

SUNČANI SUSTAV S DIZALICOM TOPLINE ZA CENTRALNO GRIJANJE I PRIPREMU POTROŠNE TOPLE VODE

Zeneral, Matej

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Engineering / Sveučilište u Rijeci, Tehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:190:714168>

Rights / Prava: [Attribution 4.0 International](#) / [Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-01**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Engineering](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI

TEHNIČKI FAKULTET

Sveučilišni prijediplomski studij strojarstva

Završni rad

**SUNČANI SUSTAV S DIZALICOM TOPLINE ZA CENTRALNO
GRIJANJE I PRIPREMU POTROŠNE TOPLE VODE**

Rijeka, rujan 2024

Matej Zeneral

0069092123

SVEUČILIŠTE U RIJECI

TEHNIČKI FAKULTET

Sveučilišni prijediplomski studij strojarstva

Završni rad

**SUNČANI SUSTAV S DIZALICOM TOPLINE ZA CENTRALNO
GRIJANJE I PRIPREMU POTROŠNE TOPLE VODE**

Mentor: prof. dr. sc. Igor Wolf

Rijeka, rujan 2024

Matej Zeneral

0069092123

Rijeka, 15.03.2024.

Zavod: Zavod za termodinamiku i energetiku
Predmet: Tehnika grijanja

ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Pristupnik: **Matej Zeneral (0069092123)**
Studij: Sveučilišni prijediplomski studij strojarstva (1010)
Zadatak: **Sunčani sustav s dizalicom topline za centralno grijanje i pripremu potrošne tople vode / Solar-assisted heat pump central heating and domestic hot water preparation system**

Opis zadatka:

Projektirati sustav za grijanje i pripremu potrošne tople vode (PTV) za potrebe stambene zgrade, čije su arhitektonske podloge sastavni dio ovoga zadatka. Predvidjeti niskotemperaturno centralno grijanje prostorija te odgovarajući sustav pripreme potrošne tople vode, s kompresorskom dizalicom topline potpomognutom sunčevom energijom. Primjenom tehno-ekonomske analize odrediti odgovarajuću izvedbu i dimenzionirati sustav za iskorištavanje sunčeve energije, koji će u kombinaciji s dizalicom topline u što većoj mjeri i na što ekonomičniji način zadovoljiti potrebe zgrade za toplinskom energijom. Konačno odabrano rješenje sustava treba obraditi u obliku glavnoga strojarskoga projekta, s proračunima, odabirom opreme, nacrtima i troškovnikom.

Rad mora biti napisan prema Uputama za pisanja diplomskih / završnih radova koje su objavljene na mrežnim stranicama studija.

Zadatak uručen pristupniku: 20.03.2024.

Mentor:
prof. dr. sc. Igor Wolf

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:
izv. prof. dr. sc. Samir Žic

IZJAVA

Izjavlujem da sam završni rad pod nazivom „Sunčani sustav s dizalicom topline za centralno grijanje i pripremu potrošne tople vode“ radio samostalno koristeći navedenu literaturu.

Matej Zeneral

0069092123

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentoru prof. dr. sc. Igoru Wolfu na svome vremenu koje je pružio kako bi mi pomogao te na taj način olakšao pisanje završnog rada iz kolegija „Tehnike grijanja“.

Matej Zeneral

SADRŽAJ

1. UVOD.....	2
2. TOPLINSKE POTREBE ZGRADE	4
2.1. Opis promatrane kuće.....	4
2.2. Proračun toplinskih gubitaka.....	10
2.2.1 Transmisijski gubici.....	11
2.2.2. Ventilacijski gubici.....	14
2.3. Proračun sustava za pripremu potrošne tople vode.....	18
3. ODABIR OPREME ZA SUSTAV GRIJANJA I PRIPREME POTROŠNE TOPLE VODE.....	22
3.1. Uvod.....	22
3.2. Podno grijanje.....	22
3.3. Dizalica topline.....	29
3.4. Odabir sunčevih toplinskih kolektora.....	32
4. TEHNO-EKONOMSKA ANALIZA SUSTAVA ZA CENTRALNO GRIJANJE I PRIPREMU POTROŠNE TOPLE VODE.....	34
4.1. Ulazni podatci.....	34
4.2. Rezultati proračuna u KIE+.....	36
4.3. Funkcionalna shema sustava grijanja izvedbe sa spremnikom u spremniku.....	44
5. TEHNIČKI PRORAČUNI ZA ODABRANI TERMOTEHNIČKI SUSTAV.....	45
5.1. Dimenzioniranje cjevovoda i proračun padova tlaka.....	45
5.1.1. Sustav grijanja.....	45
5.1.2. Solarni krug.....	48
5.2. Odabir cirkulacijskih pumpi.....	49
5.2.1. Pumpa grijanja.....	49
5.2.2. Pumpa sunčevih toplinskih kolektora.....	52
5.3. Proračun i odabir ekspanzijske posude.....	54
5.4. Regulacija sustava grijanja.....	59
6. SPECIFIKACIJA OPREME, MATERIJALA I RADOVA.....	62
7. ZAKLJUČAK.....	70
POPIS LITERATURE.....	72
SAŽETAK I KLJUČNE RIJEČI.....	73
PRILOZI.....	74

1. UVOD

Osnovni zadatak sustava grijanja je stvoriti željeni osjećaj ugodnosti u zatvorenom prostoru, dovodeći toplinu u prostoriju ili zgradu sa ciljem održavanja odgovarajućeg toplinskog stanja što podrazumijeva temperaturu i relativnu vlažnost. Sustavu grijanja potrebno je pažljivo projektirati jer on utječe na ljudsko zdravstveno stanje, osjećaj sigurnosti te na samu radnu motiviranost. Sustav grijanja troši puno energije (oko 40% ukupne potrošnje konačne energije; 36% ukupne emisije CO₂). Iz navedenih je razloga sustav grijanja od velike važnosti, a inteligentnom gradnjom zgrada nastoji se postići što manje zagađenje okoliša za što je potrebno ostvariti minimalnu potrošnju energije te emisije štetnih plinova. Od novijih se zgrada očekuje da imaju vrlo nisku potrošnju energije, što se ostvaruje kvalitetnom toplinskom zaštitom, primjenom energetski učinkovitih uređaja za grijanje, hlađenje, ventilaciju i klimatizaciju te rasvjete i električnih trošila kao i upotrebom obnovljivih izvora energije.

Stambeni objekt koji je obrađen u ovom završnom radu je obiteljska kuća, koja je smještena u Kostreni. Njezina bruto površina iznosi 175 m². Obiteljska kuća kao generator topline koristi kompresorsku dizalicu topline čiji je rad potpomognut sa sunčevim toplinskim kolektorima. Sunčevi kolektori pretvaraju sunčevu energiju u toplinu iskoristivu za grijanje i pripremu potrošne tople vode.

Dizalica topline sve se više primjenjuje kao generatori topline u sustavima grijanja, jer za razliku od ostalih tipova generatora topline, one ne koriste izravno fosilna goriva, a 2/3 do 3/4 potrebne energije dobiva se iz okoliša, uz mogućnost generiranja potrebne električne energije za pogon kompresora pomoću sustava za iskorištavanje sunčeve energije. Uz ekološke prednosti koje ona pruža, dizalica topline se lako održava, te se njome možemo koristiti i za potrebe grijanja i za potrebe hlađenja. Glavni nedostaci primjene dizalica toplina vezani su za investicijske troškove.

Za obiteljsku kuću u Kostreni predviđeno je podno grijanje. Sa aspekta distribucije topline, podno grijanje je u usporedbi sa svim ostalim tipovima grijanja najbliže idealnom grijanju. Podnim grijanjem pruža se veći osjećaj ugodnosti te se sama toplina duže zadržava. U obiteljskoj kući projektirano je niskotemperaturno podno grijanje čija je glavna karakteristika da je polazna temperatura vode manja od 40 °C. Takvim odabirom sustava omogućen je rad dizalice topline u povoljnim radnim uvjetima čime dolazi do veće učinkovitosti rada dizalice topline. Slično kao i kod dizalica topline, kod podnog grijanja glavni nedostatak su veliki troškovi postavljanja, skupi popravci te više vremena koje je potrebno za zagrijavanje prostorije. Zadatak navedenog rada je projektirati sustav grijanja za obiteljsku kuću za koju je predviđena primjena dizalice topline koja

će biti povezana s niskotemperaturnim podnim grijanjem kao i projektirati sustav za pripremu i grijanje potrošne tople vode (PTV). Rezultatima proračuna toplinskih gubitaka i potrošne tople vode određujemo valjanu dizalicu topline, a pomoću termotehničke analize koristeći računalni alat KI Expert Plus određujemo valjanu izvedbu i dimenzioniramo sustav za iskorištavanje sunčeve energije.

2. TOPLINSKE POTREBE ZGRADE

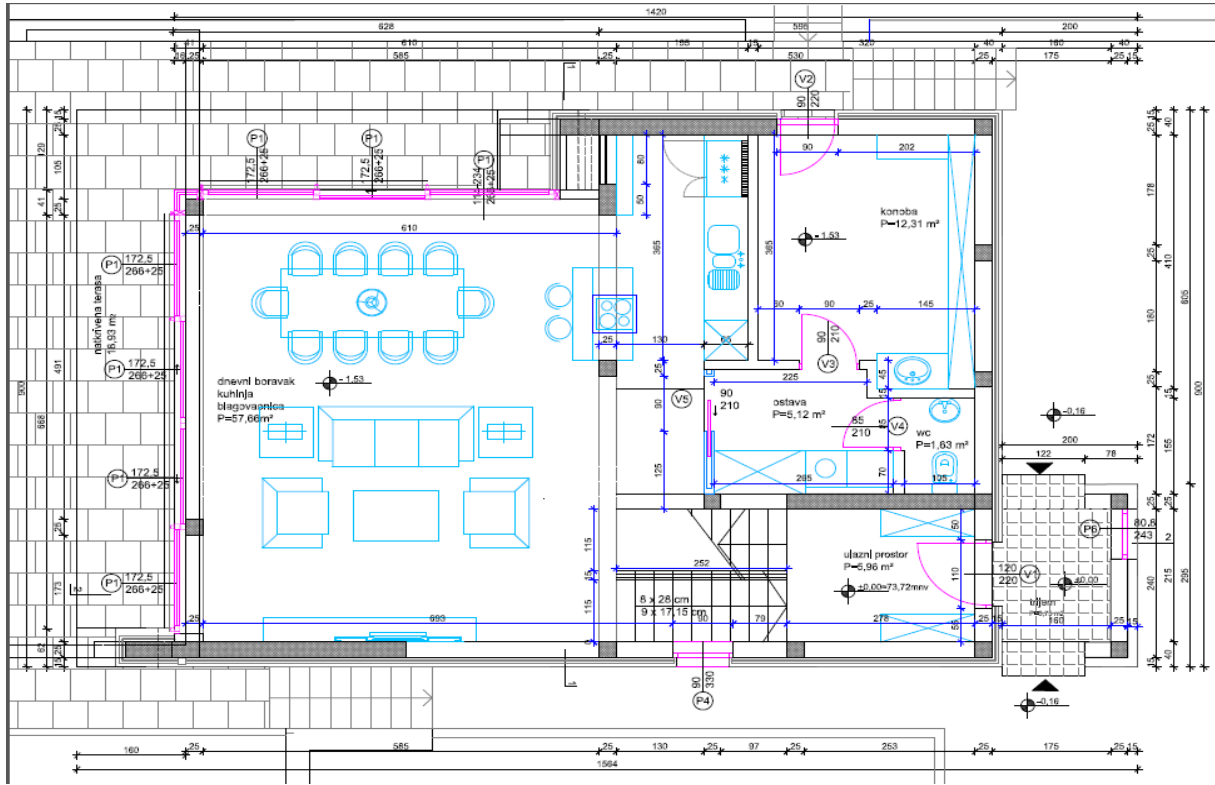
2.1. Opis promatrane kuće

Obiteljska kuća obuhvaćena završnim radom, nalazi se u općini Kostrena, u blizini grada Rijeke u Primorsko-Goranskoj županiji. Građevina je stambena s jednom stambenom jedinicom, projektirana kao obiteljska kuća koja u prizemlju kuće sadrži dnevni boravak, blagovaonicu i kuhinju, konobu, ostavu, WC te stubište i ulazni prostor. Na katu se nalaze tri spavaće sobe, dvije kupaonice, sauna koje su međusobno povezane galerijom i degažmanom. Vrijednosti površina kao i vrijednosti unutarnjih projektnih temperatura prostorija prikazane su u tablici 1.

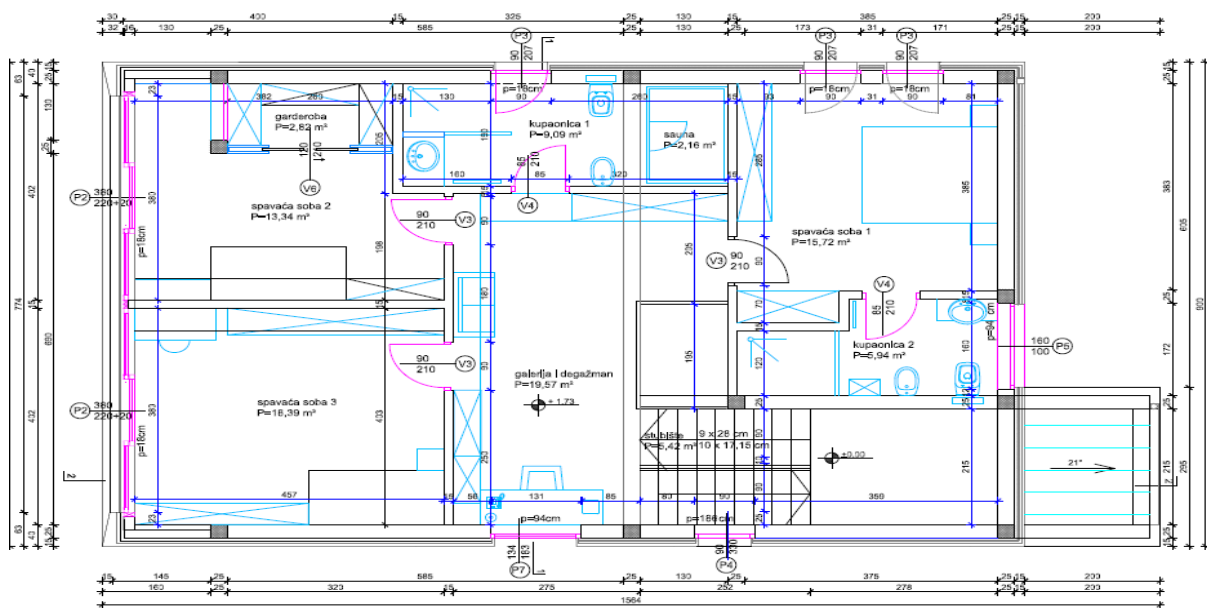
Tablica 1. Vrijednosti površina i unutarnjih projektnih temperatura prostorija

broj prostorije	Prostorije	$\vartheta_{\text{int,e}}, ^\circ\text{C}$	A, m ²
1.	Dnevni boravak, kuhinja, blagovaonica	20	57,66
2.	Galerija i degažman	20	19,57
3.	Konoba	15	12,31
4.	Kupaonica 1 i sauna	24	11,25
5.	Kupaonica 2	24	5,94
6.	Ostava	20	5,12
7.	Spavaća soba 1	20	15,72
8.	Spavaća soba 2 i garderoba	20	16,16
9.	Spavaća soba 3	20	18,39
10.	Ulazni prostor i stubište	20	11,38
11.	WC	24	1,63

Tlocrti prizemlja i kata prikazani su na slikama 1 i 2.



Slika 1. Tlocrt prizemlja obiteljske kuće



Slika 2. Tlocrt kata obiteljske kuće

Radi izrade proračuna toplinskih gubitaka kuće potrebno je odrediti i koeficijente prolaza topline za pojedine građevne dijelove. Koeficijenti prolaska topline U [$W/(m^2 \cdot K)$], ovise o primijenjenom materijalu, njihovim debljinama te otporima prijelazu topline. Također, potrebno je obratiti pažnju da koeficijenti prolaska topline budu manji od dopuštenih vrijednosti U_{max} [$W/(m^2 \cdot K)$], definirani u Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama [2]. Vrijednosti koeficijenta prolaska topline, popis i sastav građevnih elemenata građevnih dijelova, toplinske vodljivosti, i otpora prijelaza topline prikazani su u sljedećim tablicama.

Tablica 2. Vanjski zid 1

Vanjski zid 1 - VZ1			
materijali	δ , m	λ , $W/(m \cdot K)$	R , $(m^2 \cdot K)/W$
produžna žbuka	0,02	1	0,02
blok opeka	0,25	0,42	0,60
mineralna vuna	0,10	0,04	2,63
		R_u , $(m^2 \cdot K)/W$	0,13
		R_v , $(m^2 \cdot K)/W$	0,04
UKUPNO	0,37		3,42
		U , $W/(m^2 \cdot K)$	0,29

Tablica 3. Vanjski zid 2

Vanjski zid 2 - VZ2			
materijali	δ , m	λ , $W/(m \cdot K)$	R , $(m^2 \cdot K)/W$
produžna žbuka	0,02	1	0,02
armirani beton	0,25	2,60	0,96
mineralna vuna	0,10	0,04	2,63
		R_u , $(m^2 \cdot K)/W$	0,13
		R_v , $(m^2 \cdot K)/W$	0,04
UKUPNO	0,37		3,78
		U , $W/(m^2 \cdot K)$	0,34

Tablica 4. Vanjski zid 4

Vanjski zid 4 - VZ4			
materijali	δ , m	λ , W/(m·K)	R , (m ² ·K)/W
gipskarton ploče	0,03	0,25	0,1
mineralna vuna	0,10	0,038	2,63
		R_u , (m ² ·K)/W	0,13
		R_v , (m ² ·K)/W	0,04
UKUPNO	0,13		2,92
		U , W/(m ² ·K)	0,34

Tablica 5. Međukatna konstrukcija (parket)

Međukatna konstrukcija (parket) - MK			
materijali	δ , m	λ , W/(m·K)	R , (m ² ·K)/W
parket	0,02	0,18	0,11
estrih	0,05	1,60	0,03
Tecto ploče	0,04	0,04	0,95
EPS - T	0,02	0,04	0,54
armirani beton	0,22	2,60	0,08
produžna žbuka	0,02	1	0,02
		R_u , (m ² ·K)/W	0,17
		R_v , (m ² ·K)/W	0,10
UKUPNO	0,36		2,00
		U , W/(m ² ·K)	0,50

Tablica 6. Međukatna konstrukcija (pločice)

Međukatna konstrukcija (pločice) - MK			
materijali	δ , m	λ , W/(m·K)	R , (m ² ·K)/W
pločice	0,02	1,30	0,02
estrih	0,05	1,60	0,03
Tecto ploče	0,04	0,04	0,95
EPS - T	0,02	0,04	0,54
armirani beton	0,22	2,60	0,08
produžna žbuka	0,02	1	0,02
		R_u , (m ² ·K)/W	0,17
		R_v , (m ² ·K)/W	0,10
UKUPNO	0,36		1,90
		U , W/(m ² ·K)	0,53

Tablica 7. Pod na tlu

Pod na tlu - PT			
materijali	δ , m	λ , W/(m·K)	R, (m ² ·K)/W
keramičke pločice	0,02	1,30	0,02
estrih	0,05	1,60	0,03
Tecto ploče	0,06	0,04	1,49
EPS	0,05	0,04	1,35
EPS-T	0,01	0,04	0,27
hidroizolacija	0	0,25	0,00
armirani beton	0,25	2,60	0,10
hidroizolacija	0	0,25	0,00
podložni beton	0,08	1,35	0,06
		R_u , (m ² ·K)/W	0,17
		R_v , (m ² ·K)/W	0,00
UKUPNO	0,51		3,48
		U , W/(m ² ·K)	0,29

Tablica 8. Krovna konstrukcija

Krovna konstrukcija - KK			
materijali	δ , m	λ , W/(m·K)	R, (m ² ·K)/W
letve	0,03	0,13	0,23
OSB	0,01	0,13	0,09
EPS	0,15	0,04	4,05
cigla ("fert" strop)	0,14	0,42	0,33
beton("fert" strop)	0,06	1,35	0,04
produžna žbuka	0,02	1	0,02
		R_u , (m ² ·K)/W	0,1
		R_v , (m ² ·K)/W	0,04
UKUPNO	0,41		4,91
		U , W/(m ² ·K)	0,20

Tablica 9. Unutarnji zid 1

Unutarnji zid 1 -UZ1			
materijali	δ , m	λ , W/(m·K)	R , (m ² ·K)/W
produžna žbuka	0,035	0,08	0,43
šuplji blokovi od gline	0,08	0,42	0,19
produžna žbuka	0,035	0,08	0,43
		R_u , (m ² ·K)/W	0,13
		R_v , (m ² ·K)/W	0,13
UKUPNO	0,15		1,33
		U , W/(m ² ·K)	0,75

Tablica 10. Unutarnji zid 2

Unutarnji zid 2 -UZ2			
materijali	δ , m	λ , W/(m·K)	R , (m ² ·K)/W
produžna žbuka	0,07	0,08	0,88
beton	0,11	2,60	0,04
produžna žbuka	0,07	0,08	0,88
		R_u , (m ² ·K)/W	0,13
		R_v , (m ² ·K)/W	0,13
UKUPNO	0,25		2,05
		U , W/(m ² ·K)	0,49

Gdje je:

R : otpor prijelazu topline

R_u : unutarnji plošni otpor prijelazu topline, (m²·K)/W

R_v : vanjski plošni otpor prijelazu topline, (m²·K)/W

λ : toplinska vodljivost, W/(m·K)

δ : debljina građevinskog sloja, m.

Tablica 11. Rekapitulacija koeficijenta prolaska topline za pojedine građevne dijelove

Građevni dijelovi	Oznaka	U , W/(m ² ·K)	U_{max} , W/(m ² ·K)
Vanjski zid 1	VZ1	0,29	0,45
Vanjski zid 2	VZ2	0,34	0,45
Vanjski zid 4	VZ4	0,34	0,45
Međukatna konstrukcija (parket)	MK	0,50	0,80
Međukatna konstrukcija (pločice)	MK	0,53	0,80
Pod na tlu	PT	0,29	0,50
Krovna konstrukcija	KK	0,20	0,30
Vrata	V3 - V5	2,00	2,40
Prozor	P1 - P7	1,40	1,80
Unutarnji zid 1	UZ1	0,75	0,80
Unutarnji zid 2	UZ2	0,49	0,80

2.2. Proračun toplinskih gubitaka

Za izračunavanje toplinskih gubitaka koristi se norma HRN EN 12831 koja se smatra mjerodavnom za određivanje nazivnog učina uređaja termotehničkog sustava. Proračun normiranih toplinskih gubitaka sastoji se od izračunavanja transmisijskih i ventilacijskih toplinskih gubitaka. Transmisijski toplinski gubici su oni gubici koji nastaju uslijed toplinskih tokova kroz različite stijenke prostorije (zidovi, strop, pod, prozori, vrata) koji se kreću prema susjednim prostorijama različite temperature ili prema zraku ili prema tlu. Ventilacijski toplinski gubici se pojavljuju zbog izmjene topline nastale zbog prirodne ili prisilne ventilacije, infiltracija kroz fuge prozora i vrata, prema vanjskom okolišu te izmijenjene topline ventilacijom između različitih prostorija zgrade. Norma HRN EN 12831 zahtjeva određivanje meteoroloških podataka (vanjska projektna temperatura i godišnja srednja vanjska temperatura) koji su vezani za samu lokaciju zgrade. U ovom slučaju riječ je o općini Kostrena koja se nalazi u blizini grada Rijeke te se iz toga razloga uzimaju meteorološki podaci vezani za grad Rijeku (tablica 12).

Tablica 12. Meteorološki podaci za grad Rijeku

Grad	Vanjska projektna temperatura ϑ_e , °C	Godišnja srednja vanjska temperatura ϑ_m , °C
Rijeka	-8	14,5

Ukupni toplinski gubici za pojedinu prostoriju računaju se prema izrazu:

$$\phi_i = \phi_{T,i} + \phi_{V,i}$$

Gdje je:

$\phi_{T,i}$: transmisijski gubici *i*-toga grijanog prostora, W

$\phi_{V,i}$: ventilacijski toplinski gubici *i*-toga grijanog prostora, W.

2.2.1 Transmisijski gubici

Transmisijski toplinski gubici *i*-toga grijanog prostora izračunavaju prema izrazu:

$$\phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\vartheta_{int,i} - \vartheta_e)$$

Gdje je:

$H_{T,ie}$: koeficijent transmisijškoga gubitaka topline od grijana prostora prema vanjskom okolišu kroz ovojnicu zgrade, W/K

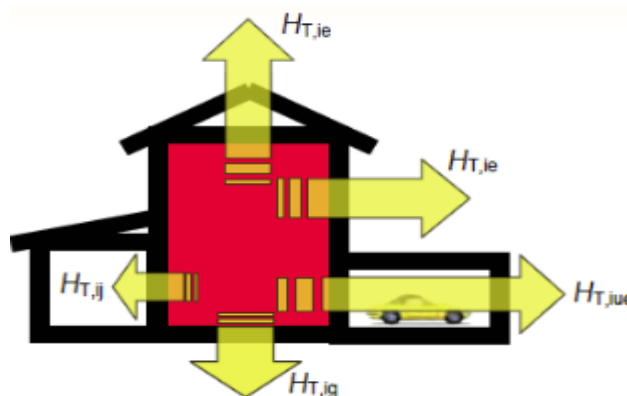
$H_{T,iue}$: koeficijent transmisijškoga gubitaka topline od grijana prostora prema vanjskom okolišu kroz negrijani prostor, W/K

$H_{T,ig}$: koeficijent transmisijškoga gubitaka topline od grijana prostora prema tlu, W/K

$H_{T,ij}$: koeficijent transmisijškoga gubitaka topline od grijana prostora prema susjednom prostoru grijanom na nižu temperaturu, W/K

$\vartheta_{int,i}$: unutarnja projektana temperatura grijana prostora, °C

ϑ_e : vanjska projektana temperatura, °C.



Slika 3. Transmisijski toplinski gubici [3]

Koeficijenti transmisijski gubitaka koji su prisutni u proračunu toplinskih gubitaka obiteljske kuće su: koeficijent transmisijškoga gubitka topline od grijana prostora prema vanjskom okolišu kroz ovojnicu zgrade, koeficijent transmisijškoga gubitka topline od grijana prostora prema tlu te koeficijent transmisijškoga gubitka topline od grijana prostora prema susjednom prostoru grijanom na nižu temperaturu.

Koeficijent transmisijskih gubitaka topline od grijana prostora prema vanjskom okolišu kroz ovojnicu zgrade računa se prema izrazu:

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_k \psi_1 \cdot l_1 \cdot e_1, \text{ W/K}$$

Gdje je:

A_k : površina k -tog građevnog elementa, m^2

e_k, e_1 : korekcijski faktori izloženosti koji uzimaju u obzir utjecaje poput različite izolacije, upijanja vlage u građevne elemente, te klimatske utjecaje poput brzine vjetra i temperature

($e_k = 1, e_1 = 1$)

U_k : koeficijent prolaza topline k -toga građevnog elemenata, $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$

l_1 : duljina linearnoga toplinskog mosta između prostorije i vanjskog okoliša, m

ψ_1 : dužinski koeficijent prolaza topline linearnoga toplinskog mosta, $\text{W}/(\text{mK})$.

Utjecaj toplinskih mostova računa se prema pojednostavljenom izrazu primjenom korekcije izračunate vrijednosti koeficijenta prolaza topline. Izraz za korigirani koeficijent prolaza topline iznosi:

$$U_{kc} = U_k + \Delta U_{tm}, \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Gdje je:

U_{kc} : korigirani koeficijent prolaza topline građevnih elemenata (toplinski mostovi uzimaju se u obzir), $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$

U_k : koeficijent prolaza topline građevna elemenata, $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$

ΔU_{tm} korekcijski faktor ovisan o tipu građevna elementa, $\Delta U_{tm} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Koeficijent transmisijskih gubitaka topline od grijana prostora prema tlu računa se prema izrazu:

$$H_{t,ig} = f_{g_1} \cdot f_{g_2} \cdot \left(\sum_k A_k \cdot U_{ekv,k} \right) \cdot G_w, \text{ W/K}$$

Gdje je:

f_{g_1} : korekcijski faktor utjecaja godišnjih promjena vanjske temperature. (Prema normi HRN EN 12831, dodak D.4.3, predložena vrijednost iznosi 1,45)

f_{g_2} : korekcijski faktor koji uzima u obzir razliku između srednje godišnje i projektne vanjske temperature zraka; određuje se prema izrazu : $f_{g_2} = (\vartheta_{int,i} - \vartheta_{m,e}) / (\vartheta_{int,i} - \vartheta_e)$

A_k : površina građevna elementa koji je u dodiru s tlom, m²

G_w korekcijski faktor utjecaja podzemnih voda; ako je udaljenost veća od 1 m, $G_w = 1,00$

$U_{ekv,k}$: ekvivalentni koeficijent prolaza topline određen u ovisnosti o tipu poda prema HRN EN ISO 13370, W/(m²K).

Da bi se odredio parametar $U_{ekv,k}$ potrebno je najprije odrediti parametar B' prema izrazu:

$$B' = A_g / (0,5 \cdot P)$$

Gdje je:

A_g : površina poda, m²

P : ukupna duljina vanjskih zidova koji odvajaju grijani prostor od vanjskoga okoliša (izloženi opseg poda), m.

Parametar B' u proračunu obiteljske kuće za sve prostorije bez vanjski zidova koji odvajaju grijani prostor od vanjskog okoliša valja koristiti B' izračunat za zgradu u cjelini. U suprotnom potrebno je računati B' za svaku prostoriju posebno

Nakon određivanja B' potrebno je iz tablice ili iz grafa na temelju rezultata iščitati vrijednost za $U_{ekv,bf}$. Navedene parametre računaju se za prizemlje te temeljem toga dobivaju se sljedeće vrijednosti :

Tablica 13. Vrijednosti $U_{\text{ekv,bf}}$ i parametra B'

broj prostorije	Prostorije	B'	$U_{\text{ekv,bf}}, \text{W}/(\text{m}^2/\text{K})$
1.	Dnevni boravak, kuhinja, blagovaonica	11,67	0,14
2.	Konoba	4,2	0,16
3.	Ostava	6,9	0,17
4.	Ulazni prostor i stubište	4,81	0,17
5.	WC	6,9	0,17

Koeficijent transmisijskih gubitaka topline od grijana prostora prema susjednom prostoru grijanom na nižu temperaturu računa se prema izrazu:

$$H_{t,\text{ig}} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$$

Gdje je :

f_{ij} : korekcijski faktor koji uzima u obzir razliku između temperature susjedna prostora i vanjske temperature, $f_{ij} = (\vartheta_{\text{int},i} - \vartheta_{\text{adj}}) / (\vartheta_{\text{int},i} - \vartheta_e)$

A_k : površina građevna elementa, m^2

U_k : koeficijent prolaza topline građevna elementa, $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$.

2.2.2. Ventilacijski gubici

Izraz za računanje izmijenjenog toplinskog toka koji nastaje zbog ventilacijskih toplinskih gubitaka pojedinog prostora glasi:

$$\phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\vartheta_{\text{int},i} - \vartheta_e), \text{ W}$$

Gdje je :

$H_{V,i}$: projektni koeficijent ventilacijskih gubitaka topline, W/K

$\vartheta_{\text{int},i}$: unutarnja projektna temperatura grijana prostora, $^{\circ}\text{C}$

ϑ_e : vanjska projektna temperatura, $^{\circ}\text{C}$.

Projektni koeficijent ventilacijskih gubitaka topline, ako pretpostavimo da u prostoru vlada konstantna gustoća i specifični toplinski kapacitet zraka, računa se prema izrazu:

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_i, \text{ W/K}$$

Gdje je :

\dot{V}_i protok zraka kroz grijani prostor, m³/h.

Ukoliko u promatranom prostoru nema prisilnog ventilacijskog sustava onda se za protok zraka kroz grijani prostor uzima izraz:

$$\dot{V}_i = \max(\dot{V}_{\text{inf},i}, \dot{V}_{\text{min},i})$$

Gdje su :

$\dot{V}_{\text{inf},i}$: infiltracija zraka kroz fuge u ovojnici zgrade, m³/h

$\dot{V}_{\text{min},i}$: higijenski minimalni volumni protok zraka, m³/h.

Higijenski minimalni volumni protok zraka računa se prema izrazu :

$$\dot{V}_{\text{min},i} = n_{\text{min}} \cdot V_p, \text{ m}^3/\text{h}$$

V_p : volumen grijane prostorije , m³.

n_{min} : minimalni broj izmjena zraka sa svježim zrakom, h⁻¹.

Minimalni protok zraka određuje se prema *Tehničkim propisom o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama* ili prema projektnom zadatku

- $n_{\text{min}} = 0,5 \text{ h}^{-1}$; prostor za boravak
- $n_{\text{min}} = 1 \text{ h}^{-1}$; uredski prostor
- $n_{\text{min}} = 1,5 \text{ h}^{-1}$; kuhinja ili kupaonica s prozorom
- $n_{\text{min}} = 2 \text{ h}^{-1}$; soba za sastanke, kupaonice

Infiltracija zraka kroz zatore u ovojnici zgrade izračunava se prema izrazu:

$$V_{\text{inf},i} = 2 \cdot V_p \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i, \text{ m}^3/\text{h}$$

Gdje je :

n_{50} : broj izmjena zraka prostora u jednom satu pri razlici tlaka od 50 Pa između prostora i vanjskog okoliša, h^{-1}

e_i : koeficijent zaklonjenosti

ε_i : korekcijski faktor za visinu prostorije.

Vrijednosti minimalnog broja izmjena zraka sa svježim zrakom, broja izmjene zraka, koeficijenta zaklonjenosti, korekcijskog faktor za visinu prostorije prikazane su tablici 14 :

Tablica 14. Vrijednosti n_{min} , n_{50} , e_i , ε_i

broj prostorije	Prostorije	$n_{\text{min}}, \text{h}^{-1}$	n_{50}, h^{-1}	e_i	ε_i
1.	Dnevni boravak, kuhinja, blagovaonica	1,5	6	0,03	1
2.	Galerija i degažman	0,5	6	0,02	1
3.	Konoba	0,5	6	0,02	1
4.	Kupaonica 1 i sauna	1,5	6	0,02	1
5.	Kupaonica 2	1,5	6	0,03	1
6.	Ostava	0,5	6	0	1
7.	Spavaća soba 1	0,5	6	0,03	1
8.	Spavaća soba 2 i garderoba	0,5	6	0,03	1
9.	Spavaća soba 3	0,5	6	0,03	1
10.	Ulazni prostor i stubište	0,5	6	0,02	1
11.	WC	1,5	6	0	1

U tablici 15. prikazani su transmisijski, ventilacijski te ukupni gubitci po prostorijama.

Tablica 15. Toplinski gubici po svim prostorijama

Prostorije	$\vartheta_{\text{int,e}}, ^\circ\text{C}$	A, m^2	$\phi_{\text{T,i}}, \text{W}$	$\phi_{\text{V,i}}, \text{W}$	ϕ_i, W	$\phi_i/A, \text{W/m}^2$
Dnevni boravak, kuhinja, blagovaonica	20	57,66	1890,08	2418,65	4308,73	74,7265
Galerija i degažman	20	19,57	360,81	543,88	904,69	46,23
Konoba	15	12,31	233,84	196,52	430,36	34,96
Kupaonica 1 i sauna	24	11,25	795,46	556,62	1352,08	120,18
Kupaonica 2	24	5,94	305,7	283,86	589,56	99,25
Ostava	20	5,12	175,84	81,02	256,86	50,17
Spavaća soba 1	20	15,72	795,46	196,49	991,95	63,1
Spavaća soba 2 i garderoba	20	16,16	685,96	268,08	954,04	59,04
Spavaća soba 3	20	18,39	688,57	442,3	1130,87	61,49
Ulazni prostor i stubište	20	11,38	780,51	300,26	1080,77	94,97
WC	24	1,63	283,92	77,25	361,17	221,58
Ukupno		175,1			12361,08	

U tablici 15 oznake znače:

$\vartheta_{\text{int,e}}$: unutarnja projektna temperature prostorije, $^\circ\text{C}$

A : površina prostorije, m^2

$\phi_{\text{T,i}}$: transmisijski toplinski gubici prostorije, W

$\phi_{\text{V,i}}$: ventilacijski toplinski gubici prostorije, W

ϕ_i : ukupni toplinski gubici, W

ϕ_i/A : ukupni toplinski gubici po jedinici površine, W/m^2 .

Analizom podataka iz tablice 15 moguće je uočiti kako su najveći gubici topline vezani za dnevni boravak, kuhinju i blagovaonicu. Takav ishod je bio očekivan zato jer je površina toga prostora najveća u cijeloj kući te su također u tom prostoru prisutni prozori koje zauzimaju veći dio prostorije (slična situacija je kod spavaćih soba 2 i 3). Prozor, kao dio vanjske ovojnice, sa jedne strane djeluje kao prijammnik koji apsorbira sunčevu energiju (u obliku sunčevih zraka) u prostor, a sa druge strane služi kao zaštita od vanjskih utjecaja i toplinskih gubitka. U većini slučajeva navedeni gubici kroz prozore su 10-tak puta veći od onih kroz same zidove. Prozor se mora odabrati tako da može pružiti dovoljnu zvučnu kao i toplinski izolaciju te mogućnost prirodnog provjetravanja prostora. Navedena svojstva postižu se pravilnim izborom materijala, a njihovo

ispunjavanje dovest će do manjih toplinskih gubitaka, samim time i manjom potrebom za grijanje određenih prostorija.

2.3. Proračun sustava za pripremu potrošne tople vode

U sustav za pripremu potrošne tople vode (PTV) spadaju svi uređaji koji su odgovorni za grijanje pitke vode. Osnovni dijelovi navedenog sustava su grijač vode, cjevovodi do samih trošila, recirkulacijski cjevovod te zaporni, sigurnosni i regulacijski elementi. Za zadani stambeni objekt predviđen je akumulacijski sustav pripreme PTV-a s istom dizalicom topline koja se koristi i za grijanje kuće. Uz dizalicu topline predviđeno je i grijanje PTV-a pomoću solarnih kolektora.

Tablica 16. potrošnja i temperatura PTV u obiteljskoj kući

elementi	broj	količina vode po jednom uzimanju, l	Temp. vode, °C	trajanje potrošnje, min
dvodjelni sudoper	1	50	55	5
dvodjeli umivaonik	4	25	40	3
bide	2	25	40	8
tuširanje	2	50	40	6

Kako se u kući nalaze dva tuša, te uzimajući pretpostavku potrošnje PTV-a 50 l po tuširanju i za dva tuširanja u jednom satu, učin grijanja PTV-a iznosi:

$$\dot{Q}_{PTV} = 3,5 \cdot \varphi \cdot n, \text{ kW}$$

Gdje je:

φ : faktor istovremenosti uporabe tuševa u stanovima

n : broj stanova.

Iščitavanjem iz tablice 17 dobije se da je:

$$\varphi = 1,15$$

$$n = 1.$$

Tablica 17. broj stanova, faktora istovremenosti, maksimalno potrebne topline, kapaciteta kotla te veličina rezervoara [4]

z_A = vreme zagrevanja, vreme pogona (vršna potreba) $z_B = 2$ h, $\Delta t = 35$ K, $\vartheta_o = 60^\circ\text{C}$

Broj stanova n	Faktor istovremenosti φ	Maksimalno potrebna topl. u kW \dot{Q}	Kapacitet kotla u kW za z_A u h				Veličina rezervoara V_s u l za z_A u h			
			0,5	1	2	3	0,5	1	2	3
1	1,15	8	7	6	4	3	90	150	200	220
2	0,86	12	10	8	6	5	130	200	300	370
4	0,65	18	15	12	9	7	190	300	450	520
6	0,56	24	19	16	12	10	230	400	600	740
8	0,5	28	24	19	14	12	300	470	690	890
10	0,47	33	27	22	17	13	330	540	835	960
12	0,47	39	32	26	20	16	395	640	985	1180
15	0,44	46	37	31	23	18	455	765	1130	1330
18	0,42	53	42	35	27	21	520	860	1130	1550
20	0,4	56	45	37	28	22	555	910	1380	1620
25	0,38	67	54	45	34	27	665	1110	1670	2000
30	0,36	76	61	51	38	30	750	1250	1870	2220
40	0,33	93	74	62	46	37	910	1525	2260	2730
50	0,32	112	90	75	56	45	1110	1850	2750	3320
60	0,31	130	104	87	65	52	1280	2140	3200	3840
80	0,29	162	130	108	81	65	1600	2660	3990	4800
100	0,28	195	157	130	98	78	1930	3200	4820	5760
120	0,27	230	185	155	115	92	2280	3815	5660	6790
150	0,26	275	220	185	138	110	2700	4550	6790	8120
200	0,25	350	280	235	175	140	3450	5780	8610	10330

Δt = razlika između gornje i donje temperature vode u rezervoaru; ovde delimično mešanje, dakle $\Delta t = 60 - 25 = 35$ K; videti i odeljak 4.4.4-1.

Uvrštavanjem parametara u formulu dobije se:

$$\dot{Q}_{PTV} = 3,5 \cdot \varphi \cdot n$$

$$\dot{Q}_{PTV} = 3,5 \cdot 1,15 \cdot 1$$

$$\dot{Q}_{PTV} = 4 \text{ kW}$$

Toplinski učin grijača PTV iznosi :

$$\dot{Q}_{GR,PTV} = \frac{\dot{Q}_{PTV} \cdot z_B}{z_A + z_B}$$

Gdje je :

$\dot{Q}_{GR,PTV}$: toplinski učin grijača vode, kW

\dot{Q}_{PTV} : maksimalno potrebna toplota za grijanje PTV-a, kW

z_A : vrijeme pripreme (zagrijavanja) PTV-a, h

z_B : vrijeme pogona (trajanje vršne potrošnje PTV-a), h.

Uvrštavanjem dobije se da toplinski učin grijača vode jednak:

$$\dot{Q}_{GR,PTV} = \frac{\dot{Q}_{PTV} \cdot z_B}{z_A + z_B}$$

$$\dot{Q}_{GR,PTV} = \frac{4 \cdot 2}{2 + 2}$$

$$\dot{Q}_{GR,PTV} = 2 \text{ kW}$$

Volumen spremnika PTV-a računa se prema izrazu:

$$V_{PTV} = \frac{C \cdot b}{\rho_V \cdot C_{pV} \cdot (\vartheta_{SPR} - \vartheta_{HV})}$$

C : kapacitet spremnika ; $C = \dot{Q}_{GR,PTV} \cdot z_A = 2 \cdot 2 = 4 \text{ kWh}$

b : faktor dodatka zbog mrtva prostora ispod grijača u spremniku ($b = 1,1$)

ρ_V : gustoća vode; 1000 kg/m^3

C_{pV} : specifični toplinski kapacitet vode ; $1,163 \cdot 10^{-3} \text{ kWh/(kgK)}$

ϑ_{SPR} : temperatura vode u spremniku; $45 \text{ }^\circ\text{C}$

ϑ_{HV} : temperatura hladne vode; $10 \text{ }^\circ\text{C}$.

Uvrštavanjem članova u izraz dobiva se volumen spremnika PTV-a:

$$V_{PTV} = \frac{C \cdot b}{\rho_V \cdot C_{pV} \cdot (\vartheta_{SPR} - \vartheta_{HV})}$$

$$V_{PTV} = \frac{4 \cdot 1,1}{1000 \cdot 1,163 \cdot 10^{-3} \cdot (45 - 10)}$$

$$V_{PTV} = 0,108 \text{ m}^3$$

$$V_{PTV} = 108 \text{ l.}$$

Sustav grijanja stambene zgrade predviđen je da bude opremljen sa sunčevim toplinskim kolektorima te je iz tog razloga potrebno odabrati spremnik čiji je volumen veći od 108 l (okvirno 100 l za svakih 1,5 m²).

3. ODABIR OPREME ZA SUSTAV GRIJANJA I PRIPREME POTROŠNE TOPLE VODE

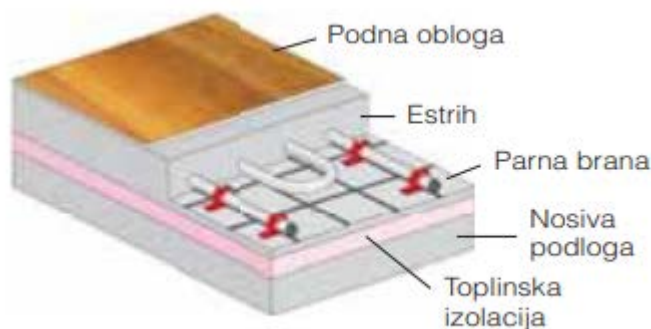
3.1. Uvod

Stambena zgrada zamišljena je da ima centralni (središnji) sustav grijanja. Za takav sustav grijanja karakteristično je da se generator topline nalazi na jednom mjestu te da se toplina koju on proizvede potom prenosi preko cjevovoda do prostorija putem ogrjevnih medija. Sustav centralnog grijanja stambene zgrade sastoji se od generatora topline, cijevnog razvoda (njime se transportira ogrjevni medij), ogrjevnog medija (topla voda), ogrjevnih tijela (podni paneli), cirkulacijske pumpe, zaporne i regulacijske armature, uređaja za kompenzaciju toplinskih dilatacija vode (ekspanzijska posuda) te od sustava nadzora i upravljanja. Sustav grijanja je povezan sa sustavom pripreme potrošne tople vode (PTV). Kod pripreme i grijanja PTV-a razlikujemo dva sustava; protočni i akumulacijski. Protočni sustav je onaj sustav u kojem se voda grije kada je slavina otvorena, dok se kod akumulacijskog voda zagrijava prije uporabe te se skladišti u spremniku. U ovom slučaju predviđen je akumulacijski spremnik PTV-a koji se smatra pogodnijim od protočnog sustava zbog manjeg učina grijanja. Uz navedene prednosti, potrebno je uzeti u obzir mogućnost stvaranja kamenca i korozije. Zauzimanje mjesta za smještaj kao i visoka cijena glavni su nedostaci akumulacijskog sustava. Važno je točno predvidjeti volumen sustava da ne dođe do pojave ustajale vode ukoliko se topla voda zadržava u spremniku tokom dužeg vremena. Kao generator topline koristi se dizalica topline koja preko sunčevog sustava, tj. sunčevih kolektora, potpomaže sustavu grijanja te služi i za grijanje i za pripremu potrošne tople vode. Sunčevi kolektori su dijelovi sunčevog sustava koji pretvaraju sunčevu energiju u toplinsku koja potpomaže sustavu grijanja i pripreme PTV-a. Sunčeve kolektore razlikujemo prema temperaturi koje radni medij postiže, a to su niskotemperaturni, srednjetemperaturni i visokotemperaturni. U ovom projektu predviđena je primjena srednjetemperaturnih kolektora. Pločasti sunčevi kolektor sastoji se od prozirne pokrivke (staklo), tamne apsorpcijske ploče, cijevnog registra te od toplinsko izoliranog kućišta. Sunčeve zrake ulaze preko prozirne pokrivke do apsorpcijske ploče koja apsorbira sunčevo zračenje te predaje toplinu cijevnom razvodu kojim struji radni fluid.

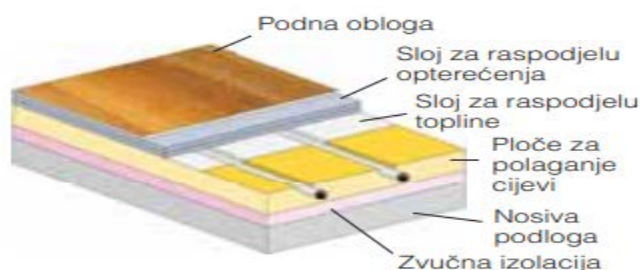
3.2. Podno grijanje

Podno grijanje vrsta je plošnog grijanja koja funkcionira na način da su ogrjevne plohe sami građevni elementi zgrade. Izmjena topline kod podnog grijanja provodi se zračenjem (oko 66%) i konvekcijom. Podno grijanje za razliku od ostalih tipova ogrjevnih tijela ima nižu temperaturu za grijanje zbog velike površine za izmjenu topline s određenom prostorijom. To je ujedno i prednost

što znači da će biti i veća ušteda energije. Površinske temperature ogrjevnih ploha ograničene su fizikalnim i fiziološkim uvjetima ljudi koji borave u prostoru, tako da je maksimalna površinska temperatura u prostoriji koja je predviđena za boravak ljudi 29 °C , dok je maksimalna površinska temperatura u dijelovima prostora u kojima ljudi obično ne borave ili provode malo vremena do 35 °C. Prema načinu ugradnje cijevi za podno grijanje, ono se dijeli na mokri sustav i suhi sustav. Kod mokrog sustava karakteristično je da se položene cijevi zalijevaju betonom te se na njih potom polaže podna obloga. Ogrjevne cijevi mokrog sustava nalaze se iznad samog izolacijskog sloja smještenog u plivajućem podu te se potom na plivajući pod postavlja završna podna obloga. Kod suhih sustava, ogrjevne cijevi su postavljeni unutar pjenaste ploče te se potom pokrivaju suhim pločama. Sistem polaganja na suho karakterizira mala težina i visina koja je potrebna za montažu. Mokri sustavi pogodniji su prilikom gradnje novih objekata dok se suhi sustavi upotrebljavaju kada se podno grijanje postavlja naknadno u već postojećim zgradama. Navedeni sustavi prikazani su na slici 4 i 5.

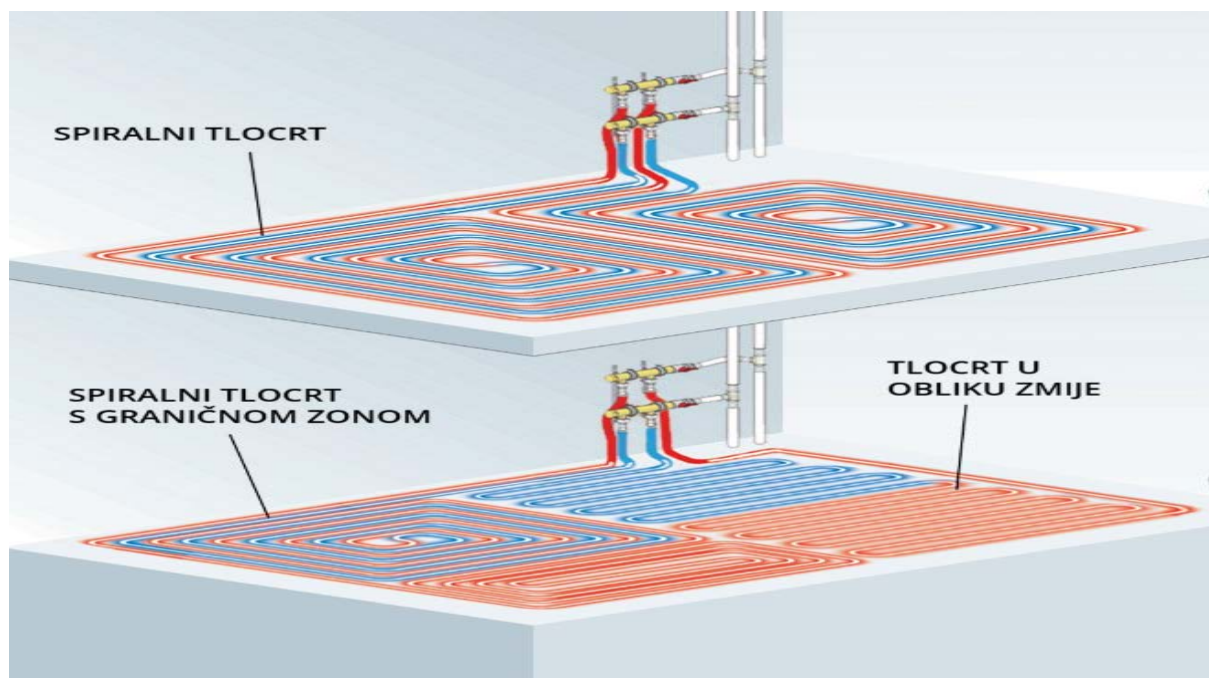


Slika 4. Podno grijanje pri mokrom postavljanju [9]



Slika 5. Podno grijanje pri suhom postavljanju [9]

Postavljanje ogrjevnih cijevi (mokri ili suhi sustav), gustoća postavljenih cijevi, srednja nadtemperatura, otpor provođenja topline iznad i ispod cijevne ravnine su čimbenici koji utječu na učin podnog grijanja [1]. Nastoji se postići da toplinski otpor bude što manji. Cijevi se najčešće montiraju u obliku zmiје ili spirale. Postavljanje cijevi u obliku zmiје postiže se promjenjiva gustoća toplinskog toka čime se dobiva nejednolika raspodjela temperatura zraka. Spiralno montirane cijevi za razliku od cijevi u obliku zmiја omogućavaju jednaku površinsku temperaturu. Potrebno je prilikom same montaže voditi računa oko rubnih zona. Rubne zone predstavljaju područja koja se nalaze oko otvora (prozora, vanjskih vrata). U tim područjima potrebno je gušće postaviti cijevi podnog grijanja iz tog razloga što su na tim mjestima veće potrebe za grijanjem. Načini polaganja cijevi prikazani su na slici 6.



Slika 6. Načini polaganja cijevi podnog grijanja [20]

Krugovi podnog grijanja postavljeni su u svim prostorijama kuće. Proračun sustava podnog grijanja odrađen je u softveru „Euroval“, a paneli su izabrani od proizvođača Harreither. Polazna temperatura ogrjevne vode iznosi $39\text{ }^{\circ}\text{C}$, a povratna $32,7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Rezultati proračuna prikazani su u tablicama u nastavku.

Tablica 18. Prostorije s preostalom toplinom

prost. br.	ime	Potreba za toplinom, W	Proračunata potreba za toplinom, W	Udio, %
1	dnevni boravak, kuhinja, blagovaonica	4288	4184	98 %
2	WC	242	137	57 %
3	Ulazni prostor	1010	830	82 %
4	kupaonica 1 i sauna	1352	771	57 %
5	kupaonica 2	590	504	85 %

Prostorije prikazane u tablici 18 su one prostorije čije se potrebe grijanja ne mogu zadovoljiti samim podnim grijanjem. U tu nam je svrhu potrebna pomoć ostalih ogrjevnih tijela. Kod WC-a i kupaonice 1 i saune, ta potreba za dodatnim ogrjevnim tijelom je najveća. Za pokrivanje nastalih gubitaka kod kupaonice 1 i saune koristi se električni kupaonski radijator proizvođača Irsap modela „Ares“ ogrjevnog učina od 590 W koji je prikazan na slici 7.



Slika 7. Kupaonski radijator ljestve 1720 x 430 mm - IRSAP Ares (590 W)[10]

Tablica 19. Rekapitulacija toplinskog učina podnog grijanja

prost. br.	ime	$\vartheta_{\text{int},i}, ^\circ\text{C}$	$Q_{\text{pror.}}, \text{W}$	$Q_{\text{grij.}}, \text{W}$	$Q_{\text{ost.}}, \text{W}$	A, m^2
1	dnevni boravak, kuhinja, blagovaonica	20	4288	4184	-104	57,70
2	ostava	20	122	505	+383	5,12
3	WC	24	242	137	-105	1,60
4	konoba	15	410	891	+481	12,30
5	ulazni prostor	24	1010	830	-180	11,40
6	spavaća soba 2	20	954	1048	+94	16,20
7	kupaonica 1 i sauna	24	1352	771	-581	11,20
8	spavaća soba 1	20	992	1017	+25	15,70
9	kupaonica 2	24	590	504	-86	5,90
10	galerija i degažman	20	905	1380	+475	19,60
11	spavaća soba 3	20	1131	1189	+58	18,40

Gdje je:

$Q_{\text{pror.}}$: Proračunata potreba za toplinom, W

$Q_{\text{grij.}}$: Ogrjevni učin grijanja, W

$Q_{\text{ost.}}$: Razlika proračunate potrebe za toplinom i ogrjevnog učina grijanja, W

A: površina prostorije, m².

Tablica 20. Dimenzioniranje podnog grijanja

Bilanca projekta	Pogon grijanja
Željena potreba za toplinom	11995 W
Pročišćena potreba za toplinom	11996 W
Kolicina vode	2017 l/h
Maksimalni gubitak tlaka (uklj. razdjelnik)	221,91 mbar
Sadržaj vode (od razdjelnika)	184,3 l
Ukupna površina prostorija (prostorije s Euroval® podnim grijanjem)	175,12 m ²
Ukupna površina estriha	175,12 m ²
Ukupna grijana površina	176,12 m ²

Tablica 21. Dimenzioniranje podnog grijanja

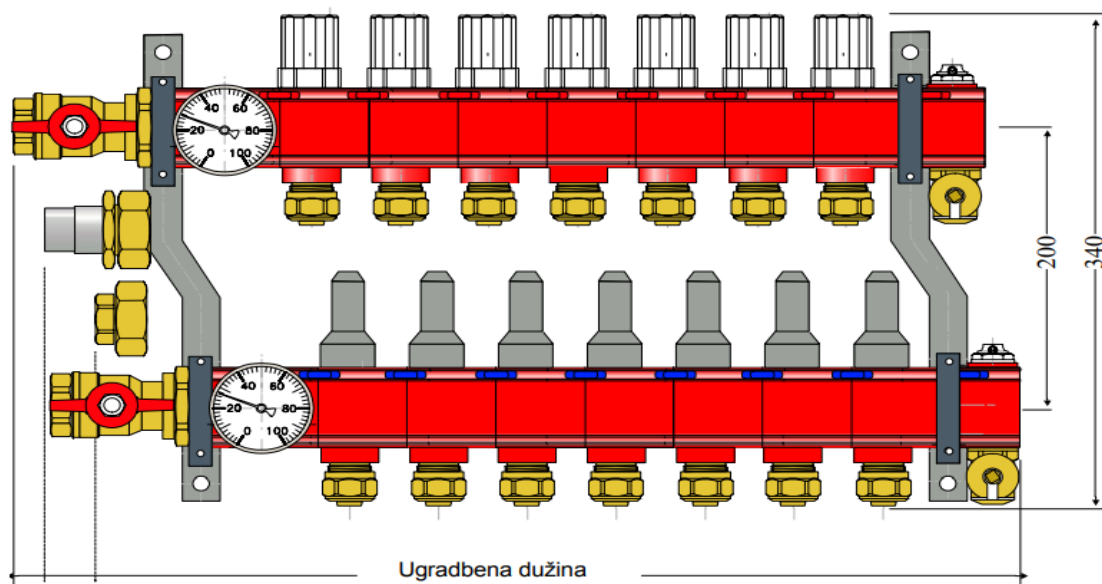
prost. br.	krug(ovi) grijanja	dužina cijevi			količina vode, l/h	gubitak tlaka		v, m/s
		RZ + ZB, m	spojni vod, m	krug, gr. (ukup.), m		Cijev, mbar	Razdjelnik, mbar	
1	1-3	79,6	3,2	82,8	221,8	131,1	90,9	0,34
2	1	4,4	2	6,4	12,8	1,4	90,9	0,02
3	1	16	8,6	24,6	36,4	3,1	90,9	0,06
4	1	36,9	5,8	42,7	144,6	35,6	90,9	0,22
5	1	45,6	12,4	58	150,4	48,9	90,9	0,23
6	1-2	54,9	4,2	59,1	98,9	15,6	70,6	0,15
7	1	90,4	8	98,4	144,7	72,5	70,6	0,22
8	1-2	53,1	15,2	68,3	92,3	16,1	70,6	0,14
9	1	59	21	80	116,6	41,5	70,6	0,18
10	1	49,2	2	51,2	138,6	38,2	70,6	0,21
11	1-2	63,8	5,2	69	113	34,6	70,6	0,17

Tablica 22. Načini polaganja krugova grijanja

prost. br.	krug(ovi) grijanja	rubna zona			zona boravka	
		Način polaganja	širina, cm	A, m ²	način polaganja	A, m ²
1	1-3	EV15	60	6,5	EV25	48,9
2	1				EV35	1,5
3	1				EV5	1,6
4	1				EV35	12,3
5	1				EV25	11,4
6	1-2	EV10	55	1,7	EV15	14,5
7	1				EV5	9
8	1-2	EV5	40	1,2	EV15	14
9	1				EV5	5,9
10	1	EV15	60	0,9	EV35	14,3
11	1-2	EV5	40	1,3	EV15	17,1

Cijevi podnog grijanja dovode se do modularnog razdjelnika. Modularni razdjelnici su opremljeni armaturom za ručno zatvaranje, integriranim termostatskim ventilima i regulacijskim ventilima s izravnim očitanjem protoka[8]. Za svaku etažu predviđen je jedan modularni razdjelnik. Modularni razdjelnik u prizemlju nalazi se u ostavi te on sadrži 7 krugova grijanja dok na katu on sadrži 9 krugova. Modularni razdjelnici smješteni su unutar modularnog ormarića proizvođača Herreither. Razdjelni ormarić je tip 2, te je on prikazan na slici 9, a njegove su dimenzije prikazane

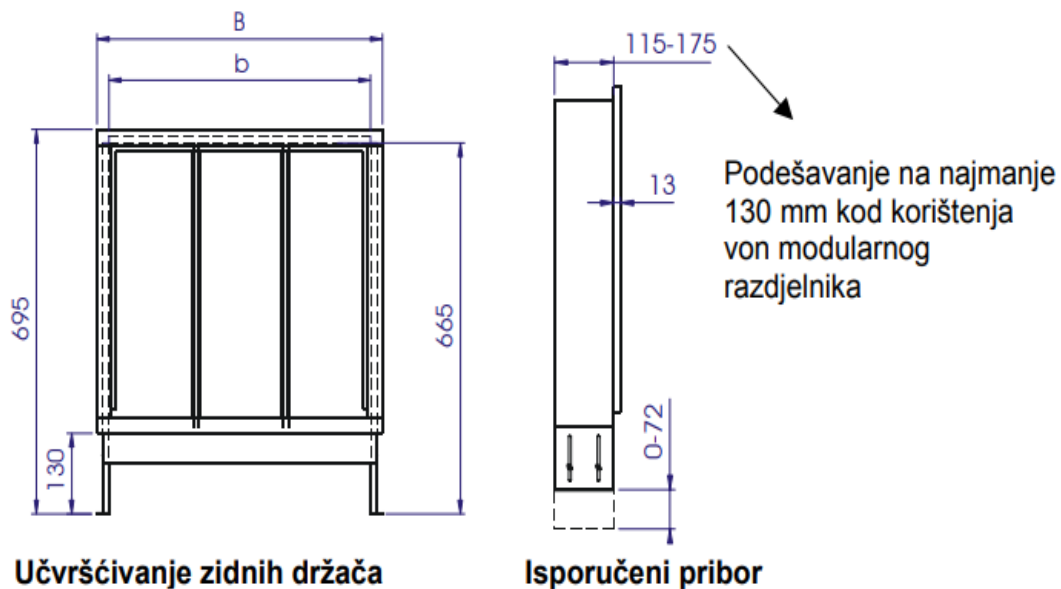
u tablici 23. Razlika između razdjelnog ormarića na prizemlju i razdjelnog ormarića na katu je ta što razdjelni ormarić u prizemlju ima 7 dok ovaj drugi ima 9 krugova grijanja.



Slika 8. Modularni razdjelnik firme Harreither [8]

Tablica 23. Ugradbene dužine Harreither [8]

Ugradbene dužine HARREITHER – modularnog razdjelnika u mm											
Broj skupina	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Spojnicica za cijev - plastika Ø32	295	349	403	457	511	565	619	673	727	781	835
Spojnicica za cijev na 1" unutrašnji navoj	272	326	380	434	488	542	596	650	704	758	812
Kuglasta slavina na 1" unutrašnji navoj	355	411	426	480	534	588	642	696	750	804	858
Ugradbene dubine HARREITHER – modularnog razdjelnika											
Općenito 120 mm, ne povećava se ugradnjom termičkog izvršnog pogona											



Slika 9. Ugradbeni modularnog ormarić firme Harreither [8]

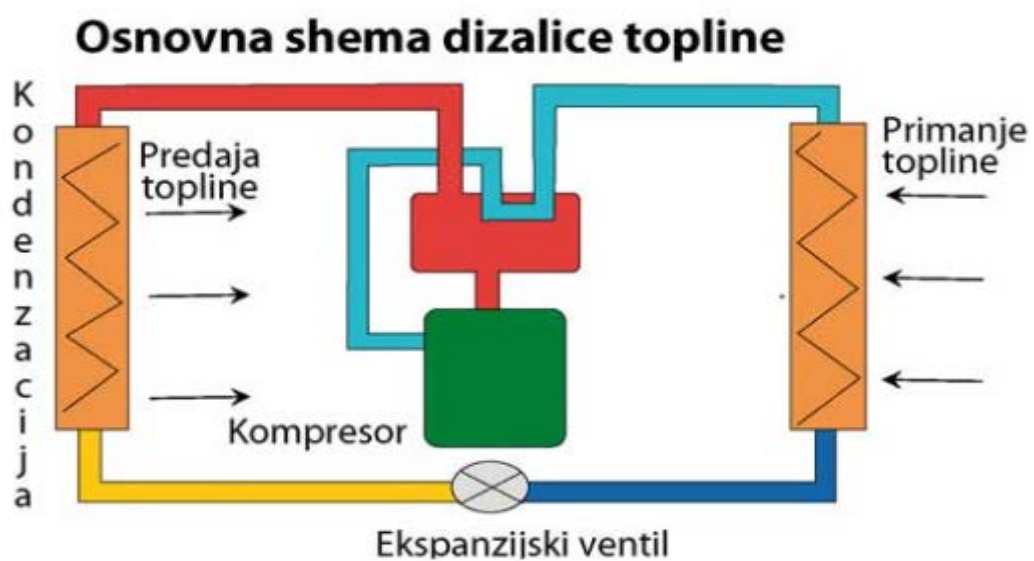
Tablica 24. Dimenzije ugradbenog modularnog ormarića [8]

Tablica za odabir	Tip 1	Tip 2	Tip 3
Broj ogrjevnih skupina grupa opremljenih zapornim ventilima sa strane	2-4	5-9	10-12
Dimenzije (u mm)			
Širina b	545	845	1145
Širina B	602	902	1202
Veličina niše prije ugradnje			
Širina	580	880	1180
Visina	700	700	700
Dubina	130-175	130-175	130-175

3.3. Dizalica topline

Dizalica topline je vrsta generatora topline koji omogućava prijenos energije iz toplinskog spremnika niže temperature u toplinski spremnik više temperature tako da koristi dodatnu energiju ljevokretnog kružnog procesa radne tvari. Kao izvor topline koji je potreban za rad dizalice topline, koristi se zrak, tlo, voda, toplina rashladnog sustava ili bilo koja otpadna toplina. Toplinski spremnik koji ima višu temperaturu predstavlja prostor (ili medij) koji se treba zagrijati, dok toplinski spremnik niže temperature predstavlja okoliš kojem se toplina odvodi. Toplinski izvor mora biti takav da tokom dužeg vremenskog perioda može zadržavati visoku temperaturu, mala udaljenost toplinskog izvora (prostor ili medij niže temperaturne razine; odvodi mu se toplina) i toplinskog ponora (prostor ili medij više temperaturne razine; dovodi mu se toplina), umjerena

temperaturna razina toplinskog ponora, velik broj sati rada tijekom godine (kako bi isplativost bila što veća), te kada su cijene drugih izvora energije visoke. Prema izvedbi dizalica topline mogu biti kompresorske, sorpcijske, Vuilleumierove. Kompresorske su najčešće u uporabi te su to one dizalice topline kod kojih se koristi kompresor kako bi došlo do povišenja tlaka i temperature tj. energetske razine. Kompresorske dizalice sastoje se od isparivača, kompresora, kondenzatora, ekspanzijskog ventila te od radne tvari. Princip rada je sljedeći. U isparivaču, pri konstantnoj temperaturi i pri tlaku isparivanja, dolazi do isparivanja radne tvari na način da prima toplinu od medija koji se zbog toga potom hladi. Temperatura isparivanja uvijek je niža od temperature medija koji se hladi u samom isparivaču. Radna tvar ulazi u isparivač u kapljevitom stanju, a izlazi iz njega u suhozasićenom ili blago pregrijanom stanju gdje potom ulazi u kompresor. Pomoću kompresora se radna tvar hladi na temperaturu koja je niža od okolišne (na način da isisava niskotlačnu pregrijanu paru na tlak isparavanja i komprimira ju na tlak kondenzacije). Unutar samog kompresora ne smiju se pojaviti kapljice te se kompresoru mora dovoditi energija za obavljanje potrebnog rada. Potom radna tvar (u obliku visokotlačne pregrijane pare ulazi u kondenzator) koja potom predaje toplinu grijanom mediju do temperature kondenzacije, a daljnjim odvođenjem topline kondenzira. Što se više topline predaje grijanom mediju to je kondenzacija sve jača, sadržaj pare pada, udio kapljevine raste te je pri izlazu iz kondenzatora potpuno u kapljevitom stanju. Nakon što je predala energiju grijanom mediju i kondenzirala, radna tvar odlazi do ekspanzijskog ventila koji snižava tlak radne tvari s tlaka kondenzacije na tlak isparivanja. Potom ponovno ulazi u isparivač većim dijelom u kapljevitom stanju, ali sadrži parnu fazu. Time se kružni proces zatvara. Slika 10 prikazuje opisani proces.



Slika 10. Osnovna shema dizalice topline [21]

Dizalica topline odabrana je iz kataloga proizvođača Mitsubishi Electric. Toplinski učin stambene zgrade pri 0 °C iznosi 9,3 kW. Iz kataloga proizvođača iščitava se dizalica topline pri 0 °C vanjske projektne temperature koja ima toplinski učin od 9,3 kW pri temperaturi polaznog voda od 45 °C. Dizalica topline do navedene temperature radi samostalno, a za one temperature koje su niže od 0 °C koristi se dodatni električni grijač (3 kW) koji se određuje na način da mora biti dovoljan da zajedno s toplinskim učinkom dizalice topline pri temperaturama nižim od 0 °C može pokriti sve potrebe kuće za toplinom. Dizalica topline zajedno s izabranim grijačem, mora imati takvu snagu da bude jednaka samom toplinsku učinku stambene zgrade. Odabrana je dizalica topline u split izvedbi, s vanjskom jedinicom oznake PUAZ - SW100YAA(-BS) (slika 11) te unutarnja jedinica ERSC - VM2D (slika 12). Navedena dizalica topline ima učin grijanja 10 kW pri vanjskoj projektnoj temperaturi -8 °C i temperaturi vode na izlazu iz kondenzatora pri 45 °C.



Slika 11. Dizalica topline „PUAZ-SW100YAA(-BS)“ [5]



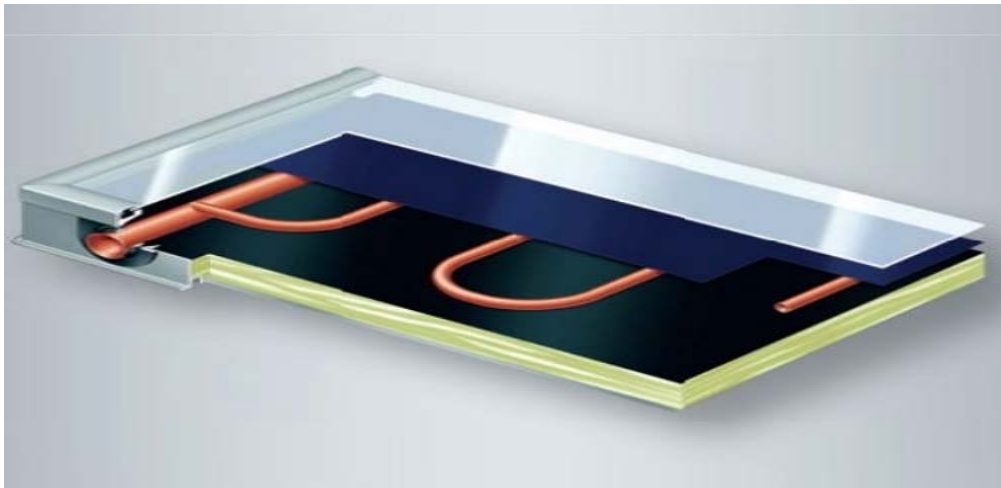
Slika 12. Hydromodul „ERSC - VM2D“ [5]

3.4. Odabir sunčevih toplinskih kolektora

Sunčevi toplinski kolektori odabrani su iz kataloga proizvođača Viessmanna model „Vitosol 100-FM“ koji sadrži sljedeće tehničke karakteristike:

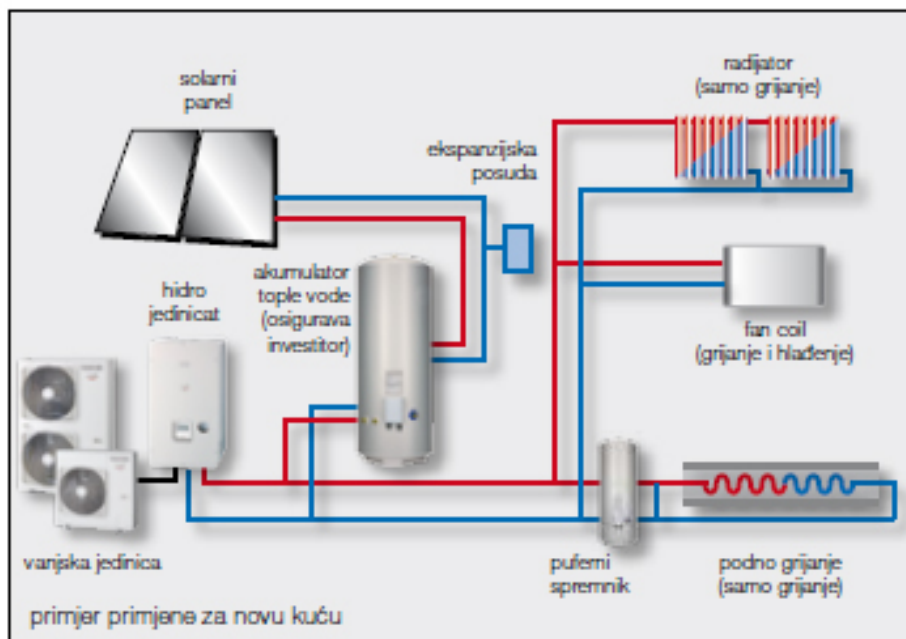
- Dimenzije (V x Š x D) : 2380 x 72 x 1056 mm
- Bruto površina : 2,51 m²
- Površina apsorbera : 2,32 m²
- Težina : 41,5 kg

Sunčevi toplinski kolektori pozicionirani su na južnoj strani krova čiji nagib iznosi 10°. U softveru kompanije Viessmann analizom je utvrđeno kako je najbolja izvedba za stambenu zgradu ugradnja četiri kolektora koji će imati površinu apsorbera od 9,24 m². Analiza u softveru kompanije Viessmann pokazala je kako dolazi do pada efikasnosti uzrokovano zbog nedovoljnog nagiba. Iz navedenih je razloga potrebno da s južne strane krova budu postavljeni nosači kako bi došlo do povećavanja iskoristivosti. Analizom je dodatno utvrđeno, kako su za uspješan rad cijelog sustava potrebni spremnik PTV-a od 300 l te akumulacijski spremnik od 400 l.



Slika 13. Pločasti kolektor „Vitosol 100-FM“ [7]

Načelna shema spajanja solarnih toplinskih kolektora s ostalim sustavom prikazana je na slici 14.



Slika 14. Načelna shema spajanja solarnih kolektora s ostatkom sustava [18]

4. TEHNO-EKONOMSKA ANALIZA SUSTAVA ZA CENTRALNO GRIJANJE I PRIPREMU POTROŠNE TOPLE VODE

4.1. Ulazni podatci

Proračunom pomoću računalnog alata KI Expert Plus dobivamo rezultate potrebne energije za grijanje kuće. Klimatski podatci, zona/e stambenog objekta, građevni dijelovi, otvori, prijenos topline prema tlu su ulazni podatci koje je potrebno definirati poradi odvijanja proračuna. Obiteljska kuća u Kostreni vrsta je stambene zgrade za koju su klimatski podatci uzeti od referentne postaje Rijeka koji su prikazani u tablici 25, dok su u tablici 26 prikazani osnovni podatci samog objekta. Obiteljska kuća čini jedna zona.

Tablica 25. Klimatski podatci za grad Rijeku

Temperature zraka (°C)													
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God
► min	-4,9	-6,8	-3,8	2,6	9	13,1	15,8	13,2	11	3,8	-1,2	-7,7	-7,7
m	5,9	6,3	9,2	12,9	17,9	21,6	24,3	24,1	18,9	14,7	10,4	6,8	14,5
max	13,4	15	17,2	21,7	27	30,4	31,8	31	26,3	21,7	19,4	14,4	31,8

Tablica 26. Osnovni podatci obiteljske kuće

podaci	vrijednosti
A, m^2	486,54
V_e, m^3	650,88
V, m^3	494,67
A_k, m^2	175,13
n	2
A_f, m^2	207,95
f_0, m^{-1}	0,75

Gdje je :

A : oplošje grijanog dijela zgrade (zone), m^2

V_e : obujam grijanog dijela zgrade (zone), m^3

V : neto obujam grijanog dijela zgrade (zone), m^3

A_k : ploština korisne površine grijanog dijela zgrade(zone), m^2

n : broj etaža

A_f : površina kondicionirane (grijanje i hlađenje) zone računate s vanjskim dimenzijama m^2

f_0 : faktor oblika zgrade m^{-1} .

Nakon definiranja prethodnih vrijednosti, potrebno je definirati građevne dijelove stambene zgrade te njihovu orijentaciju u odnosu na stranu svijeta. Iz padajućeg izbornika koji pruža računalni alat moguće je odabrati građevne slojeve koji su prisutni u samom građevnom dijelu. Građevni slojevi unose se od strane prostorije do strane usmjerene prema okolišu. Sastav građevnih dijelova te ostalih vrijednosti prikazani su u tablicama od 2 do 8, a njezina orijentacija s obzirom na strane svijeta prikazani su u tablici 27.

Tablica 27. Orijentacija površina građevnih dijela s obzirom na stranu svijeta

popis	S, m^2	J, m^2	Z, m^2	I, m^2
VZ1	36,38	0	50,09	48,59
VZ2	0	0	10,05	20,03
VZ4	0	2,79	0,00	0,00
PT	93,95			
MK	114,63			
KK	146,7			

Za definiranje otvora stambene zgrade potrebno je definirati broj otvora s obzirom na strane svijeta te njezinu površinu i koeficijent provodljivosti otvora. Prethodno spomenute vrijednosti prikazane su u tablici 28. Prozori sadrže jednakostruko staklo napravljeno od drva. Vrata su vanjska s neprovidnim vratnim krilom napravljena od drva.

Tablica 28. Površina, koeficijent provodljivosti te broj otvora na pojedinoj strani svijeta

naziv otvora	oznaka otvora	A_w, m^2	n	$U_w, W/(m^2/K)$	S	J	Z	I
Prozor 1	P1	5,02	7,00	1,40	0,00	0,00	3,00	4,00
Prozor 2	P2	9,12	2,00	1,40	0,00	2,00	0,00	0,00
Prozor 3	P3	1,86	3,00	1,40	0,00	0,00	3,00	0,00
Prozor 4	P4	2,97	1,00	1,40	0,00	0,00	0,00	1,00
Prozor 5	P5	1,6	1,00	1,40	1,00	0,00	0,00	0,00
Prozor 7	P7	2,45	1,00	1,40	0,00	0,00	0,00	1,00
Vrata 1	V1	2,64	1,00	2,00	1,00	0,00	0,00	0,00
Vrata 2	V2	1,98	1,00	2,00	0,00	0,00	1,00	0,00

Za toplinske mostove uzet je paušalni dodatak u iznosu od $0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Za definiranje prijenosa topline prema tlu potrebno je definirati površinu poda (m^2) te izloženi opseg poda (m). Površina poda iznosi $102,75 \text{ m}^2$ dok opseg iznosi $39,53 \text{ m}$. Prijenos topline prema tlu prikazana je u tablici 29.

Tablica 29. Prijenos topline prema tlu

Mjesec	$\Theta_{\text{int,m}} [^{\circ}\text{C}]$	$\Theta_{\text{e,m}} [^{\circ}\text{C}]$	$\Phi_{\text{m}} [\text{W}]$	$H_{\text{g,m,H}} [\text{W}/\text{K}]$
I	20,00	5,90	390,08	27,67
II	20,00	6,30	400,03	29,20
▶ III	20,00	9,20	395,59	36,63
IV	20,00	12,90	363,18	51,15
V	24,00	17,90	417,11	198,62
VI	24,00	21,60	361,51	-225,94
VII	24,00	24,30	320,35	-74,50
VIII	24,00	24,10	290,31	-70,81
IX	24,00	18,90	292,62	266,02
X	20,00	14,70	255,64	48,23
XI	20,00	10,40	302,35	31,50
XII	20,00	6,80	349,99	26,51

Gdje je:

$\Theta_{\text{int,m}}$: Unutarnja postavna temperatura za proračunski mjesec, $^{\circ}\text{C}$

$\Theta_{\text{e,m}}$: Srednja vanjska temperatura za proračunski mjesec, $^{\circ}\text{C}$

ϕ_{m} : Toplinski tok izmjene topline s tlom za proračunski mjesec, W

$H_{\text{g,m,H}}$: Koeficijent transmisijske izmjene topline prema tlu za proračunski mjesec za proračun grijanja, W/K.

4.2. Rezultati proračuna u KIE+

Nakon definiranja svih ulaznih podataka, pomoću računalnog alata, dobiju se rezultati proračuna potrebne toplinske energije za grijanje i toplinske energije za hlađenje prikazane u tablici 30.

Tablica 30. Proračun potrebne toplinske energije za grijanje i toplinske energije za hlađenje

A [m ²]	486,54	f _o [m ⁻¹]	0,75	
A _k [m ²]	175,13	A _k ' [m ²]	175,13	
V _e [m ³]	650,88			
Q _{H,nd} [kWh/a]	6456,14			
Q ["] _{H,nd} [kWh/m ² a]	36,86	Q ["] _{H,nd} (max) [kWh/m ² a]	45,88	ZADOVOLJAVA
Q _{C,nd} [kWh/a]	4665,60			
Q ["] _{C,nd} [kWh/m ² a]	26,64	Q ["] _{C,nd} (max) [kWh/m ² a]	50,00	ZADOVOLJAVA
E _{del} [kWh/a]	1971,24			
E ["] _{del} [kWh/(m ² a)]	11,26			
E _{prim} [kWh/a]	3181,58			
E ["] _{prim} [kWh/(m ² a)]	18,17	E ["] _{prim} (max) [kWh/(m ² a)]	35,00	ZADOVOLJAVA
H _{tr,adj} [W/m ² K]	0,62	H _{tr,adj} (max) [W/m ² K]	0,65	ZADOVOLJAVA
H _{tr,adj} [W/K]	300,40			
H _{ve,adj} [W/K]	91,16			
Q _l [kWh]	21515,43	Q _s [kWh]	17124,98	
Q _i [kWh]	7670,69	Q _g [kWh]	24795,67	

Gdje je:

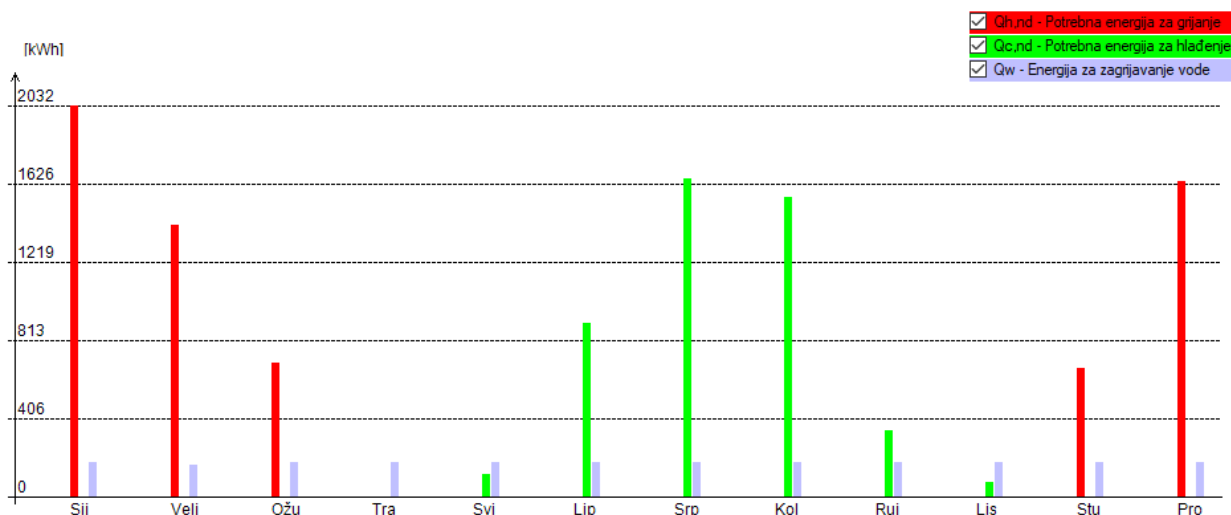
Q["]_{H,nd}: Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici proračunske korisne površine (za stambene i nestambene, kWh/(m²a)

Q["]_{C,nd}: Godišnja potrebna toplina za hlađenje po jedinici obujam grijanog dijela zgrade (za stambene i nestambene, kWh/(m²a) / po jedinici ploštine korisne površine (stambene zgrade), kWh/(m²a)

E_{prim}: Primarna energija po jedinici ploštine korisne površine zgrade, kWh/(m²a)

H_{tr,adj}: Koeficijent transmisivnog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade za zimske mjesec, W/(m²K).

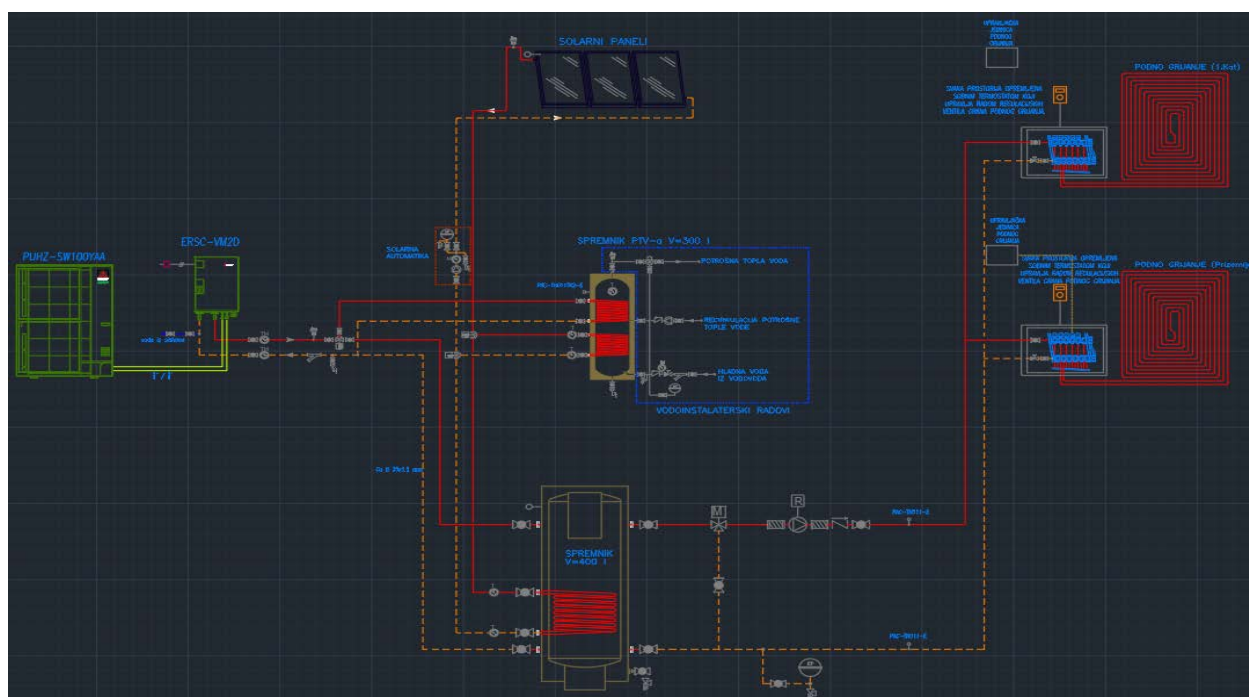
Grafički prikaz potrebne toplinske energije za grijanje i hlađenje prikazan je na slici 15.



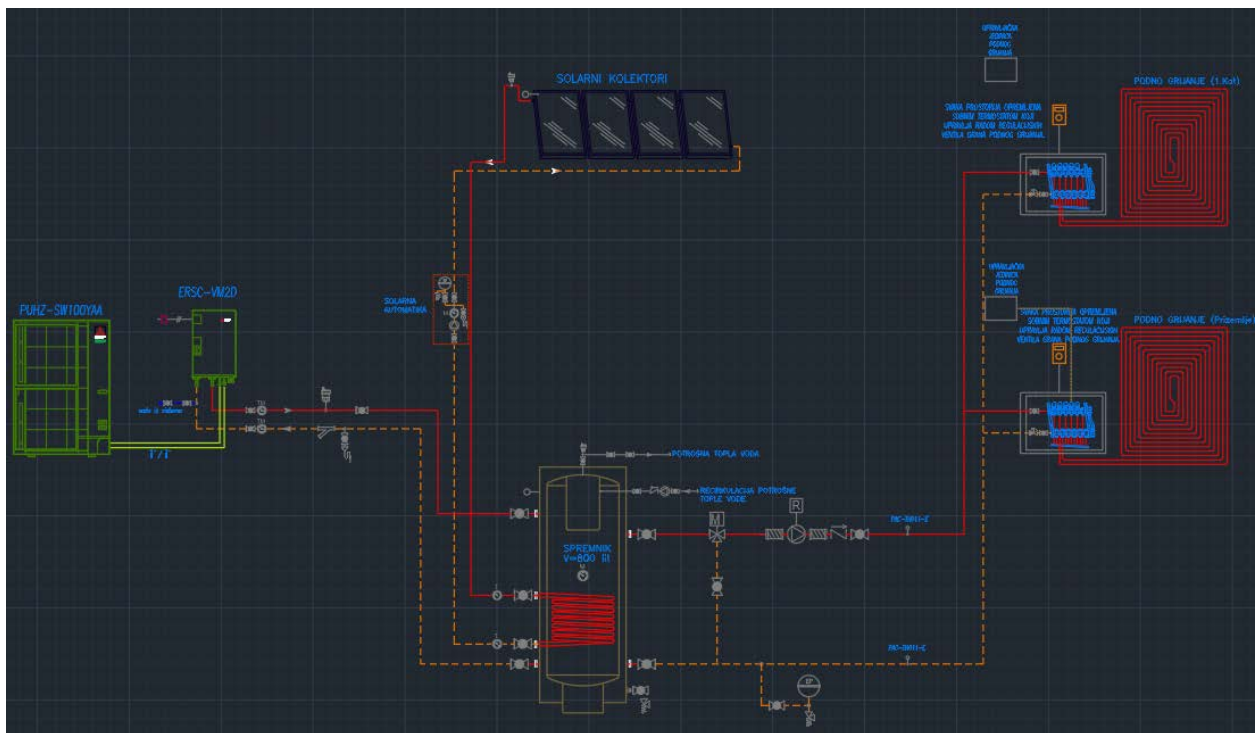
Slika 15. Grafički prikaz potrebne toplinske energije za grijanje i hlađenje

Radi uspješnog provođenja daljnjeg proračuna, prethodno opisane vrijednosti moraju biti unutar svojih maksimalnih dopuštenih vrijednosti.

Definiranjem potrebne energije za grijanje i hlađenje, pristupa se definiranju konačne energije. Definiranje konačne energije sastoji se od projektiranja sustava za koje je potrebno provesti tehnokoekonomsku analizu kojom se uspoređuju cijene uređaja te cijene energije, čime se želi razlučiti koja je izvedba s ekonomskog stajališta te stajališta energetske učinkovitosti najpovoljnija. Proračun je proveden pomoću računalnog alata KI Expert Plus. Navedenim računalnim alatom osim dobivanja potrebne energije za grijanje kuće, alatom se postižu rezultati vezani za primarnu i konačnu energiju definiranjem, termotehničkih sustava čime možemo uspoređivati različite izvedbe. U ovom slučaju razmotrene su dvije izvedbe sustava grijanja i pripreme PTV-a s dizalicom topline i sunčevim toplinskim kolektorima. Prva izvedba sastoji se od bivaletnog spremnika PTV-a i međuspremnika ogrjevnice vode. Bivaletni spremnik sadrži dvije ogrjevnice spirale kod koje je jedna spojena s dizalicom topline, a druga sa sunčevim kolektorom. Akumulacijski spremnik (buffer) ima također ogrjevnice spiralu koja je spojena sa sunčevim kolektorom kako bi se održavala temperatura unutar spremnika. Druga izvedba sastoji se od akumulacijskog spremnika unutar kojeg je smješten spremnik PTV-a koja se još naziva spremnik u spremniku. Dvije opisane izvedbe prikazane su na slikama 16 i 17. Crvena linija označuje polazni cjevovod, a narančasta isprekidana povratni cjevovod.



Slika 16. Primjer s akumulacijskim spremnikom i spremnikom PTV-a



Slika 17. Primjer spremnika u spremniku

Definiranje termotehničkog sustava podrazumijeva definiranje sustava grijanja te sustava za pripremu PTV-a, ukoliko su međusobno povezani što je i slučaj za obiteljsku kuću promatranu u ovom radu. Slobodnim unosom definiramo dvije navedene izvedbe, što je prikazano na sljedećim slikama.

Definiranje konfiguracije sustava grijanja i pripreme PTV:

- PODSUSTAVI ZA GRIJANJE PROSTORA**
- Podsustav predaje topline u prostor
- Podsustav razvoda grijanja
- Podsustav GViK-a
- Podsustav spremnika tople vode za grijanje
- Podsustav proizvodnje
- Broj kotlova:
- Broj dizalica topline:
- Broj solarnih sustava:
- Solarni sustav koristi dodatni generator?
- Postoji daljinsko grijanje
- Postoji sustav kogeneracije
- PODSUSTAVI ZA GRIJANJE PTV**
- Protočni električni zagrijač vode
- Podsustav razvoda PTV
- Podsustav spremnika PTV

Slika 18. Definiranje konfiguracije sustava s akumulacijskim spremnikom od 400 l i spremnikom PTV-a od 300 l

Definiranje konfiguracije sustava grijanja i pripreme PTV:

PODSUSTAVI ZA GRIJANJE PROSTORA

Podsustav predaje topline u prostor

Podsustav razvoda grijanja

Podsustav GVIK-a

Podsustav spremnika tople vode za grijanje

Podsustav proizvodnje

Broj kotlova:

Broj dizalica topline:

Broj solarnih sustava:

Solarni sustav koristi dodatni generator?

Postoji daljinsko grijanje

Postoji sustav kogeneracije

PODSUSTAVI ZA GRIJANJE PTV

Protočni električni zagrijač vode

Podsustav razvoda PTV

Podsustav spremnika PTV

Slika 19. Definiranje konfiguracije sustava sa spremnikom u spremniku od 800 l

Za svaki sustav potrebno je unijeti tražene podatke za svaki promatrani podsustav (predaja topline ogrjevnim tijelima, cijevni razvod, spremnici, generatori topline). Upisane vrijednosti razlikuje su ponajviše po volumenima akumulacijskog spremnika i spremnika PTV-a, te izvedbe sa spremnikom u spremniku, te volumen spremnika koji je obuhvaćen ogrjevnom spiralom koja je povezana s sunčevim kolektorima. Rezultati svake izvedbe prikazane su na slikama 20 i 21.

Isporučena, primarna i CO2										
Primarna energija po elementima										
Naziv	Energent	Sustav	Q _{gen,in} [kWh]	W _{aux} [kWh]	E _{del} [kWh]	E _{prim} [kWh]				
Solarni sustav 1	Sunčeva Energija	Termotehnički sustav	4771,32	87,12	87,12	140,61				
Dizalica topline 1	Električna energija	Termotehnički sustav	6368,08	0,00	1490,54	2405,73				
Podsustav razvoda grijanja	Električna energija	Termotehnički sustav	0,00	122,96	122,96	198,45				
Podsustav razvoda PTV	Električna energija	Termotehnički sustav	0,00	23,53	23,53	37,97				
Podsustav predaje grijanja	Električna energija	Termotehnički sustav	0,00	0,00	0,00	0,00				
UKUPNO			11139,39	233,60	1724,14	2782,77				
Primarna energija, potrošnja, cijena i CO2 po energentima										
Naziv	E _{del} [kWh]	I _p	E _{prim} [kWh]	CO ₂ [kg/kWh]	CO ₂ [kg]	Ogrjevna vrijednost	Godišnja potrošnja	Jedinica mjere	Cijena [kn]	Ukupna cijena [kn]
Sunčeva Energija	0,00	0,00	0,00	0,00000	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
Električna energija	1724,14	1,61	2782,77	0,23481	404,85	1,00	1724,14	kWh	0,80	1379,31
UKUPNO	1724,14		2782,77		404,85					1379,31

Slika 20. Rezultati konačnog proračuna za izvedbu s akumulacijskim spremnikom od 400l i spremnikom PTV-a od 300l

Primarna energija po elementima										
Naziv	Energent	Sustav	Q _{gen,in} [kWh]	W _{aux} [kWh]	E _{del} [kWh]	E _{prim} [kWh]				
Solarni sustav 1	Sunčeva Energija	Termotehnički sustav	4904,01	87,12	87,12	140,61				
Dizalica topline1	Električna energija	Termotehnički sustav	7044,05	0,00	1742,88	2813,00				
Podsustav razvoda grijanja	Električna energija	Termotehnički sustav	0,00	123,08	123,08	198,66				
Podsustav razvoda PTV	Električna energija	Termotehnički sustav	0,00	18,16	18,16	29,30				
Podsustav predaje grijanja	Električna energija	Termotehnički sustav	0,00	0,00	0,00	0,00				
UKUPNO			11948,06	228,36	1971,24	3181,58				

Primarna energija, potrošnja, cijena i CO2 po energentima										
Naziv	E _{del} [kWh]	f _p	E _{prim} [kWh]	CO ₂ [kg/kWh]	CO ₂ [kg]	Ogrijevna vrijednost	Godišnja potrošnja	Jedinica mjere	Cijena [kn]	Ukupna cijena [kn]
Sunčeva Energija	0,00	0,00	0,00	0,00000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Električna energija	1971,24	1,61	3181,58	0,23481	462,87	1,00	1971,24	kWh	0,80	1576,99
UKUPNO	1971,24		3181,58		462,87					1576,99

Slika 21. Rezultati konačnog proračuna za izvedbu spremnika u spremniku od 800l

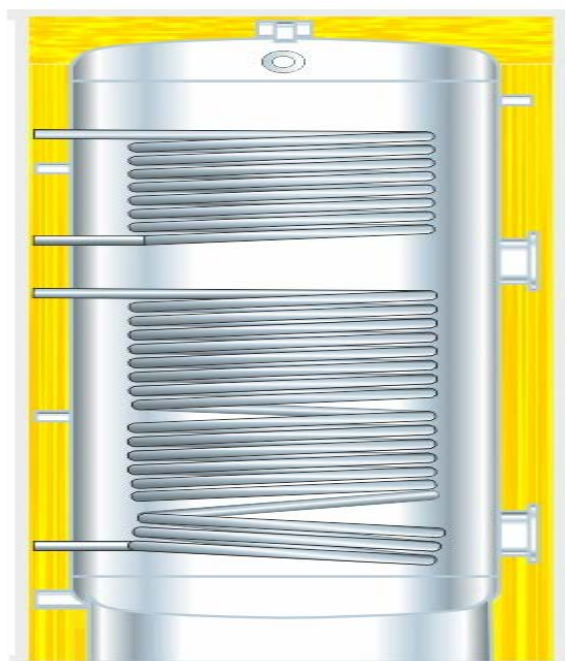
Akumulacijski spremnik, spremnik PTV-a kao i spremnik u spremniku birani su iz kataloga proizvođača Centrolmetal. Za prvu izvedbu odabran je akumulacijski spremnik model „CAS-S“ od 465 l (slika 22), i spremnik PTV-a model „DSFF/E“ od 304 l (slika 23). Za drugu izvedbu odabran je akumulacijski spremnik model „CAS-BS“ od 727 l (slika 24) unutar kojeg se nalazi spremnik PTV-a od 170 l. U tablicama 31 i 32 prikazani su cijene svake izvedbe.

Tablica 31. Cijena izvedbe s akumulacijskim spremnikom („CAS – S 500“) i spremnikom PTV-a („DSFF/E 300“) sa sunčevim toplinskim kolektorom („Vitosol 100-FM“)

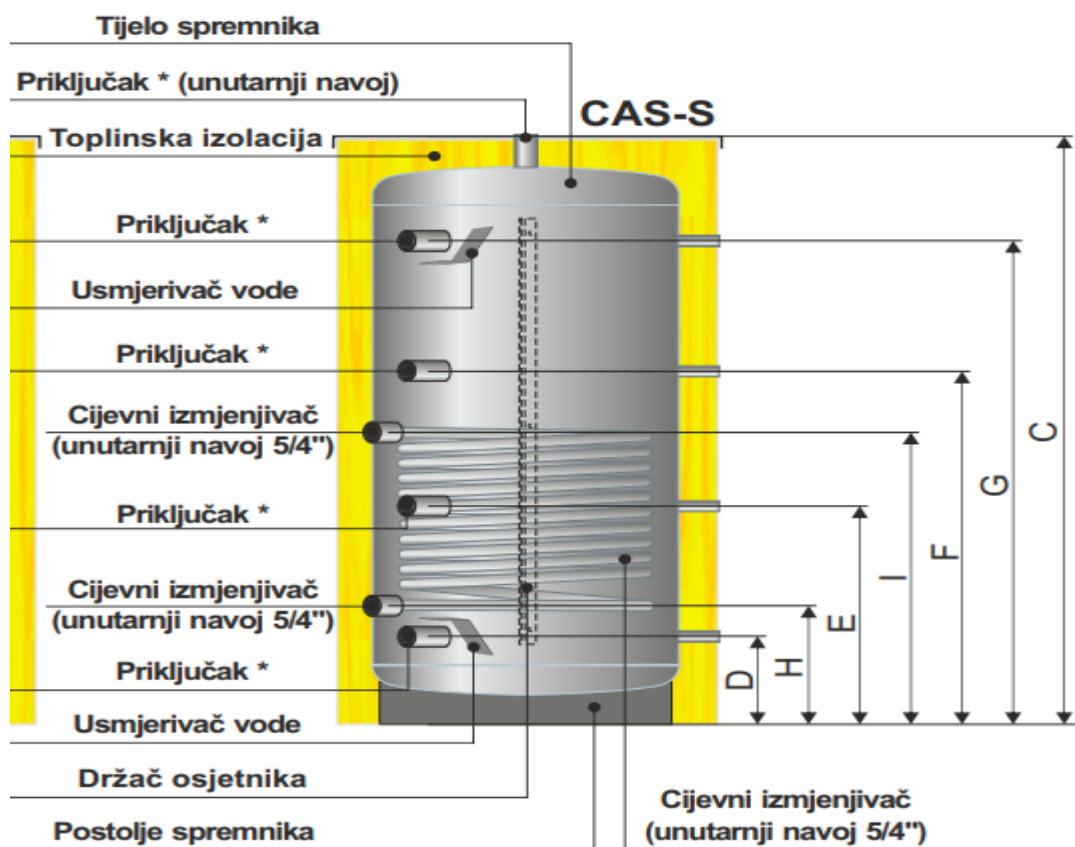
elementi	količina	cijena, €
DSFF/E 300	1	1.659,62
CAS - S 503	1	556,00
Vitosol 100-FM	4	3040,00
UKUPNO		5.255,62

Tablica 32. Cijena izvedbe spremnika u spremniku („CAS-BS 803“) sa sunčevim toplinskim kolektorom („Vitosol 100-FM“)

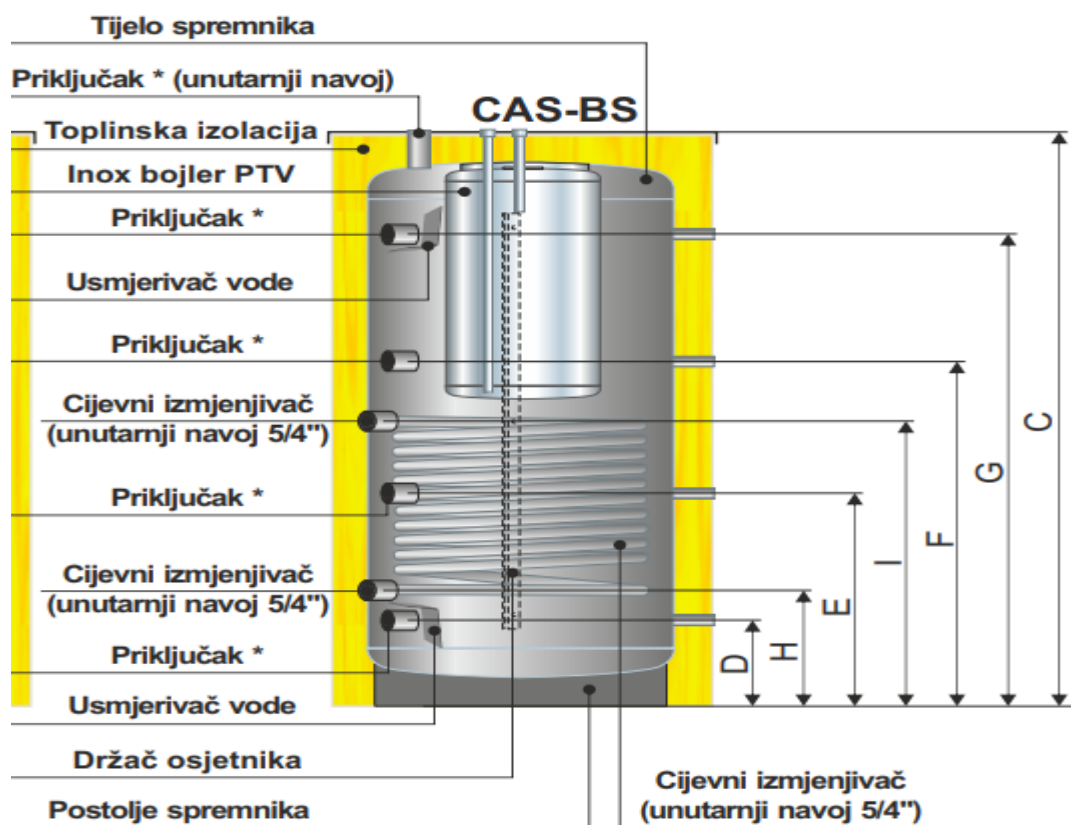
elementi	količina	cijena, €
CAS - BS 803	1	1.333,21
Vitosol 100-FM	4	3.040,00
UKUPNO		4.373,21



Slika 22. Model spremnika PTV-a, „DSFF/E 300“ [6]



Slika 23. Model akumulacijskom PTV-a, „CAS - S 503“ [6]



Slika 24. Spremnik u spremniku „CAS - BS 803“ [6]

Nakon detaljne analize, odabrana je varijanta koja ima spremnik PTV-a u akumulacijskom spremniku (slika 24). Navedena izvedba je za 884,41 € jeftinija od izvedbe koja ima odvojeni akumulacijski spremnik i spremnik PTV-a. Kako bi usporedili potrošnju električne energije za pojedinu izvedbu koristimo se sezonskim koeficijentom učinkovitosti, SCOP (Seasonal Coefficient Of Performance). SCOP za prvu izvedbu iznosi 4,16 kWh, a za drugu 3,95 kWh čime se pokazuje kako izvedba spremnik u spremniku troši manje električne energije. Kao jedno od dodatnih prednosti spremnika u spremniku uzima se potreba za prostorom koja je kod te izvedbe manja te je njezina sama montaža jednostavnija i zahtjeva manje vremena. Odabrani akumulacijski spremnik s ugrađenim cijevnim izmjenjivačem za spajanje sunčevih toplinskih kolektora sadrži INOX bojler (170 l) za PTV. Za ukupnu površinu kolektora od 9,24 m² potrebna količina vode iznosi (100 l za svaki 1,5 m²) iznosi 616 l. Odabrani spremnik sadrži 727 l što zadovoljava željene potrebe. Tehničke karakteristike spremnika dane su u nastavku:

Volumen spremnika: 727 l

Nazivni tlak: PN6

Promjer: 790 mm

Priključci: 3/4"

Ukupna visina: 1675 mm

4.3.Funkcionalna shema sustava grijanja izvedbe sa spremnikom u spremniku

Funkcionalnom shemom prikazuje se način povezivanja elemenata sustava grijanja pomoću odgovarajućih standardiziranih simbola radi njegova lakšeg razumijevanja. U prikazanoj shemi crvene linije označuju polazne cjevovode dok su narančaste isprekidane linije povratni cjevovodi (slika 25). Dizalica topline služi kao generator topline koji zagrijava spremnik u spremniku. Toplina koju ona stvara ovisi o temperaturi zraka. Dizalica topline radi samostalno do 0 °C, a za niže temperature (do projektne temperature od -8 °C) koristi se električni grijač koji je ugrađen u dizalicu topline. Sustav grijanja uključuje i sunčeve toplinske kolektore, koji ovisno o raspoloživoj sunčevoj energiji vrše temeljno zagrijavanje ogrjevnog vode i PTV-a. Dizalica topline potom dogrijava ogrjevnu vodu i PTV do traženih temperatura. Sunčevi toplinski kolektori su povezani s cijevnim izmjenjivačem topline u spremniku te tokom sunčevih dana vrše temeljno grijanje vode. Dizalica topline tu vodu dogrijava na potrebnu temperaturu. Akumulacijski spremnik koji u sebi ima ogrjevnu spiralu (povezanu s kolektorima) i dotok topline od dizalice topline i grijača zagrijava ujedno spremnik potrošne tople vode. Izabrani akumulacijski spremnik proizvođača Centrometal sadrži spremnik potrošne tople vode od 170 l te na taj način zadovoljava volumen od 108 l koji je potrebno zagrijavati. Akumulacijski spremnici sastavni su dio akumulacijskog sustava koji služe za skladištenje tople vode s ciljem da topla voda bude dostupna u bilo koje vrijeme. Topla voda potom putuje prema troputnom elektromagnetskom ventilu za miješnje. Njegova je uloga da ukoliko je temperatura polaznog cjevovoda prevelika, ventil otvara svoj priključak prema povratnom cjevovodu te dolazi do miješanja s hladnijom vodom, što će uzrokovati pad temperature u polaznom cjevovodu. Od ostalih elemenata za rad sustava koriste se cirkulacijska pumpa koja je spojena s relejom, nepovratni ventil, termometar, manometar, sigurnosni ventil i filter koji skuplja nečistoće. Cirkulacijska pumpa je hidraulički stroj čija je uloga transportirati tekućinu pomoću pogonskog stroja (najčešće elektromotora). Nepovratni ventil onemogućuje strujanje u suprotnom smjeru. Kvaliteta nepovratnog ventila je veća što je manji pad tlaka, a gibanje u suprotnom smjeru sprečava se preko zapornih elemenata (stožac, kugla). Sigurnosni ventil u sebi ima oprugu koja se podiže ukoliko tlak vode svlada silu u opruzi čime je protok omogućen, a ukoliko je tlak manji onda sila u opruzi svladava tlak vode te se ventil zatvara. Termometar i manometar dio su regulacijsko nadzorne opreme koja kontrolira razinu temperature i tlaka. Funkcionalna shema prikazana je u prilogu 4.

5. TEHNIČKI PRORAČUNI ZA ODABRANI TERMOTEHNIČKI SUSTAV

5.1. Dimenzioniranje cjevovoda i proračun padova tlaka

5.1.1. Sustav grijanja

Cjevovodi su dio sustava grijanja koji služi za distribuciju radnog medija (topla voda) od generatora pare pa do ogrjevnih tijela. Za povezivanje generatora topline sa ogrjevnim tijelima, u stambenom objektu koriste se bakrene cijevi. Bakrene cijevi imaju veću trajnost kao i samu otpornost na koroziju s obzirom na čelične cijevi. Uspoređujući bakrene cijevi s polimernim i čeličnim vidljivo je da je njihova montaža brža i jednostavnija. Bakrene cijevi mogu se pojaviti u šipci ili kolutu, a po tvrdoći razlikujemo meke, polutvrde i tvrde bakrene cijevi. Spajanje bakrenih cijevi omogućeno je postupkom tvrdog lemljenja, tj. spajanje bakrenih cijevi pomoću rastanjenog dodatnog materijala [1]. Primjer označavanja bakrenih cijevi je CuØ35x1,5. U navedenoj oznaci CuØ35 označava promjer bakrene cijevi od 35 mm, a 1,5 mm označuje debljinu stijenke navedene bakrene cijevi. Prije određivanja samih cijevi potrebno je prvo podijeliti cijevni razvod na dionice. Prva dionica je od unutarnje jedinice do spremnika u spremniku, druga je dionica od akumulacijskog spremnika do modularnih razdjelnika. Za određivanje dimenzija cijevi potrebno je izračunati maseni protok prema izrazu:

$$\dot{m} = \frac{3600 \cdot \phi}{c_{pv} \cdot \Delta\vartheta}$$

Gdje je:

ϕ : toplinski učin koji se prenosi dionicom cjevovoda, W

c_{pv} : specifični toplinski kapacitet ; 4187 J/(kgK)

$\Delta\vartheta$: promjena temperature vode, K.

Uvrštavanjem u navedeni izraz te interpoliranjem prema tabeli 244-5.[2] dobiju se sljedeći izrazi za jedinični pad tlaka (r) i brzina u cijevima (w) prikazani u tablici 33. Poželjno bi bilo da pri odabiru dimenzija cijevi jedinični padovi tlaka budu manji od 150 Pa/m.

Tablica 33. Maseni protok, jedinični pad tlaka, brzina u cijevi za pojedine dionice

dionice	ϕ , W	c_{pv} , J/kg	$\Delta\theta$, °C	m, kg/h	cijev, mm	w, m/s	r, Pa/m
1.	12361,08	4187	6,3	1687	CuØ35x1,5	0,59	116,63
2.	6437,89		6,3	878,623	CuØ28x1,2	0,47	110,82
	5923,19		6,3	808,378	CuØ28x1,2	0,43	88,95

Zahtijevani protok vode kroz unutarnju jedinicu dizalice topline je između 5 l/min i 36,9 l/min, odnosno između 300 kg/h i 2214 kg/h. Kako je za projektni protok vode 1687 kg/h te raspoloživi pad tlaka cjevovoda i armature u primarnom krugu mora biti manja od 18 kPa taj je zahtjev proizvođača zadovoljen.

Troputni motorni miješajući ventil za regulaciju temperature vode u sustavu podnog grijanja odabran je od strane proizvođača IMI HEIMEIER, a njegove su tehničke karakteristike sljedeće:

Materijal kućišta ventila: bronca otporna na koroziju

O-ring: EPDM guma

Disk ventila: EPDM guma

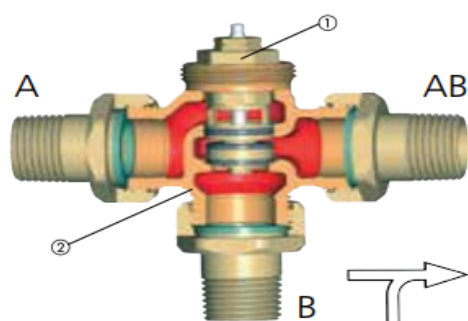
Povratna pruga: Nehrđajući čelik

Uložak ventila : Mesing

Vreteno: Nehrđajući s duplom O-ring brtvom.

Miješajući ventil

(crna zaštitna kapica)



1. Termostatski uložak
2. Tijelo od bronce otporno na koroziju

Slika 25. Miješajući ventil proizvođača IMI HEIMEIER [11]

Kroz priključak A struji topla struja te ukoliko je temperatura previsoka, onda se otvara ventil na priključku B čime dolazi do miješanja struja, a time i smanjenja temperature polazne vode na izlazu AB.

Koristeći navedene podatke možemo izračunati pad tlaka. Pad tlaka jednak je zbroju pada tlaka zbog trenja te pada tlaka nastalih zbog lokalnih otpora koje uzrokuju elementi cjevovoda kao što su ventili, lukovi, koljena itd. Padovi tlaka računaju se prema sljedećem izrazu:

$$\Delta p = \sum R + \sum Z, \text{ Pa}$$

Gdje je:

R: pad tlaka zbog trenja, Pa

Z: pad tlaka zbog lokalnih otpora, Pa.

Navedeni izraz može se dodatno raspisati te se potom dobije sljedeći izraz :

$$\Delta p = r \cdot l + \sum \xi \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2}, \text{ Pa}$$

Gdje je:

r: jedinični otpor, Pa/m

l: duljina dionice cjevovoda, m

ξ: koeficijent lokalnih otpora

ρ: gustoća ogrjevnog medija, kg/m³

w: brzina strujanja ogrjevnog medija, m/s.

U svakoj dionici nalaze se pojedini elementi koji sa svojim koeficijentima lokalnog otpora utječu na pad tlaka kroz određenu dionicu. U prvoj dionici nalazi se 10 koljena, i y-filter dok se u drugoj dionici nalazi 16 koljena, nepovratni ventil, t-komad te elektromagnetski ventil za miješanje. Za drugu dionicu uzima se i pad tlaka kroz modularni ormarić podnog grijanja. Gustoća ogrjevnog medija iznosi 1000 kg/m³, a koeficijenti lokalnih otpora prikazani su u tablici 34. Padovi tlaka prikazani su u tablicama 35 i 36.

Tablica 34. Koeficijent lokalnih otpora za pojedini element

element	ξ
koljeno	1,30
T-komad	1,50
nepovratni ventil	10,50
y-filter	1,34

Tablica 35. Pad tlaka u dionici od unutarnje jedinice do akumulacijskog spremnika

element	r, Pa/m	l, m	R, Pa	w, m/s	Z, Pa	R+Z, Pa
Cu \varnothing 35x1,5	116,82	2	233,64	0,59	2495,88	2729,52

Tablica 36. Pad tlaka u dionici od akumulacijskog spremnika do razdjelnog ormarić

element	r, Pa/m	l, m	R, Pa	w, m/s	Z, Pa	R+Z, Pa
Cu \varnothing 35x1,5	116,63	2,00	233,26	0,59	2.140,82	10.248,98
				0,74	2.874,90	
Miješajući ventil					5.000,00	
Cu \varnothing 28x1,2	110,82	1,00	110,82			22.310,82
Razdjelni ormarić: prizemlja					22.200,00	
Cu \varnothing 28x1,2	110,82	10,74	1.190,21	1,30	1.201,85	24.592,06
Razdjelni ormarić: kat					22.200,00	
						34.841,03

5.1.2. Solarni krug

Prethodnim proračunima odabran je solarni sustav koji čine četiri pločasta kolektora povezana cjevovodom s cijevnim izmjenjivačem topline u akumulacijskom spremniku odabran u potpoglavlju 3.4. Ukupna površina svih četiriju sunčevih toplinskih kolektora iznosi 9,24 m².

Tablica 37. Dimenzije bakrenog cjevovoda [7]

Pločasti kolektori		
Površina apsorbera u m ²	Dimenzije cijevi DN	Bakrena cijev Mjera
4,6	13	15 x 1
6,9	13	15 x 1
9,2	16	18 x 1
11,5	16	18 x 1
13,8	20	22 x 1
16,1	20	22 x 1
18,4	25	28 x 1,5

Za odabrani specifični protok solarnog medija kroz solarni sustav jednak 40 l/(hm²), dobiva se ukupan protok medija 369,6 l/h. Tom protoku medija odgovara cijev dimenzije CuØ18x1, što se slaže i s preporučenim dimenzijama cijevi koje navodi proizvođač Viessmann u tablici 37. Koeficijent lokalnih otpora za koljeno jednak je onoj vrijednosti u tablici 34. Pad tlaka kroz cijevni razvod kolektora izračunat je u tablici 38.

Tablica 38. pad tlaka cjevovoda solarnog kruga

element	r, Pa/m	l, m	R, Pa	w, m/s	Z, Pa	R+Z, Pa
CuØ18x1	207,60	10,56	2.192,26	0,40	1.040,00	9.232,26
Sunčevi toplinski kolektori i izmjenjivač topline u spremniku					6.000,00	
					7.040,00	

Važno je za napomenuti da brzina strujanja solarnog medija mora biti između 0,4 i 0,7 m/s, dok pad tlaka mora biti između 100 i 250 Pa/m. Izračunate brzine solarnog medija i pada tlaka odgovaraju dozvoljenim vrijednostima.

5.2. Odabir cirkulacijskih pumpi

5.2.1. Pumpa grijanja

Za odabir cirkulacijske pumpe potrebno je odrediti ukupni pad tlak te ukupni protok vode kroz cjevovod. Ukupni pad tlaka dobije se zbrajanjem svih padova tlaka dionica čime se dobije da je ukupni pad tlaka 34,8 kPa, dok je protok vode 1687 kg/h. Navedeni parametri ujedno se koriste za odabir cirkulacijske pumpe. Za odabir cirkulacijske pumpe koristio se softver proizvođača Grundfos-a za čiji je odabir cirkulacijske pumpe bio potreban unos navedenih podataka. Kao

rezultat unesenih podataka, softver je izbacio nekoliko cirkulacijskih pumpi koji zadovoljavaju radnu točku. Od proizvođača Grundfos-a, odabran je model „ALPHA2 25-60 180“ koji je prikazan na slici 26.



Slika 26. Cirkulacijska pumpa [12]

Karakteristike cirkulacijske pumpe proizvođača Grundfos model „ALPHA2 25-60 180“a:

Materijal kućišta pumpe : Lijevano željezo

Raspon temperature okoliša : 0 – 40 °C

Gustoća : 998,2 kg/m³

Maksimalni radni tlak : 10 bar

Tip priključka : G

Veličina priključka : 1^{1/2}

Nominalna vrijednost tlaka : PN 10

Ugradbena duljina : 180 mm

Minimalna ulazna snaga – P1 : 3 W

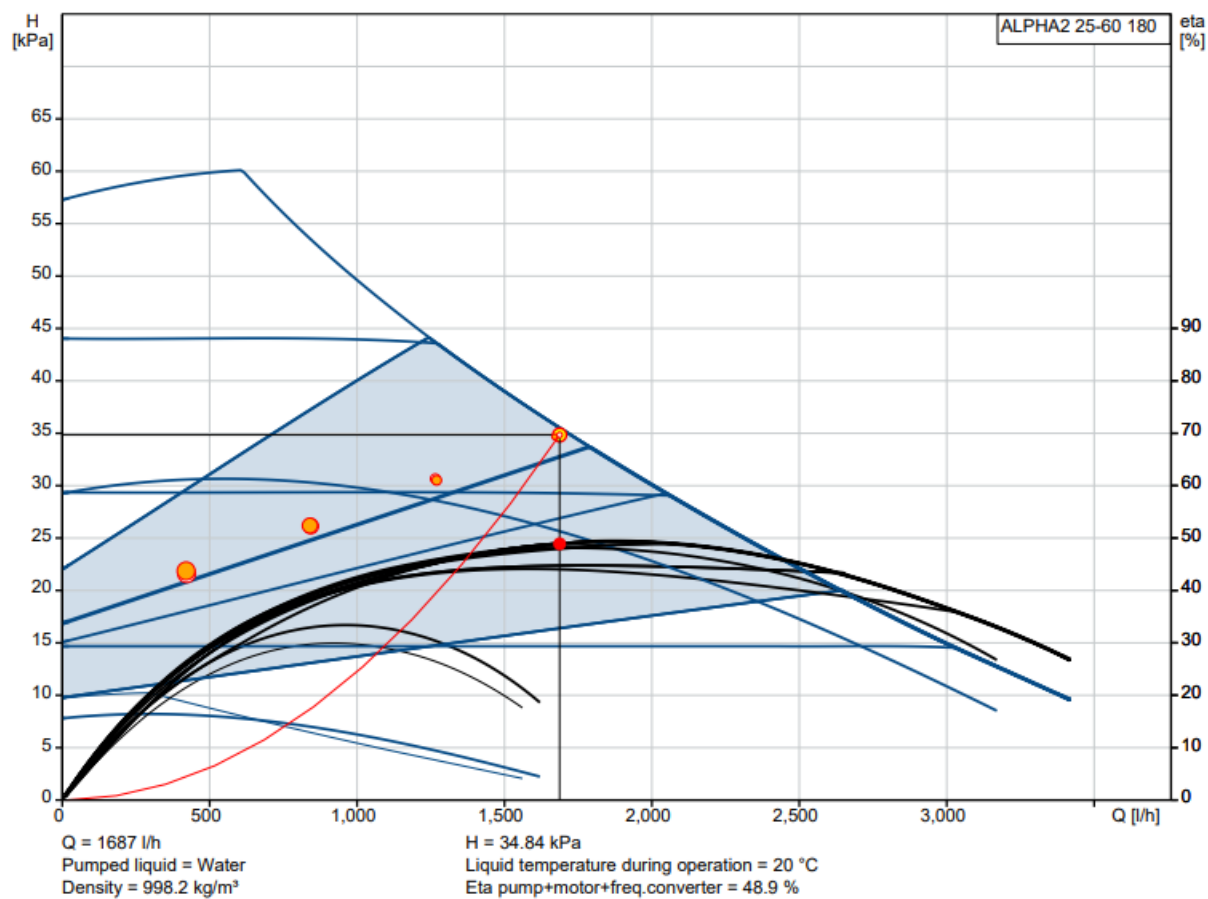
Frekvencija glavne mreže : 50 Hz

Neto masa : 2,01 kg

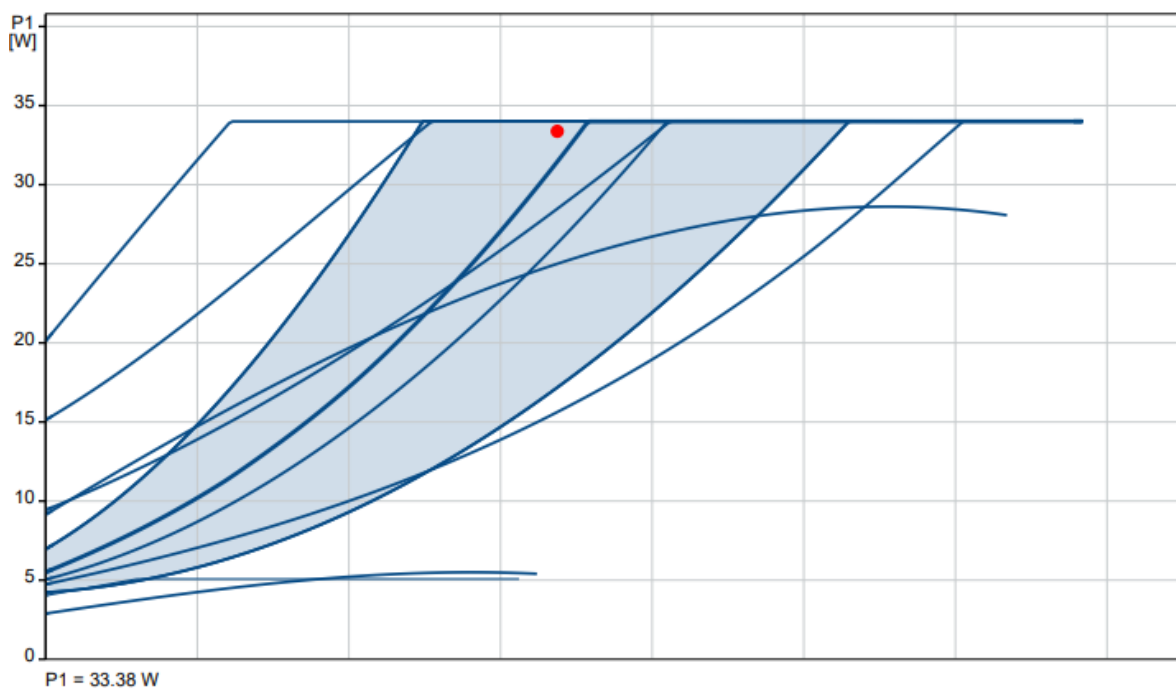
Bruto masa : 2,17 kg

Dijagrami karakteristika cjevovoda i pumpe prikazani su na slikama 27 i 28.

99411175 ALPHA2 25-60 180 50 Hz



Slika 27. Krivulja pumpe



Slika 28. Snaga cirkulacijske pumpe

5.2.2. Pumpa sunčevih toplinskih kolektora

Kao i prethodna, pumpa solarnog kruga odabrana je pomoću softvera proizvođača Grundfos. Pri odabiru pumpe bilo je potrebno upisati podatke vezane za protok (l/h) i pad tlaka (kPa). Nakon toga moglo se početi s dimenzioniranjem pumpe te je iz liste pumpi odabran model „ALPHA SOLAR 25-75 180“ koji je prikazan na slici 29.



Slika 29. Cirkulacijska pumpa modela „ALPHA SOLAR 25-75 180“ [12]

Karakteristike solarne cirkulacijske pumpe proizvođača Grundfos model „ALPHA2 25-60 180“a su:

Kućište crpke : Lijevano željezo

Raspon temperature okoline : 2 – 70 °C

Gustoća : 998,2 kg/m³

Maksimalni radni tlak : 10 bar

Tip priključka : G

Veličina priključka : 1^{1/2}

Nominalna vrijednost tlaka : PN 10

Ugradbena duljina : 180 mm

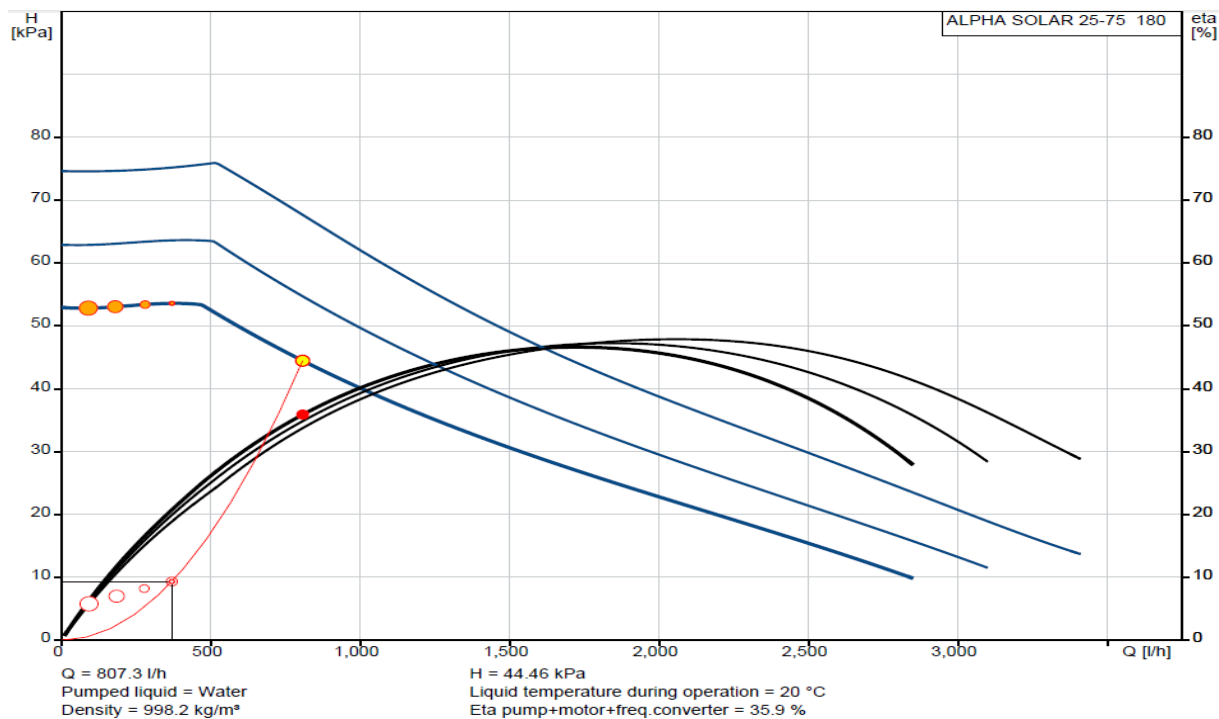
Minimalna ulazna snaga – P1 : 2 W

Frekvencija glavne mreže : 50 Hz

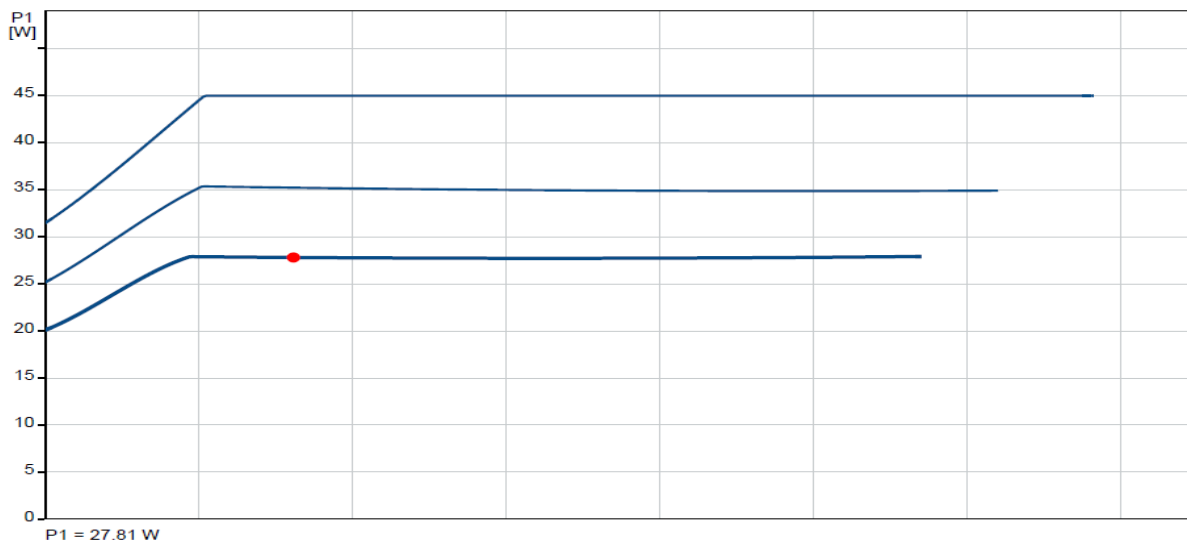
Neto masa : 2,18 kg

Bruto masa : 2,37 kg

Dijagrami karakteristika cjevovoda i pumpe prikazani su na slikama 30 i 31.



Slika 30. Krivulja solarne cirkulacijske pumpe



Slika 31. Snaga cirkulacijske pumpe

5.3. Proračun i odabir ekspanzijske posude

Ekspanzijska posuda spada u sigurnosno – tehničku opremu čiji je osnovni zadatak sprječavanje da vrijednosti radnog tlaka i temperature pređu dopuštene vrijednosti. Ekspanzijske posude dijele se na otvorene i zatvorene. Otvorene ekspanzijske posude su preko odzračne cijevi povezane s vanjskim okolišem. Problem kod otvorenih ekspanzijskih posuda javlja se kada se zrak pojavi u

njima, kada su prisutne niske temperature koje potom dovode do smrzavanja vode unutar same posude, te problem vezani uz sam smještaj jer se posuda mora postaviti na najvišem mjestu (krov ili tavan). U češćoj upotrebi su zatvorene membranske ekspanzijske posude koje su punjene dušikom. Takve posude imaju u sebi gumenu membranu koja dijeli vodu od dušika. Ekspanzijske posude punjene dušikom za razliku od posuda punjenih zrakom ne izazivaju koroziju te su zbog toga povoljnije. Radi dimenzioniranja ekspanzijske posude potrebno je odrediti ukupni volumen vode sustava koji se dobije zbrajanjem volumena vode u pojedinim elementima, što je prikazano u tablici 39.

Tablica 39. Ukupni volumen vode cijelog sustava

elementi	V, l
cjevovod	37,03
Krugovi podnog grijanja	184
akumulacijski spremnik	727
unutarnja jedinica dizalice topline	10
ukupni volumen, V_A	958,03

Normalni (nazivni) volumen membranske ekspanzijske posude, l:

$$V_n = (V_e + V_v) \cdot \frac{p_e + 1}{p_e - p_0}$$

V_e : porast volumena vode u instalaciji nastalo zbog povišenja vode od 10 °C do maksimalne temperature polaznog cjevovoda, l

$$V_e = V_A \cdot \frac{n}{100}$$

Gdje je :

n : koeficijent porasta volumena u odnosu na volumen vode pri 10°C , 3,58%

$$V_e = 34,29 \text{ l}$$

V_v : predpunjenje (rezervni volumen vode) :

$$V_v = 0,005 \cdot V_A$$

$$V_v = 0,005 \cdot 958,03$$

$$V_V = 4,79 \text{ l}$$

Minimalni radni tlak, p_0 , izračunava se prema sljedećem izrazu :

$$p_0 = p_{st} + 0,2$$

Gdje je:

p_{st} : statički tlak, tlak vodena stupca koji odgovara visini instalacije od priključka ekspanzijske posude do najviše točke instalacije, bar. Izračunava se prema izrazu:

$$p_{st} = \frac{H_{st}}{10}$$

Gdje je:

H_{st} : statička visina instalacije, metri vodenog stupca

$$p_{st} = \frac{4}{10}$$

$$p_{st} = 0,4 \text{ bar}$$

$$p_0 = 0,4 + 0,2$$

$$p_0 = 0,6$$

$$p_0 \sim 1 \text{ bar}$$

Preporuča se da minimalni tlak bude jednak ili viši od 1 bar.

Krajnji tlak vode, p_e , izračunava se prema izrazu (za sustave koji imaju tlak do 5 bara) :

$$p_0 = p_{SV} - 0,5$$

Gdje je:

p_{SV} : tlak otvaranja sigurnosnog ventila (bar), računa se prema preporuci :

$$p_{SV} \geq p_0 + 1,5$$

$$p_{SV} \geq 1 + 1,5$$

$$p_{SV} \geq 2,5 \text{ bar}$$

$$p_{SV} = 3 \text{ bar}$$

$$p_e = 3 - 0,5$$

$$p_e = 2,5 \text{ bar}$$

Uvrštavanjem izračunatih izraza u izraz za nazivni volumen dobije se:

$$V_n = (V_e + V_v) \cdot \frac{p_e + 1}{p_e - p_0}$$

$$V_n = (34,29 + 4,79) \cdot \frac{2,5 + 1}{2,5 - 1}$$

$$V_n = 88,27 \text{ l,}$$

Budući da je u unutarnjoj jedinici ugrađena ekspanzijska posuda zapremnine 10 l prema tome $V_n = 78,27 \text{ l}$.

Na temelju izračunatog volumena prema tablici 40 određuje se standardni volumen ekspanzijske posude koji iznosi:

$$V_n = 80 \text{ l}$$

Tablica 40. Standardni volumen (V_n) [1]

Safety valve Psv bar	2.5		Vn		3.0				Vn		4.0				Vn		5.0				Vn																	
Pre-set pressure bar P0	1.0	1,5	litres		0.5	1.0	1,5	1,8	litres		1,5	2.0	2,5	3.0	litres		2.0	2,5	3.0	3,5	4.0	litres																
Content litres Vs	30	-	8	85	50	19	-	8	55	30	5	-	8	55	37	16	-	-	8	45	-	12	85	55	24	-	-	12										
	85	-	18	200	130	60	17	18	140	85	28	-	18	140	100	55	8	-	18	150	33	25	320	220	120	55	25	230	150	70	-	25	230	170	110	43	-	25
	240	80	35	470	340	200	110	33	330	240	130	25	33	360	270	180	95	5	33	380	110	50	700	510	320	200	50	540	380	230	70	50	550	420	300	170	43	50
	500	170	80	1120	840	440	260	80	870	650	410	120	80	890	710	530	320	95	80	620	210	100	1400	1050	540	330	100	1090	820	430	150	100	1110	890	670	420	120	100
	870	300	140	1960	1470	760	460	140	1530	1140	610	200	140	1560	1250	940	510	170	140	1240	420	200	2800	2100	1090	660	200	2180	1630	870	290	200	2230	1780	1340	720	240	200
	1550	530	250	3500	2630	1360	820	250	2720	2040	1090	370	250	2790	2230	1670	900	300	250	1860	630	300	4200	3150	1630	990	300	3270	2450	1300	440	300	3340	2670	2010	1080	360	300
	2480	850	400	5600	4200	2180	1320	400	4360	3270	1740	580	400	4460	3570	2670	1440	480	400	3100	1060	500	6920	5250	2720	1650	500	5450	4080	2170	730	500	5570	4460	3340	1800	600	500
	3720	1270	600	8400	6300	3260	1980	600	6540	4900	2610	880	600	6680	5350	4010	2170	730	600	4970	1690	800	11200	8400	4350	2640	800	8710	6540	3480	1170	800	8910	7130	5350	2890	970	800
	6210	2120	1000	13830	10500	5440	3300	1000	10890	8170	4350	1460	1000	11140	8910	6680	3610	1210	1000																			

Temelju toga, izabrana je ekspanzijska posuda „ELBI 80 l“ (slika 32).



Slika 32. ekspanzijska posuda ELBI 80 l [13]

Karakteristike :

Zapremnina : 80 l

Visina : 558 mm

Maksimalni pritisak : 6 bar

Priključak : 3/4"

Za površinu apsorbera sunčevog kolektora $9,2 \text{ m}^2$ iz kataloga proizvođača Viessmann izabran je volumen solarne ekspanzijske posude od 40 l.

Površina apsorbera: $9,2 \text{ m}^2$

Volumen instalacije: 29 l

Statička visina: 10 m

Odabrana je ekspanzijska posuda proizvođača VAREM (slika 33)



Slika 33. ekspanzijska posuda VAREM 40 l [14]

5.4. Regulacija sustava grijanja

Reguliranje sustava grijanja ključno je za postizanje željenog osjećaja ugodnosti te pravilnom regulacijom možemo osigurati minimalnu potrošnju energije potrebnu za rad. Reguliranje ogrjevnih tijela može biti lokalno, zonsko i središnje. Obiteljska kuća u ovom projektu ima višezonsku regulaciju za koju je karakteristično da je podijeljena na više zona (jedna ili više prostorija) te se za svaku zonu može postaviti željena temperatura. Višezonska regulacija upravlja se automatskom regulacijom pomoću uređaja koji potom dovod topline može povećati ili smanjiti ovisno o razdobljima. Obiteljska kuća koristi automatsku regulaciju proizvođača Mitsubishi Electric Ecodan. Na unutarnjoj jedinici nalazi se LCD kontroler, a sama je dizalica topline povezana preko bežične veze s internetom. Jedinica se može kontrolirati preko računala i pametnog telefona te se preko njih može pratiti potrošnja energije, proizvodnja tople vode te sama ispravnog sustava.

Komponente automatske regulacije:

- Vanjska jedinica PUAZ SW 100 YAA (senzor vanjske temperature ugrađen u jedinici)

- Unutarnja jedinica ERSC-VM2D s integriranom pločom PAC IF 071 s pripadajućim kontrolerom
- Osjetnik temperature spremnika PTV-a tip PAC-TH011TK2-E
- Osjetnik temperature sekundarnog kruga (podno grijanje) tip PAC-TH011-E
- Sučelje za upravljanje preko Wi Fi-a MAC-587IF-E
- Sobni termostat 230 V LCD
- Termopogon M28x1,5-nc-220V
- Bazni element 230V za upravljanje 10 zona s modulom uključivanja pumpe
- Seltron automatika za solarno SGC26H, diferencijalna automatika sa dva izlaza za upravljanje punjenja akumulacijskog spremnika potrošne tople vode i akumulacijske dizalice topline s pripajućim osjetnicima.

Tehničke specifikacije:

- Pametno postavljanje
- Upravljanje s jednim krugom miješanja
- Unutarnji upravitelj energijom (za noćni rad)
- Prioritetna priprema tople vode u kućanstvu
- Ugrađeni zaslon za tekst s pozadinskom rasvjetom
- Jednostavan za pokretanje i rukovanje



Slika 34. Sučelje za upravljanje preko Wi Fi-a MAC-587IF-E [5]



Slika 35. Sobni termostat 230 V LCD [15]



Slika 36. Seltron SGC26H [16]

6. SPECIFIKACIJA OPREME, MATERIJALA I RADOVA

1. PODNO GRIJANJE

Napomena: specifikacija sadrži materijal za izradu cijevnih registara, razdjelnike, spojne komade, aditiv za estrih i instalaterski radovi. PE-folije površine 200 m², toplinske izolacije EPS - W 20, debljine 50 mm, izolacije od buke koraka EPS - T 23/20 debljine 20 mm i EPS - T 34/30 , debljine 30 mm te izrada grijaćeg estriha u koji se ugrađuju cijevi. U troškovnik građevinskih radova spadaju debljine koje su minimalni 40 mm iznad vrha cijevi.

1.1. Dobava i ugradnja ovalnih polipropilenskih PP-R cijevi za podno grijanje, stabilnih na visoke temperature, otpornih na koroziju i kemikalije, nepropustljiva za kisik, ekstrudirana bez naprezanja materijala, samostabilizirajuća. Cijevi predviđene za ugradbu u toplom stanju, prethodnim zagrijavanjem neposredno prije polaganja, bez zaostalih naprezanja.

Uzorak: Ø24/17 mm Euroval, proizvod HARREITHER

		m	1003	á		=	
--	--	---	------	---	--	---	--

1.2. Dobava i ugradnja modularnih letvica iz PE, za pričvršćenje cijevi podnog grijanja.

Uzorak: tip Euroval modularna letvica, proizvod HARREITHER

		m	350	á		=	
--	--	---	-----	---	--	---	--

1.3. Dobava i ugradnja ovalnih, nazubljenih spojnica za zavarivanje (mufa) iz polipropilena

Uzorak: proizvod HARREITHER

kom	32	m		á		=	
-----	----	---	--	---	--	---	--

1.4. Dobava i ugradnja prijelaznih nazubljenih koljena, ovalno na okruglo, iz PP-R-a.

Uzorak: tip Euroval, proizvod HARREITHER

kom	10	m		á		=	
-----	----	---	--	---	--	---	--

1.5. Dobava (ugrađuje izvođač estriha) aditiva-plastifikatora kao dodatka u cementni estrih.

Uzorak: tip Euroval ECO-30, proizvod HARREITHER

	kg	36	á			=	
--	----	----	---	--	--	---	--

1.6. Dobava i ugradnja modularnog razdjelnika i sabirnika za sustav podnog grijanja sa 7 i 9 krugova.

Uzorak : tip Euroval, broj narudžbe V007 za 7 i V008 za 8 krugova, proizvod HARREITHER

	kom	1	á			=	
	kom	1	á			=	

1.7. Dobava i ugradnja razdjelnog limenog ugradbenog ormarića, izrađenog iz toplocinčanog čeličnog lima, komplet s okvirom i usadnim vratima lakiranim s cilindričnom bravom i dva ključa dimenzije (širina x visina x dubina): 880 x 700 x 130-175 mm

Uzorak: tip 2, proizvod HARREITHER

	kom	2	á			=	
--	-----	---	---	--	--	---	--

2. RADIJATORSKO GRIJANJE

Dobava i ugradnja kupaonskog radijatora sa ugrađevim električnim grijačem snage 590W. Radijatori se isporučuju komplet sa spojnim, ovjesnim i brtvenim priborom, čepovima i priključcima za odzračni ventil i ventil za pražnjenje.

Uzorak: tip IRSAP Ares (590W) dim 1720x430 mm.

1720x430 mm	kom	1	á			=	
-------------	-----	---	---	--	--	---	--

3. DIZALICA TOPLINE

Dobava i ugradnja niskotemperaturne dizalice u split izvedbi:

Vanjska jedinica :

Kapacitet grijanja : 10 kW

Protok vode : 14,40 – 32,10 l/min

Nominalna energetska učinkovitost (COP) : 3,2

Apsorbirana snaga : 3,01 kW / 400 V / 3 faza / 50 Hz

Rashladni medij : R410A

Promjer cjevovoda : 5/8" i 3/8"

Masa : 126 kg

Dimenzije (VxŠxD) : 1020 x 1050 x 480 mm

Uzorak: tip PUHZ-SW100YAA, proizvod Mitsubishi Electric, Japan

Unutarnja jedinica :

Kapacitet booster grijača: 3 kW

Napajanje booster grijača: 230 V/1/50 Hz

Promjer cijevi: 5/8", 3/8"

Rashladni medij: R410A

Volumen ekspanzione posude: 10 l

Protok vode :5 – 36,9 l/min

Masa: 48 kg

Dimenzije (V x Š x D) : 800 x 530 x 360 mm

Ugradnja u prostore iznad: 0°C

Uzorak: tip ERSC-VM2D, proizvod Mitsubishi Electric, Japan

	kom	1	á			=	
	kom	1	á			=	

4. AKUMULACIJSKI SPREMNIK S UGRAĐENIM SPREMNIKOM PTV-a

Dobava i ugradnja akumulacijskog spremnika sa ugrađenim spremnikom PTV-a

Maksimalna radna temperatura	60°C.
Volumen spremnika	727 l
Nazivni tlak	PN 6
Promjer	790 mm
Ukupna visina	1675 mm
Priključak za hladnu i toplu sanitarnu vodu	3/4"
Priključci PTV	3/4"

Uzorak: tip CAS – BS, proizvod Centrometal

	kom	1	á			=	
--	-----	---	---	--	--	---	--

5. SUNČEVI TOPLINSKI KOLEKTORI

Dobava i ugradnja sunčevog toplinskog kolektora za iskorištavanje sunčeve energije komplet sa nosačima za kosi krov.

Bruto površina kolektora: 2,51 m²

Površina apsorbera: 2,32 m²

Dimenzije (Š x V x D) : 1056 x 2380 x 72 mm

Uzorak: tip Vitosol -FM, proizvod Viessmann

	kom	4	á			=	
--	-----	---	---	--	--	---	--

6. EKSPANZIJSKA POSUDA

6.1. Ekspanzijska posuda za sustav grijanja

Zapremnina : 80 l

Visina : 558 mm

Maksimalni pritisak : 6 bar

Priključak : 3/4"

Uzorak: tip ELBI 80L, proizvod ELBI

	kom	1	á			=	
--	-----	---	---	--	--	---	--

6.2. Solarna ekspanzijska posuda

Zapremnina : 40 l

Visina : 558 mm

Maksimalni pritisak : 6 bar

Priključak : 3/4"

Uzorak: tip VAREM 40L, proizvod Varem

	kom	1	á			=	
--	-----	---	---	--	--	---	--

7. CJEVOVOD

7.1. Bakreni cjevovod

Dobava i ugradnja bakrenih cijevi uključeno sav ovjesni i pričvrсни pribor, T komadi, koljena, redukcije i lukovi.

CuØ35x1,5 mm	m	4	á			=	
CuØ28x1,2 mm	m	11,74	á			=	
CuØ18x1,0 mm	m	10,56	á			=	

7.1 Kuglaste slavine:

NO 20	kom	4	á			=	
NO 25	kom	4	á			=	
NO 35	kom	6	á			=	

7.2 Nepovratni ventili:

NO25	kom	1	á			=	
------	-----	---	---	--	--	---	--

7.3. Hvatač nečistoće:

DN 20	kom	1	á			=	
-------	-----	---	---	--	--	---	--

7.4. Sigurnosni ventil:

G ½ "	kom	1	á			=	
-------	-----	---	---	--	--	---	--

7.5. Ventil za punjenje i pražnjenje:

G ½ "	kom	1	á			=	
-------	-----	---	---	--	--	---	--

8.CIRKULACIJSKA PUMPA

8.1. Cirkulacijska pumpa podnog grijanja

Dobava i ugradnja cirkulacijske pumpe sustava podnog grijanja. Cirkulacijska je pumpa izabrana za sljedeće parametre:

radna temperatura	90°C
protok vode	1687 kg/h
pad tlaka	34,80 kPa

Tehničke karakteristike crpke:

materijal kućišta	lijevano željezo
materijal rotora	kompozitni materijal
materijal vratila	nehrđajući čelik

materijal brtve	etilen – propilen
snaga motora	3 - 34 W
el. Specifikacija	1f – 230 V – 50 Hz
usisni priključak	1 1/2" s redukcijom na 1"
tlačni priključak	1 1/2" s redukcijom na 1"
masa crpke	2,17 kg

Uzorak: tip ALPHA2 25-60, proizvod „GRUNDFOS“.

	kom	1	á			=	
--	-----	---	---	--	--	---	--

8.2. Cirkulacijska pumpa solarnog sustava

Dobava i ugradnja cirkulacijske pumpe solarnog sustava. Cirkulacijska pumpa je odabrana za sljedeće parametre:

radna temperatura	90°C
protok vode	370 kg/h
pad tlaka	9,32 kPa

Tehničke karakteristike crpke:

materijal kućišta	lijevano željezo
materijal rotora	kompozitni materijal
materijal vratila	nehrđajući čelik
materijal brtve	etilen – propilen
snaga motora	3 - 34 W
el. Specifikacija	1f – 230 V – 50 Hz
usisni priključak	1 1/2" s redukcijom na 1"
tlačni priključak	1 1/2" s redukcijom na 1"

masa crpke

2,17 kg

Uzorak: tip ALPHA SOLAR 25-75 180, proizvod „GRUNDFOS“.

	kom	1	á			=	
--	-----	---	---	--	--	---	--

9. TROPUTNI MOTORNI MIJEŠAJUĆI VENTIL

Dobava i ugradnja troputnog motornog miješajućeg ventila sa elektromotornim pogonom 220V . Miješajući ventil je odabran za sljedeće parametre:

protok vode 1687 kg/h

pad tlaka 5,00 kPa

promjer NO25

Uzorak proizvod „IMI HEIMEIER“.

	kom	1	á			=	
--	-----	---	---	--	--	---	--

10. AUTOMATSKA REGULACIJA

Automatska regulacija omogućuje upravljanje sustavom grijanja te grijanja i pripreme potrošne tople vode. Komponente sustava sastoje se od osjetnika temperature spremnika PTV-a, sobni termostatom 230 V LCD, osjetnik temperature spremnika PTV-a te sekundarnog kruga

Uzorak: tip Seltron SGC26H proizvođača Seltron

	kom	1	á			=	
--	-----	---	---	--	--	---	--

7. ZAKLJUČAK

Tema završnog rada je bila projektirati sustav za grijanje i pripremu potrošne tople vode za obiteljsku kuću koja se nalazi u Primorsko-goranskoj županiji, na području općine Kostrena, u blizini grada Rijeke. Sustav je projektiran za obiteljsku kuću čija ukupna površina iznosi 175 m² te se ona sastoji od 11 prostorija prvenstveno predviđenih za boravak četveročlane obitelji.

Sustav grijanja i pripreme potrošne tople vode projektiran je s dizalicom topline koja je u funkciji generatora topline uz temeljito zagrijavanje vode solarnim kolektorima. Od 1.1.2021. godine zakonom o zgradama gotovo nulte energije (nZEB) je regulirano da sve nove zgrade moraju biti gotovo nulte potrošnje energije. Neto potrošnja gotovo 0, dobiva se tako da se potrebna energija generira iz obnovljivih izvora energije. Ovakva je izvedba pogodna te se sve češće i više koristi zbog prednosti koje ima u odnosu na zastarjele sustave grijanja. Jedna od bitnih prednosti vezana je za manje zagađenje okoliša pošto se u ovakvom sustavu grijanja i pripreme potrošne tople vode ne barata fosilnim gorivima, pa se dizalica topline smatra kao generator topline budućnosti. Još jedna prednost dizalice topline je ta da se ona može koristiti i za hlađenje, čime se smanjuje potreba za većim brojem vanjskih jedinica klima-uređaja za hlađenje. Nedostatak ove izvedbe najviše se očituje u financijskim ulaganjima koja su znatno skuplje od ostalih tradicionalnih sustava grijanja, što je ujedno i razlog zašto ugradnja dizalice topline kao i pripadajućih solarnih kolektora nije zaživjela u većoj mjeri. Navedeni problem Republika Hrvatska nastoji riješiti na taj način da novčanim sredstvima iz fondova Europske unije želi financirati jedan dio troškova vezani za ugradnju i kupnju dizalice topline i solarnih kolektora. U završnom radu bilo je potrebno odrediti odgovarajuće komponente sustava grijanja i pripreme potrošne tople vode i način njihova povezivanja. Izvedba akumulacijskog spremnika s 4 sunčeva toplinska kolektora utvrđena je proračunom isporučene i primarne energije u računalnom alatu proizvođača Knauf KI EXPERT PLUS. Odabrana je izvedba akumulacijskog spremnika kod koje je spremnik potrošne tople vode uronjen u ogrjevnju vodu (spremnik u spremniku) te se na taj način štedi prostor prilikom njegove ugradnje. Kako bi se generirana toplina dovela do prostorija koriste se ogrjevnja tijela. U slučaju promatranog završnog rada, niskotemperaturno centralno grijanje prostorije, tj. podno grijanje. Navedena izvedba od velikog je interesa jer ne zauzima površinu unutar same prostorije te se takvom izvedbom približavamo idealnom rasponu temperatura unutar same prostorije. Kao i u prethodnom slučaju najveći nedostatak očituje se u financijskom ulaganju te zatjevnom održavanju. Za pravilan rad cijelog sustava koristi se automatska regulacija koja se sastoji od osjetnika temperature spremnika PTV-a, sekundarnog kruga, sučelja za upravljanje itd. Osobno smatram kako bi svaka dizalica topline, ovisno o veličini i broj ukućana, trebala biti potpomognuta

solarnim kolektorima koji bi bili povezani s podnim grijanjem. Na taj način manje je opterećenje rada dizalice topline, te smatram kako bi u cijeli sustav također bilo poželjno ugraditi fotonaponske panele zbog povećane proizvodnje struje cijelog kućanstva. Navedene investicije biti će velike, međutim nakon povrata investicije, stambeni objekt postaje energetska neovisan te se time postiže željeni cilj.

POPIS LITERATURE

[1] Predavanja iz kolegija „Tehnika grijanja“ ; prof.dr.sc. Igor Wolf, Tehnički fakultet Rijeka

[2] Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama

[3] Metodologija proračuna toplinskih gubitaka prema normi HRN EN 12831

[4] Recknagel, H.: „Grijanje i klimatizacija“ , Sprenger, Schramek, Čeperković, 2002, Vrnjačka Banja

[5] Katalog proizvođača Mitsubishi Electric

[6] Katalog proizvođača Centrometal

[7] Katalog proizvođača Viessmann

[8] Katalog proizvođača Harreither

[9] Katalog proizvođača Herz

[10] Katalog proizvođača Irsap

[11] Katalog proizvođača IMI HEIMEIER

[12] Katalog proizvođača Grundfos

[13] Katalog proizvođača Elbi

[14] Katalog proizvođača Varem

[15] Katalog proizvođača neoTHERM

[16] Katalog proizvođača Seltron

Web stranice :

[17] <https://www.bosch-homecomfort.com/hr/hr/stambeni/korisne-informacije/dizalice-topline-savjeti/dizalica-topline-funkcija-i-prednosti/>

[18] <https://regulator.hr/savjeti/podno-ili-radijatorsko-grijanje/>

[19] <https://korak.com.hr/korak-009-ozujak-2005-podno-grijanje/>

[20] https://www.pipelife.hr/visokogradnja/grijanje-hladenje/plosno-grijanje-hladenje/mokra-ugradnja/podno.html#imageGallery-items3_copy-imagegallery-2

[21] <https://korak.com.hr/korak-029-ozujak-2010-dizalice-topline-1-dio/>

SAŽETAK I KLJUČNE RIJEČI

Sažetak

U završnom radu projektiran je sustav grijanja i pripreme potrošne tople vode za obiteljsku kuću u Kostreni. Sustav se sastoji od kompresorske dizalice topline zrak-voda, sunčevih toplinskih kolektora, spremnika osjetne topline i ostalih potrebnih elemenata. Predviđeno je podno grijanje prostorija. Odgovarajući broj sunčevih kolektora i izvedba akumulacijskog spremnika utvrđeni su na temelju tehno-ekonomske analize. Proračuni isporučene i primarne energije izvršeni su u računalnom alatu KI Expert Plus. Najpovoljnijim rješenjem pokazao se sustav koji se sastoji od četiri sunčeva kolektora te akumulacijskog spremnika u izvedbi spremnik-u-spremniku, kod koje je spremnik potrošne tople vode uronjen u ogrjevnu vodu. Za konačno usvojenu izvedbu sustava provedeni su svi potrebni strojarski priručnici, odabrana oprema, te je pripremljena nacrtana dokumentacija.

Ključne riječi: niskoenergetske kuće, sustavi grijanja, dizalice topline, solarni kolektori, spremnici osjetne topline, tehno-ekonomska analiza

Abstract

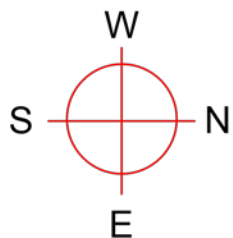
In the final work, a heating system and hot water preparation for a family house in Kostrena was designed. The system consists of an air-water compressor heat pump, solar thermal collectors, a sensible heat tank and other necessary elements. Underfloor heating is planned for this project. The appropriate number of solar collectors and the performance of the storage tank were determined on the basis of a techno-economic analysis. Calculations of delivered and primary energy were performed in computer tool KI Expert Plus. The most favorable solution turned out to be a system consisting of four solar collectors and a storage tank in a tank-in-a-tank design, where the hot water tank is immersed in the heating water. For the finally adopted implementation of the system, all necessary mechanical manuals were implemented, equipment was selected, and design documentation was prepared.

Key words : low-energy houses, heating system, heat pumps, solar collectors, sensible heat tanks, techno-economic analysis

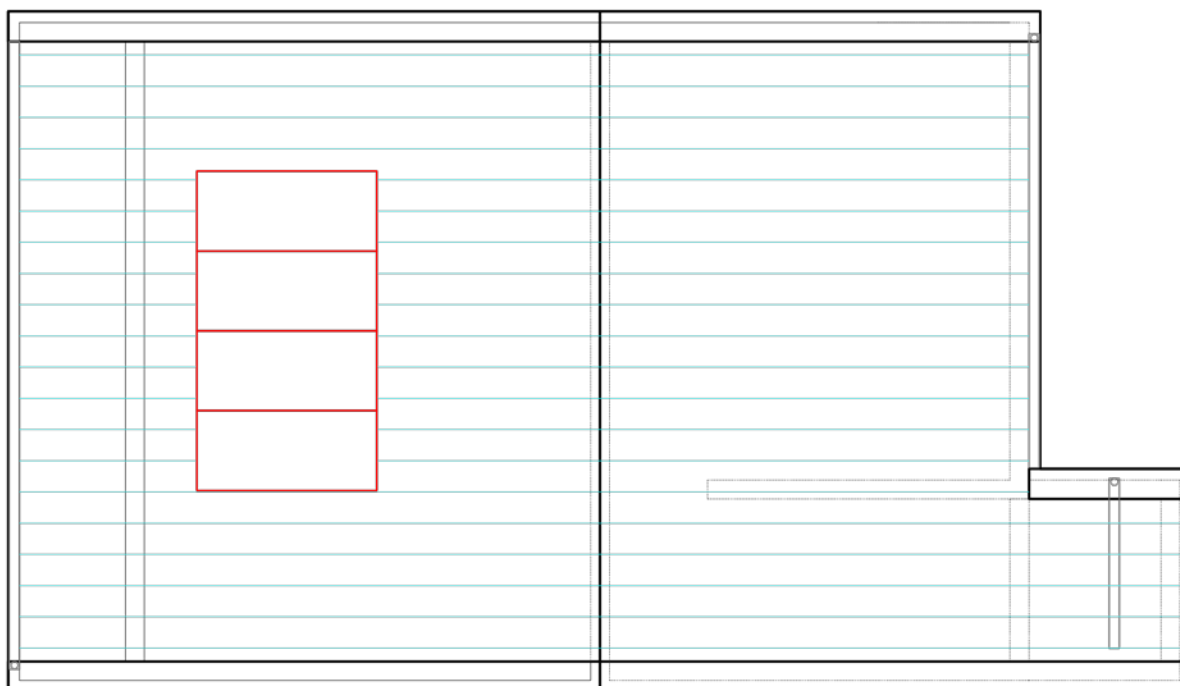
PRILOZI


1. Solarni kolektori „Vitosol 100-FM“
2. Podno grijanje – prizemlje
3. Podno grijanje – kat
4. Spajanja sustava grijanja i pripreme potrošne tople vode

Legenda :



Solarni kolektor
Vitosol 100-FM



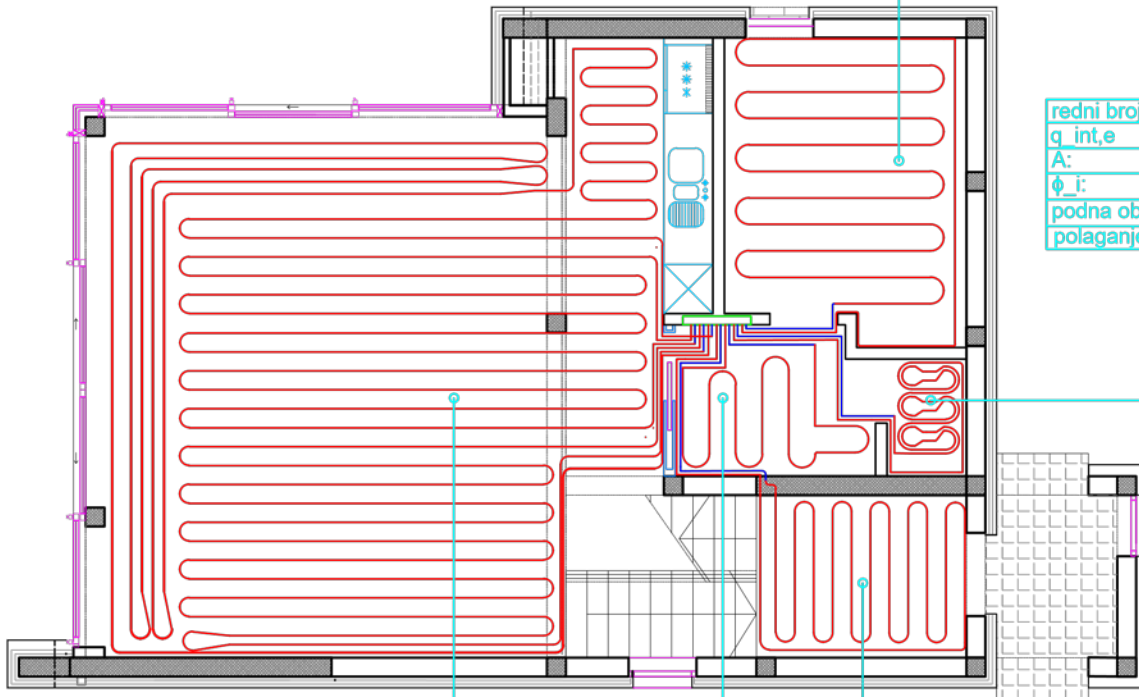
Ime i prezime: Matej Zeneral		Datum: 10.9.2024.	Prilog (broj): 1	Mjerilo: M 1:100
 Sveučilište u Rijeci TEHNIČKI FAKULTET 51000 RIJEKA, Vukovarska 58, HRVATSKA	List/listova: 1/4	Broj crteža: 1		
	Naziv dijela: Solarni kolektori			

Legenda:

Ormarić
podnog grijanja

redni broj:	04
q _{int,e} :	15 °C
A:	12,3 m ²
φ _i :	430 W
podna ob.:	keram. pl
polaganje:	EV35


redni broj:	03
q _{int,e} :	24 °C
A:	1,6 m ²
φ _i :	361 W
podna ob.:	keram. pl
polaganje:	EV5



redni broj:	01
q _{int,e} :	20 °C
A:	55,4 m ²
φ _i :	4309 W
podna ob.:	keram. pl
polaganje:	EV35
rubna zona:	EV35

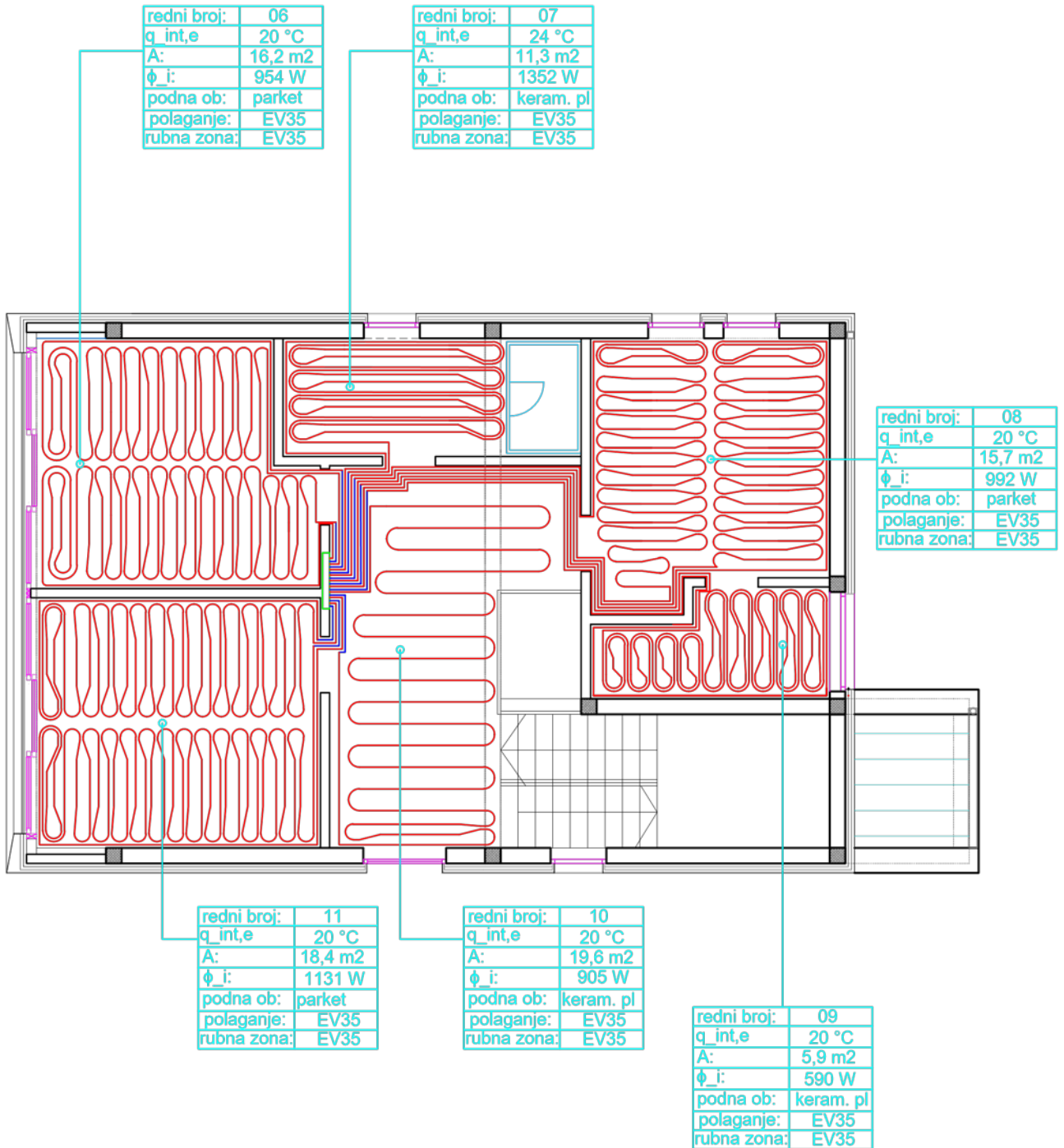
redni broj:	02
q _{int,e} :	20 °C
A:	5,1 m ²
φ _i :	257 W
podna ob.:	keram. pl
polaganje:	EV35


redni broj:	05
q _{int,e} :	20 °C
A:	11,4 m ²
φ _i :	1081 W
podna ob.:	keram. pl
polaganje:	EV25

Ime i prezime: Matej Zeneral	Datum: 10.9.2024.	Prilog (broj): 2	Mjerilo: M 1:100
 Sveučilište u Rijeci TEHNIČKI FAKULTET 51000 RIJEKA, Vukovarska 58, HRVATSKA	List/listova: 2/4	Broj crteža: 2	
	Naziv dijela: Podno grijanje - prizemlje		











Legenda:

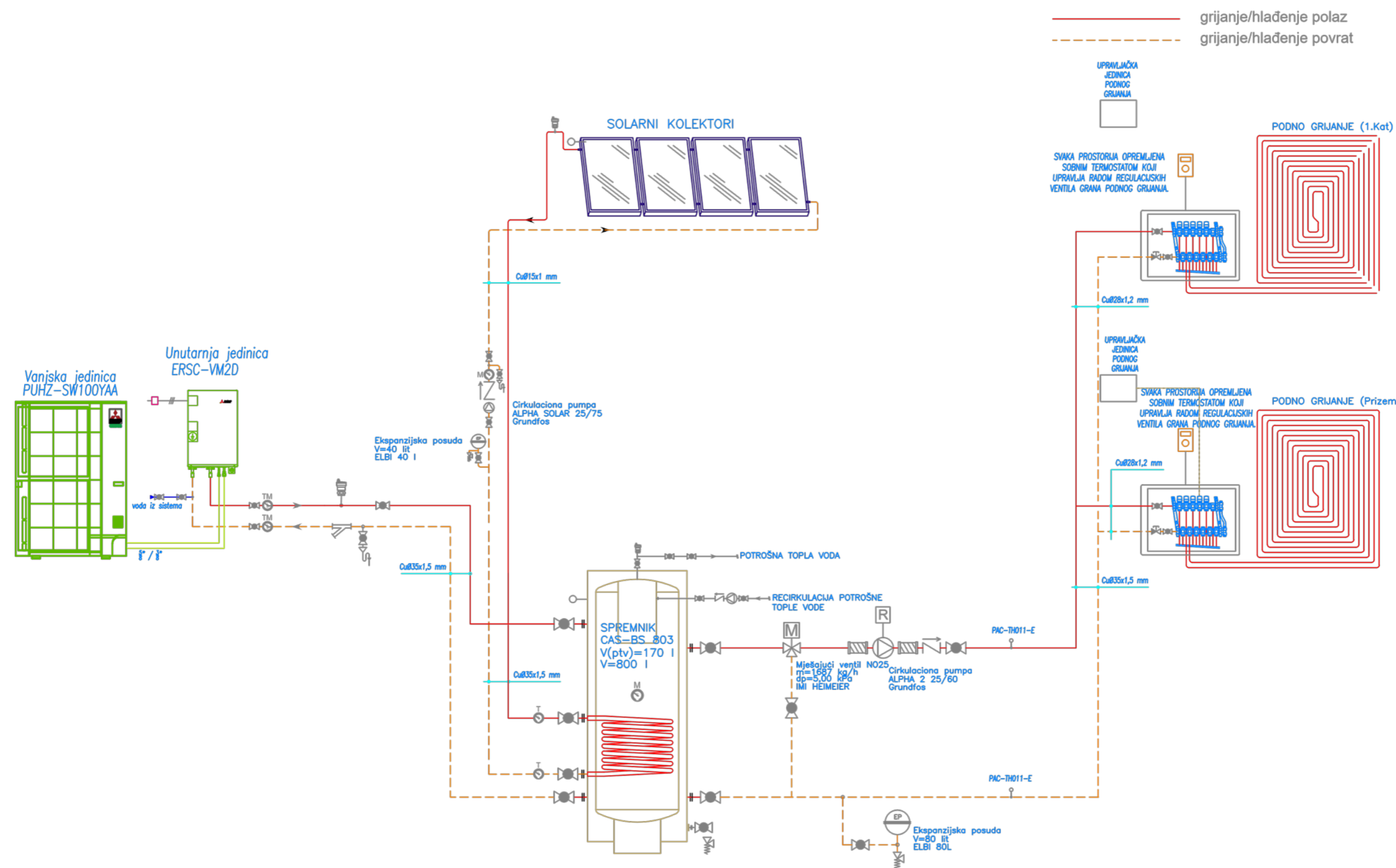
Ormarić
podnog grijanja





Ime i prezime: Matej Zeneral	Datum: 10.9.2024.	Prilog (broj): 3	Mjerilo: M 1:100
 Sveučilište u Rijeci TEHNIČKI FAKULTET 51000 RIJEKA, Vukovarska 58, HRVATSKA	List/listova: 3/4	Broj crteža: 3	
	Naziv dijela: Podno grijanje - kat		

LEGENDA

-  Sonda
-  Sobni termostat
-  Releji
-  Troputni elektromagnetski ventil za miješanje
-  Termometar
-  Manometar
-  Termomanometar
-  Zaporni ventil
-  Regulacijski ventil
-  Nepovratni ventil
-  Filter
-  Ublaživač vibracija
-  Cirkulacijska pumpa
-  Sigurnosni ventil
-  Ispusni ventil
-  Ekspanzijska posuda
-  Ventili za odzračivanje zraka



Br. re.	Datum	Inicijali		Datum	Ime i prezime	Potpis		
			Nacrtao:	10.09.2024	Matej Zeneral			
			Provjerio:					
			Odobrio:					
 <p>Sveučilište u Rijeci TEHNIČKI FAKULTET 51000 RIJEKA, Vukovarska 58, HRVATSKA</p>						Prilog (broj): 4		Akad. god.: 23/24
				Naziv sklopa: Spajanje sustava grijanja i pripreme potrošne vode		Broj skl. crteža: Nacrtao:		List/listova: 4/4
						Program broj: Nacrtao:		Format: A3