<b>Student:</b> Karlo Hrženjak, bacc.ing.mech	<b>Datum:</b> 09.2024.	<b>Mjerilo:</b> -
		<b>Broj projekta:</b> 110/STR/2024	<b>List br.:</b> 1/1	<b>Nacrt br.:</b> <b>001</b>



<b>Građevina:</b> TOPLOVODNA ENERGAN ZA GRIJANJE NISKOAKUMULATIVNOG OBJEKTA	<b>Faza projekta:</b> GLAVNI PROJEKT - PROJEKT STROJARSKIH INSTALACIJA - GRIJANJE	<b>Glavni projektant:</b> prof. dr.sc. Ante Čikić		<b>Mjerilo:</b> -	<b>Nacrt br.:</b> 002
		<b>Projektant:</b> Karlo Hrženjak, bacc.ing.mech.			
<b>Investitor:</b> -	<b>Sadržaj:</b> IZOMETRIJSKI PRIKAZ TOPLOVODNE ENERGANJE	<b>Suradnik:</b> -		<b>List br.:</b> 1/1	
		<b>Datum:</b> 09.2024.	<b>Br. projekta:</b> 110/STR/2024		



Sveučilište  
SjeverSVEUČILIŠTE  
SJEVER

## 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, KARLO HRŽENJAK (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog/specijalističkog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom TOPLOVODNA ENERGIJA (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Karlo Hrženjak  
(vlastoručni potpis)

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

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