

# Energetska obnova obiteljske kuće na otoku Krku

---

**Numić, Dario**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2023**

*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:190:327607>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-08-28**



*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U RIJECI  
**TEHNIČKI FAKULTET**

Sveučilišni prijediplomski studij strojarstva

Završni rad

**ENERGETSKA OBNOVA OBITELJSKE KUĆE NA OTOKU  
KRKU**

Rijeka, svibanj 2023.

Dario Numić

0069083853

SVEUČILIŠTE U RIJECI  
**TEHNIČKI FAKULTET**

Sveučilišni prijediplomski studij strojarstva

Završni rad

**ENERGETSKA OBNOVA OBITELJSKE KUĆE NA OTOKU  
KRKU**

Mentor: prof. dr. sc. Igor Wolf

Rijeka, svibanj 2023.

Dario Numić

0069083853

**SVEUČILIŠTE U RIJECI**  
**TEHNIČKI FAKULTET**  
POVJERENSTVO ZA ZAVRŠNE ISPITE

Rijeka, 16. ožujka 2022.

Zavod: **Zavod za termodinamiku i energetiku**  
Predmet: **Tehnika grijanja**  
Grana: **2.11.02 procesno energetska strojarstvo**

## ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Pristupnik: **Dario Numić (0069083853)**  
Studij: **Preddiplomski sveučilišni studij strojarstva**

Zadatak: **Energetska obnova obiteljske kuće na otoku Krku / Energy Refurbishment of a Family House on the Island of Krk**

### Opis zadatka:

U radu je potrebno utvrditi energetska i ekonomski najpovoljnije rješenje energetske obnove postojećega stambenog objekta na otoku Krku. Projekt energetske obnove mora obuhvatiti izvedbu vanjske ovojnice objekta te sustava grijanja, ventilacije i pripreme potrošne tople vode. U sklopu tehnno-ekonomske analize, potrebno je izračunati godišnju potrošnju toplinske energije za grijanje objekta, primarnu energiju i emisije CO<sub>2</sub>, te ukupne godišnje troškove, za nekoliko različitih mogućih izvedbi termotehničkih sustava. Troškovno najpovoljnije rješenje valja obraditi u obliku glavnoga strojarškog projekta, s proračunima, odabirom opreme, nacrtom dokumentacijom i troškovnikom.

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

*Dario Numić*

Zadatak uručen pristupniku: 21. ožujka 2022.

Mentor:



Izv. prof. dr. sc. Igor Wolf

Predsjednik povjerenstva za  
završni ispit:



Prof. dr. sc. Kristian Lenić

## IZJAVA

Prema članku 8. Pravilnika o završnom radu, završnom ispitu i završetku sveučilišnog prijediplomskog studija strojarstva Tehničkog fakulteta Sveučilišta u Rijeci izjavljujem da sam završni rad pod temom „Energetska obnova obiteljske kuće na otoku Krku“ pod vodstvom mentora prof. dr. sc. Igora Wolfa, u razdoblju od listopada 2022. do svibnja 2023. izradio samostalno.

## ZAHVALA

Zahvaljujem se mentoru prof. dr. sc. Igoru Wolfu za vođenje kroz završni rad i izdvojenom vremenu tijekom njegova pisanja.

# SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. OPIS OBJEKTA I POSTOJEĆEG STANJA.....	3
3. ENERGETSKA OBNOVA KUĆE .....	6
3.1. Odabir toplinske izolacije.....	7
3.2. Proračun građevnih dijelova kuće – KI Expert Plus.....	9
3.3. Detaljan proračun toplinskih gubitaka.....	15
3.4. Proračun i odabir spremnika za pripremu potrošne tople vode.....	17
4. OPIS TERMOTEHNIČKIH SUSTAVA GRIJANJA.....	20
4.1. Kotao na pelete.....	20
4.1.1. Kotao na pelete s radijatorima.....	20
4.1.2. Kotao na pelete s podnim grijanjem .....	22
4.2. Dizalica topline .....	23
4.2.1. Dizalica topline s radijatorima .....	23
4.2.2. Dizalica topline s podnim grijanjem .....	25
4.3. Godišnja potrošnja energije za sustave grijanje.....	26
4.4. Konačni odabir centralnog sustava grijanja .....	27
5. RAZRADA ODABRANOG TERMOTEHNIČKOG SUSTAVA.....	28
5.1. Princip rada dizalice topline .....	28
5.1.1. Odabir dizalice topline.....	31
5.2. Proračun radijatora.....	33
5.3. Odabir termotehničke opreme.....	35
5.3.1. Dimenzioniranje cjevovoda i provjera cirkulacijske pumpe .....	35
5.3.2. Provjera ekspanzijske posude.....	39
6. TEHNIČKI OPIS SUSTAVA.....	42
6.1. Sustav grijanja .....	42

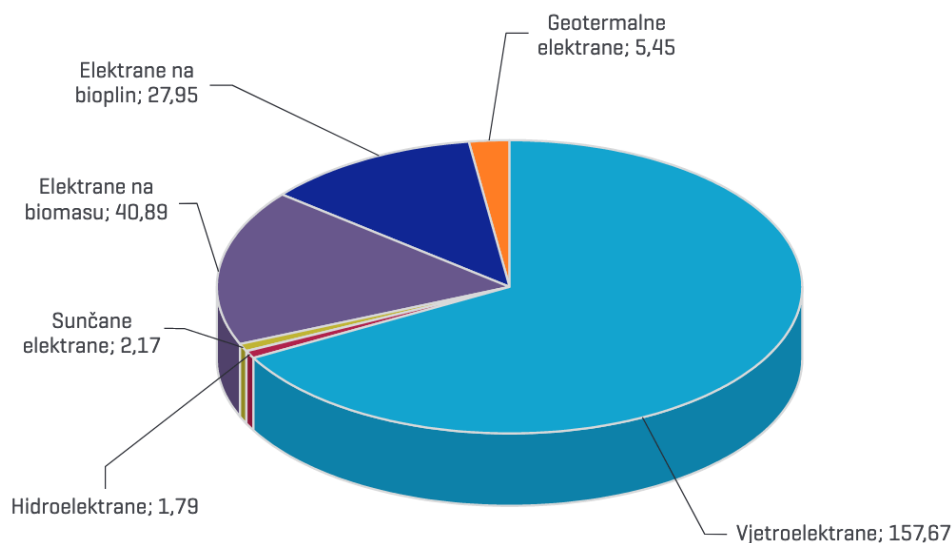
6.2. Sustav pripreme PTV-a .....	43
7. ZAKLJUČAK .....	44
LITERATURA.....	45
SAŽETAK.....	46
SUMMARY .....	47
POPIS PRILOGA .....	48



## 1. UVOD

Tema obnovljivih izvora energija svakodnevno se proteže kroz javni prostor na televiziji i u svakodnevnim diskusijama ekonomskih stručnjaka kao najbolje rješenje u dobu energetske krize. Mnogobrojne industrije ulažu enormne količine novaca u nadi pronalaženje novih tehnologija koje će omogućiti njihovo optimalno iskorištavanje. Rast sektora obnovljivih izvora energija doživio je nevjerojatni procvat praćen s povećanjem interesa javnosti suočene sa problemima globalnog zatopljenja uzrokovanog uporabom i izgaranjem fosilnih goriva. Alarmantni i katastrofalni utjecaj na naš okoliš i čistoću zraka potaknuo je mnoge zemlje čije su vlade stvorile poticajne fondove namijenjene firmama koje razvijaju tzv. “zelenu tehnologiju”. Ključni razlog zamjene fosilnih goriva iz ekonomskog aspekta je njihova ograničenost, koja rezultira godišnjim povećanjem cijena što direktno utječe na svjetsko tržište. Unatoč relativnoj niskoj upotrebi obnovljive energije, u budućnosti se predviđa da će zauzeti preko 30% sveukupne energije europskog tržišta. Istovremeno ovisnost zemalja potrošača o zemljama dobavljačima prestaje isključivo biti ekonomski problem država, već ima strateško značenje koje uvjetuje budućnost.

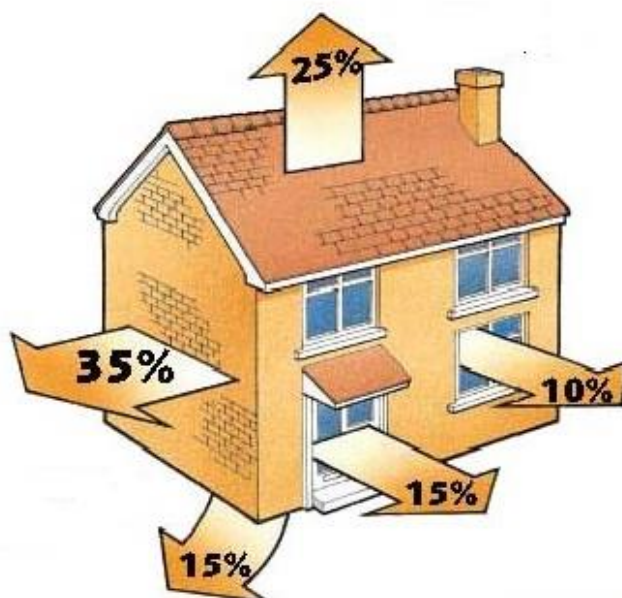
U Republici Hrvatskoj u 2020. godini obnovljivi izvori energije (OEI) činili su 35% svih izvora energije u državi [1]. Unatoč tome državna strategija do 2030. godine je povećanje udjela na 50% povećanjem snage i proizvodnje postojećih hidroelektrana, izgradnjom novih te ulaganjem u vjetroelektrane, sunčane elektrane i ostale obnovljive izvore energije [2]. Jednako tako državni poticaji za energetske obnovu postojećih objekata iz europskih fondova su jedna od ključnih mjera kojima se motiviraju građani za rekonstrukciju stambenog prostora i smanjenje potrošnje energije za grijanje i hlađenje tijekom godine.



Slika 1.1. Struktura proizvodnje električne energije iz OEI [2]

Kroz ovaj projekt će se pokazati primjer energetske obnove postojeće obiteljske kuće koja nije izolirana prema modernim standardima s ciljem postizanja kuće visokih energetske svojstava s minimalnom potrošnjom energije (slika 1.2.). Kuće visokih energetske svojstva nazivamo kućama gotovo nulte energije (engl. nearly zero energy buildings, nzeb). Unutar rada obuhvaćen je i izbor novih termotehničkih sustava između kojih će se odabrati najpovoljnije rješenje.

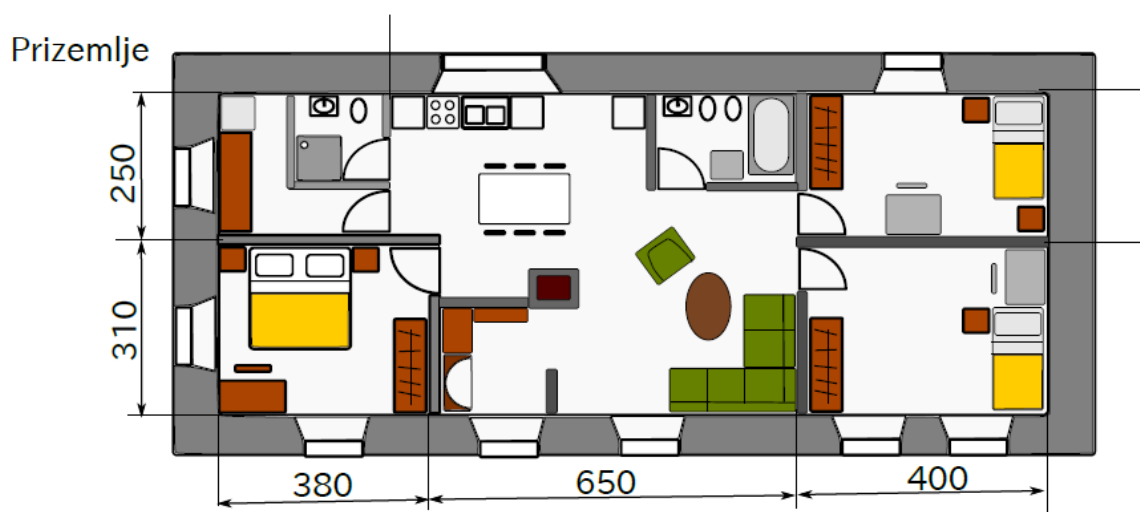
Sva novogradnja podvrgnuta je strogim regulativama i normama propisanim u Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama. U njemu su propisani tehnički zahtjevi u pogledu racionalne uporabe energije i toplinske zaštite koje treba ispuniti prilikom projektiranja rekonstrukcije postojećih i novih zgrada.



Slika 1.2. Simbolični prikaz gubitaka topline [3]

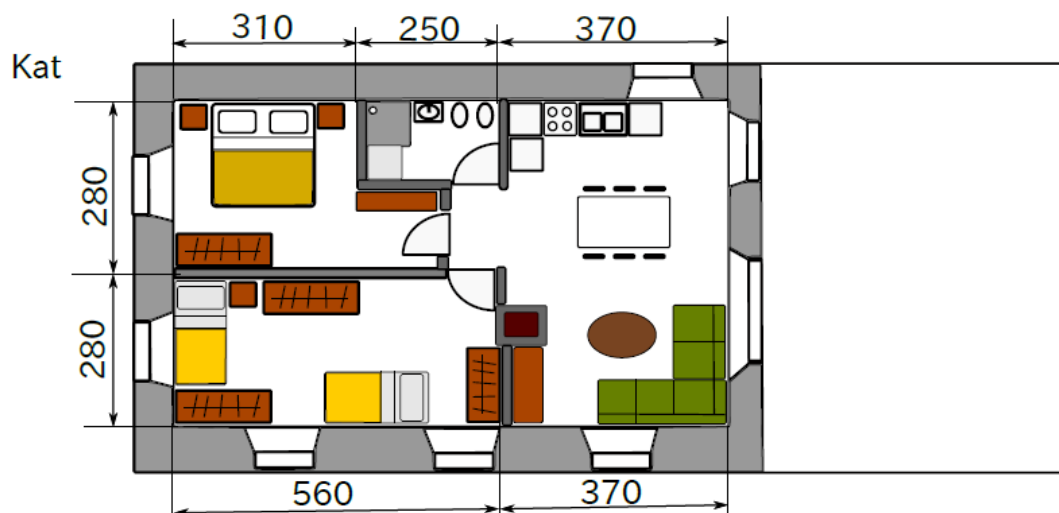
## 2. OPIS OBJEKTA I POSTOJEĆEG STANJA

Obiteljska dvoetažna kuća ukupne površine 154 m<sup>2</sup> nalazi se na otoku Krku. Etaže prizemlja i kata su međusobno odvojene te su zamišljene kao dvije odvojene cjeline nezavisne jedna o drugoj. U prizemlju se nalaze tri spavaće sobe, dvije kupaonice na sjevernoj strani, dnevni boravak s kuhinjom i negrijana ostava na zapadnoj strani (slika 2.1.). Svaka prostorija ima jedan prozor, dok dnevni boravak i dvije sobe na južnoj strani imaju po dva. Kupaonice nemaju prozore. Prizemlje ima ulazna vrata koja vode direktno u dvorište objekta. Ispod dviju soba na istočnoj strani prizemlja, nalazi se podrum gdje je smještena kotlovnica sa opremom za grijanje objekta.



*Slika 2.1. Tlocrt prizemlja*

Kat je povezan pomoću vanjskih stepenica na sjevernoj strani objekta s terasom, gdje su postavljena ulazna balkonska vrata za gornju etažu (slika 2.2.). Gornja etaža je površinom manja od prizemlja zbog terase koja se proteže istočnom stranom kuće, te se nalazi iznad dviju soba u prizemlju. Etaža uključuje dvije sobe, kupaonicu i zajednički prostor dnevnog boravka i kuhinje, koji je površinski manji od sličnog prostora u prizemlju.



*Slika 2.2. Tlocrt kata*

Postojeći vanjski zidovi objekta su od prirodnog kamena debljine 70 cm i bez ikakve toplinske izolacije. Projektom obnove predviđeno je zadržavanje tih zidova, dok se svi ostali postojeći unutarnji zidovi, podovi na tlu i međukatna konstrukcija između etaža ruše. Svi ti građevni elementi izgradit će se nanovo, poštujući suvremenu praksu i normative, uz ekonomski opravdanu razinu toplinske zaštite proračunatu u radu.

U ovom radu će se definirati i sustav grijanja i pripreme potrošne tople vode pomoću kriterija funkcionalnog i ekonomski najpovoljnijeg rješenja. Potrebna energija za grijanje i pripremu potrošne tople vode (PTV), kao i krajnja energija, proračunat će se pomoću računalnog programa KI Expert Plus. Program precizno razrađuje proračun uzimajući u obzir stavke propisane u Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama.

Proračun unutar programa započinje utvrđivanjem ulaznih podataka o projektu: klimatski podaci na lokaciji objekta, projektne temperature prostorija te dimenzije objekta. Klimatski podaci se dobivaju iz baze podataka meteoroloških postaja s obzirom na odabranu lokaciju predmetnog objekta. U ovom slučaju objekt se nalazi na otoku Krku, stoga je odabrana najbliža dostupna lokacija, Zračna luka Rijeka u Omišlju (slika 2.3.).

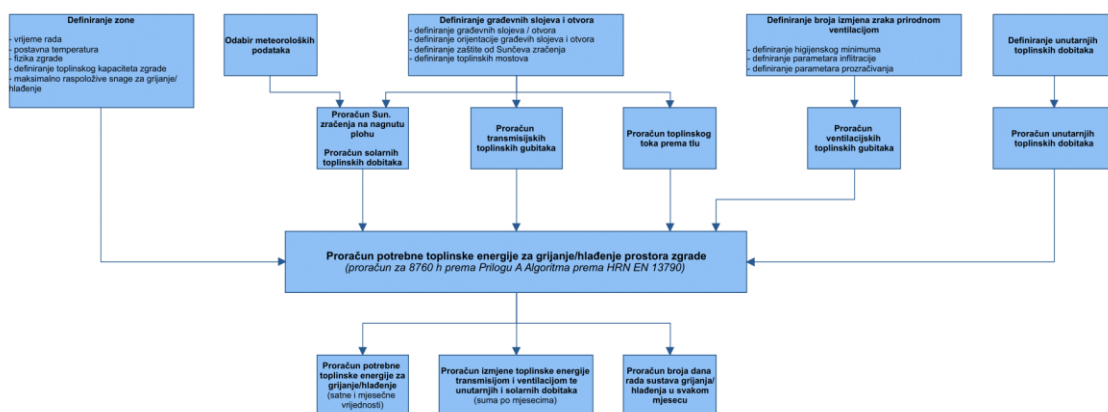
Pregled klimatoloških podataka (Rijeka Omišalj Aerodrom)													
Osnovni podaci Sunčevo zračenje (S, SE, SW) (E, W, NE, NW) (N)													
<b>Temperature zraka [°C]</b>													
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God
► min	-5.5	-3.2	-2.3	2.9	9.1	13	17	14.3	11.1	4.6	-0.4	-6.6	-6.6
m	6.1	6.5	9.4	13	18.2	22.2	24.6	24.1	18.7	14.9	10.5	7	14.7
ma>	14.4	13.6	16.6	23	26.5	30.4	31	30.5	25.7	21.6	19.7	15.9	31
<b>Relativna vlažnost zraka [%]</b>													
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God
► m	67	62	61	63	63	59	54	58	65	70	69	67	63
<b>Tlak vodene pare (Pa)</b>													
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God
► m	590	620	690	880	1200	1500	1620	1630	1470	1150	870	680	1070
<b>Brzina vjetra (m/s)</b>													
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God
►	13.6	16.6	23	26.5	30.4	31	30.5	25.7	21.6	19.7	15.9	31	2

Slika 2.3. Klimatski podaci

Etaže prizemlja i kata definirati će se kao jedna toplinska zona. Razlog tome je što se predviđa istovremena uporaba obiju etaža. Definirana je zona objekta te su upisani ulazni podaci proračuna (tablica 2.1.).

Tablica 2.1. Ulazni podaci proračuna

Ploština bruto površine kondicioniranog dijela zgrade	$A_f = 154 \text{ [m}^2 \text{]}$
Relativna unutarnja vlažnost zraka	$\varphi = 50 \text{ [%] }$
Unutarnja projektna temperatura u sezoni grijanja	$\phi_{\text{int,set,H}} = 20 \text{ [}^\circ\text{C] }$
Broj etaža	2
Obujam grijanog dijela zgrade	$V_e = 465,9 \text{ [m}^3 \text{]}$
Unutarnja projektna temperatura u sezoni hlađenja	$\phi_{\text{int,set,C}} = 24 \text{ [}^\circ\text{C] }$



Slika 2.4. Tok proračuna potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora [4]

### 3. ENERGETSKA OBNOVA KUĆE

U prošlom poglavlju utvrđena je potreba za energetskim poboljšanjem postojećeg stanja objekta. Potrebno je poboljšati toplinsku izolaciju građevnih dijelova, posebice neizoliranih vanjskih zidova s ciljem postizanja bolje toplinske ugodnosti i u konačnici financijske uštede. Postojeći unutarnji pregradni zidovi kao i međukatna konstrukcija se ruše i ponovno izvode. Građevni dijelovi koji se ne ruši su nosivi vanjski zidovi od prirodnog kamena i krov.

Obnova započinje smanjenjem toplinskih gubitaka prema vanjskom okolišu što rezultira smanjenom potrošnjom energenata. Kvalitetna izolacija vanjske ovojnice kuće je ključni uvjet za smanjenje troškova grijanja. Rješenje je ostvareno izolacijom poda, vanjskih zidova, krova te postavljanjem nove stolarije s većim toplinskim otporom prolazu topline.

Razmatra se postavljanje toplinske izolacije s vanjske strane. Vanjski zidovi imaju zadatak sprječavanja gubitaka topline, zaštitu od klimatskih utjecaja te omogućavaju akumulaciju topline. Postavljanjem toplinske izolacije na vanjske zidove postižu se relativno brzo zagrijavanje i manje razlike u temperaturama između građevnih dijelova zgrade. Zid s odgovarajućom toplinskom izolacijom smatra se toplinski stabilnim što znači da posjeduje dobru toplinsku akumulaciju, tj. sposobnost "spremanja topline" u izoliranom vanjskom građevnom dijelu objekta. Akumulacija topline razmjerna je debljini toplinske izolacije, tj. veća je s debljom izolacijom. Smanjenjem grijanja ili hlađenjem prostora akumulirana toplina se vraća natrag u prostorije te održava gotovo konstantnu temperaturu u njima pomoću zračenja topline. Debljina i redosljed slojeva izolacije građevnog dijela utječu na njegova toplinska svojstva. Pritom treba znati da redosljed slojeva izolacije bitno uvjetuje raspored temperatura. Preporuča se izbjegavanje ugradnju toplinske izolacije s unutrašnje strane zbog zanemarive sposobnosti akumulacije topline, mogućnosti nastanka toplinskih mostova i kondenzata na tim mjestima. Toplinski mostovi su mjesta smanjena otpora prolaza topline u odnosu na osnovnu konstrukciju građevnog dijela u kojoj se nalazi.

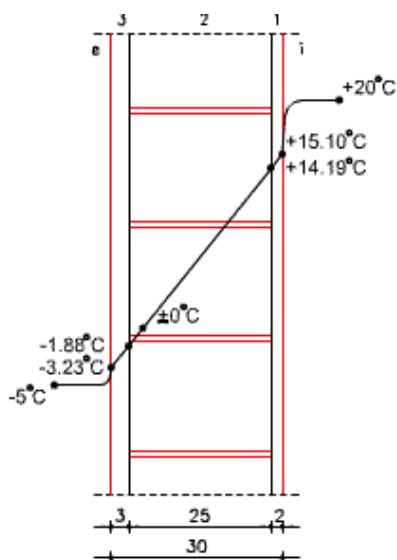
Nepovoljno pozicioniranje toplinske izolacije s unutrašnje strane zida ili stropa prema negrijanom ili vanjskom prostoru može rezultirati pojavom kondenzacije vodene pare unutar konstrukcije. Uslijed toga nastaju građevinske štete unutar građevnih elemenata (vlaga).

Akumulacija topline ovisi o debljini i redosljedu slojeva. Postavljanjem izolacijskog sloja bliže vanjskoj negrijanoj površini, ostvarujemo veću akumulaciju. Sa visokim toplinskim kapacitetom, slojevi nosivog dijela zida postavljaju se bliže unutrašnjoj površini te se zaštićuju od vanjskih uvjeta toplinskom zaštitom.

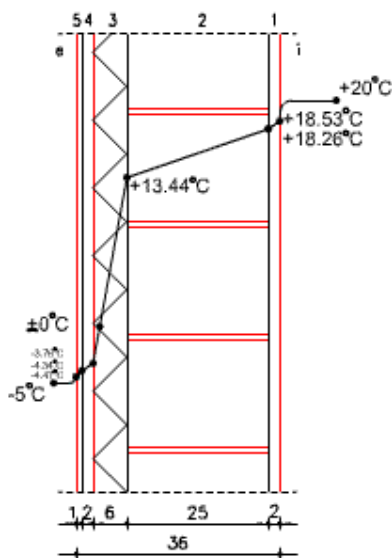
### 3.1. Odabir toplinske izolacije

Definirat će se predloženi slojevi materijala izolacije vanjskih zidova, krova i poda s njihovim debljinama. Odabrani rasporedi slojeva materijala uzeti su iz danih primjera građevnih dijelova KI Experta Plus programa.

Postojeći vanjski zidovi od prirodnog kamena debljine 70 cm neadekvatno su izolirani, te je predviđeno postavljanje toplinske izolacije s njihove vanjske strane zbog bolje akumulacije topline. Prilikom selekcije materijala koji će se koristiti za izolaciju vanjskih zidova, uzima se u obzir fizika zgrade, što niža toplinska vodljivost materijala, toplinski kapacitet materijala te požarna otpornost materijala. U slučaju zapaljenja materijali moraju imati sposobnost samogasivosti te ne smiju oslobađati otrovne plinove štetne za ljude. Jednako tako se pri odabiru materijala gleda i ekonomska prihvatljivost izvedbe građevnog dijela.



Slika 3.1. Vanjski zid izrađen od šuplje opeke od gline [5]



Slika 3.2. Vanjski zid izrađen s vanjskom toplinskom izolacijom [5]

Najčešći materijali koji se upotrebljavaju za izolaciju vanjskih zidova su: kamena vuna, staklena mineralna vuna, ekspanzirani polistiren (stiropor) i stirodur. Razlika između stirodura i stiropora jest u tome, što stirodur izdržava veće opterećenje i pritisak na površinu te ga zbog toga koristimo u izoliranju hodnih površina poput podova. Istovremeno se koristi i kao hidroizolacija za vlažnije prostore, primjerice podruma, ali se ne smije upotrebljavati na mjestima izložena vatri. U usporedbi sa stirodurom, stiropor je iznimno lagan i dostupan materijal, bez mirisa, s paropropusnom sposobnošću. Unatoč tome njegovo zapaljenje je iznimno opasno jer tada stvara štetne plinove. Pri odabiru materijala uspoređuju se karakteristike toplinska vodljivost  $\lambda$  i faktor otpora difuziji vodene pare  $\mu$ . Okvirno preporučeni koeficijent prolaza topline ( $U$ ) s kojim bi se postigla zadovoljavajuća toplinska zaštita objekta iznosi  $0,45 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . U tablici 3.1. uspoređena su svojstva često korištenih toplinsko-izolacijskih materijale.

*Tablica 3.1. Toplinsko - izolacijski materijali*

Toplinsko-izolacijski materijal	Gustoća $\rho$ , $\text{kg}/\text{m}^3$	Toplinska provodljivost $\lambda$ , $\text{W}/(\text{mK})$	Potrebna debljina za $U=0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , cm	Faktor otpora difuziji vodene pare, $\mu$
Mineralna vuna	10 do 200	0,035 do 0,050	9 – 11	1
Ekspanzirani polistiren (EPS)	15 do 30	0,035 do 0,040	9 – 10	60
Ekstrudirana polistirenska pjena (XPS)	$\geq 25$	0,030 do 0,040	8 - 10	150
Tvrda poliuretanska pjena (PUR)	$\geq 30$	0,020 do 0,040	7 - 9	60

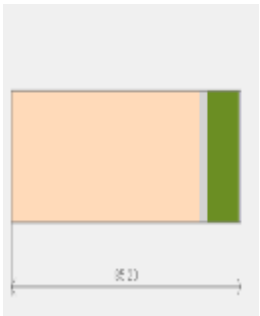
Iz preporuke Knauf Insulation škole [6] izoliranja odabrane su Knauf Insulation ploče za kontaktne fasade FKD-N. Niz karakteristika od izvrsne vrijednosti toplinske vodljivosti  $\lambda = 0,034 \text{ W}/(\text{mK})$ , smanjene dimenzije ploče koja omogućava lakše rukovanje te izuzetne paropropusne, toplinske, zvučne i protupožarne izolacije vanjskog zida predstavljaju adekvatno rješenje izolacije vanjskog zida u ovom projektu. Odabirom materijala, određuje se debljina izolacije s ciljem da zadovolji potrebnu toplinsku zaštitu, a da je istovremeno prihvatljivo ulaganje. Toplinska vodljivost  $\lambda$  određuje debljinu izolacije, pri čemu debljina izolacije može biti manja što je  $\lambda$  niža.



### 3.2. Proračun građevnih dijelova kuće - KI Expert Plus

Za određivanje potrebne debljine izolacije koristit će ranije naveden proračun u programu KI Expert Plus. Na postojeći sloj od prirodnog kamena dodat će se odabrane ploče ekspandiranog polistirena. Postojeći vanjski zidovi nisu toplinski izolirani i ne zadovoljavaju zahtjeve Tehničkog propisa, prema kojem je maksimalna dopuštena vrijednost koeficijenta prolaza topline  $U = 0,45 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Usporedit će se dvije različite debljine iste izolacijske ploče, kako bi se pokazala razlika dobivene godišnje potrebne energije za grijanje (tablice 3.2. – 3.5.) .

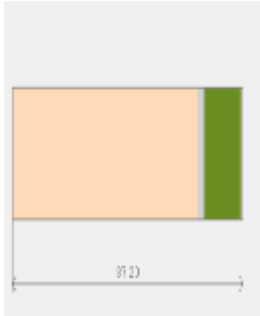
Tablica 3.2. Opći podaci o građevnom dijelu - vanjski zid

Opći podaci o građevnom dijelu										
	$A_{gd} [\text{m}^2]$	$A_I$	$A_Z$	$A_S$	$A_J$	$A_{SI}$	$A_{SZ}$	$A_{JI}$	$A_{JZ}$	
	228.77	42.35	32.67	73.89	79.86	0.00	0.00	0.00	0.00	
	<b>Toplinska zaštita:</b>			$U [\text{W}/\text{m}^2 \text{K}] = 0.24 \leq 0.45$			ZADOVOLJAVA			
	<b>Površinska vlažnost:</b> (Rizik okruženja s plijesni $\varphi_{si} \leq 0,8$ )			$fR_{si} = 0.54 \leq 0.94$			ZADOVOLJAVA			
	<b>Unutarnja kondenzacija:</b>			$\Sigma M_{a, \text{god}} = 0,00$			ZADOVOLJAVA			
<b>Dinamičke karakteristike:</b>			$1467.52 \geq 100 \text{ kg}/\text{m}^2$ $U = 0.24 \leq 0.45$			ZADOVOLJAVA				

Tablica 3.3. Slojevi građevnog dijela vanjskog zida za debljinu izolacije 12 cm

	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog	$d[\text{cm}]$	$\rho[\text{kg}/\text{m}^3]$	$\lambda[\text{W}/\text{mK}]$	$R[\text{m}^2 \text{K}/\text{W}]$
1	1.15 Prirodni kamen	70.000	2000.00	1.400	0.500
2	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2.000	1800.00	1.000	0.020
3	Polimerno-cementno ljepilo	0.500	1650.00	0.900	0.006
4	Knauf Insulation ploča za kontaktne fasade	12.000	95.00	0.034	3.529
5	Polimerno-cementno ljepilo armirano	0.500	1650.00	0.900	0.006
6	Impregnacijski predpremaz	0.002	1100.00	1.600	0.000
7	3.16 Silikatna žbuka	0.200	1800.00	0.900	0.002

Tablica 3.4. Opći podaci o građevnom dijelu - vanjski zid

Opći podaci o građevnom dijelu										
	$A_{gd}$ [m <sup>2</sup> ]	$A_I$	$A_Z$	$A_S$	$A_J$	$A_{SI}$	$A_{SZ}$	$A_{JI}$	$A_{JZ}$	
	228.77	42.35	32.67	73.89	79.86	0.00	0.00	0.00	0.00	
	<b>Toplinska zaštita:</b>			$U$ [W/m <sup>2</sup> K] = 0.21 ≤ 0.45			ZADOVOLJAVA			
	<b>Površinska vlažnost:</b> (Rizik okruženja s plijesni $\varphi_{si} \leq 0,8$ )			$f_{Rsi} = 0.54 \leq 0.95$			ZADOVOLJAVA			
	<b>Unutarnja kondenzacija:</b>			$\Sigma M_{a,god} = 0,00$			ZADOVOLJAVA			
<b>Dinamičke karakteristike:</b>			$1469.42 \geq 100$ kg/m <sup>2</sup> $U = 0.21 \leq 0.45$			ZADOVOLJAVA				

Tablica 3.5. Slojevi građevnog dijela vanjskog zida za debljinu izolacije 14 cm

	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog	$d$ [cm]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\lambda$ [W/mK]	$R$ [m <sup>2</sup> K/W]
1	1.15 Prirodni kamen	70.000	2000.00	1.400	0.500
2	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2.000	1800.00	1.000	0.020
3	Polimerno-cementno ljepilo	0.500	1650.00	0.900	0.006
4	Knauf Insulation ploča za kontaktne fasade	14.000	95.00	0.034	4.118
5	Polimerno-cementno ljepilo armirano	0.500	1650.00	0.900	0.006
6	Impregnacijski predpremaz	0.002	1100.00	1.600	0.000
7	3.16 Silikatna žbuka	0.200	1800.00	0.900	0.002

Tablica 3.6. Godišnja potrebna energija za grijanja za dvije debljine izolacije

Debljina izolacije	$Q''_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
12 cm	61,54
14 cm	59,14

Uspoređujući godišnju potrebnu energiju za grijanje  $Q''_{H,nd}$  za slučaj postavljanja izolacije debljine 12 cm i 14 cm (tablica 3.6.), slijedi zaključak da za izolaciju debljine 12 cm vrijednost prelazi maksimalnu dopuštenu vrijednost  $Q''_{H,nd}$  koja iznosi 60 kWh/(m<sup>2</sup>a). Stoga se za optimalno rješenje odabire Knauf Insulation ploče za kontaktne fasade FKD-N debljine 14 cm.



Slika 3.3. Kamena mineralna vuna - FKD-N Thermal [6]

Pod na tlu u prizemlju se sastoji od nabijenog pijeska, betona, bitumenske trake s uloškom od staklenih voala, geotekstila, toplinske izolacije debljine 14 cm (slojevi ekstrudirane polistirenske pjene i AluPlus parne brane HOMESEAL LDS 100), armiranog cementnog estriha te završnog sloja keramičkih pločica.

Krovnu konstrukciju u ravnoj izvedbi čine slojevi armiranog betona, toplinska izolacija debljine 22 cm (AluPlus parne brane za ravne krovove HOMESEAL LDS 200, Knauf Insulation ploče za ravne krovove SmartRoof i SmartRoof TOP), geotekstila i polimerno hidroizolacijska traka na bazi FPO/TPO. Parnom branom se smanjuje ili prekida difuziju vodene pare kroz građevni dio, a da pritom sprječava kondenzaciju vodene pare.

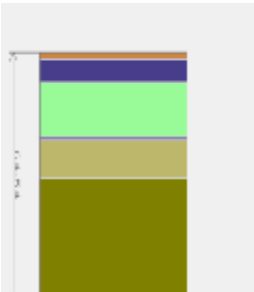
Iznad spavaćih soba u prizemlju na istočnoj strani kuće se nalazi terasa za pristup gornjoj etaži objekta. Ta terasa ujedno je ravni krov tog dijela donje etaže, koji je potrebno toplinski izolirati. Predviđeno je postavljanje toplinske izolacije debljine 22 cm.

U prizemlju na zapadnoj strani se nalazi negrijana ostava. Stoga je potrebno unutarnji zid prema ostavi dodatno izolirati zbog povećanih toplinskih gubitaka uslijed znatne razlike u temperaturi između susjednih prostorija. Debljina toplinske izolacije je 7 cm. Isto vrijedi za podrum ispod spavaćih soba u prizemlju debljine toplinske izolacije 20 cm.

U proračunu u programu KI Expert Plus definiraju se i otvori objekta uz odgovarajuće dimenzije i zaštitu od Sunčeva zračenja.

U prizemlju se nalazi osam prozora te ulazna vrata. Kat ima sedam prozora i jedan izlaz na balkon s balkonskim vratima. Sve ostakljene površine su s dvostruko izolirajućim staklom i roletama postavljenim s vanjske strane za zaštitu od Sunčeva zračenja. U tablicama 3.7. - 3.16. popisani su materijali slojeva svih građevnih elemenata zgrade, navedene debljine tih slojeva i fizikalna svojstva materijala.

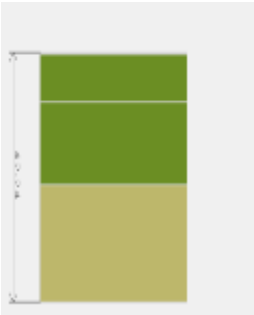
Tablica 3.7. Opći podaci o građevnom dijelu - pod na tlu

Opći podaci o građevnom dijelu										
	$A_{gd}$ [ $m^2$ ]	$A_I$	$A_Z$	$A_S$	$A_J$	$A_{SI}$	$A_{SZ}$	$A_{JI}$	$A_{JZ}$	
	77.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<b>Toplinska zaštita:</b>			$U$ [ $W/m^2 K$ ] = $0.23 \leq 0.50$				ZADOVOLJAVA		
	<b>Površinska vlažnost:</b> (Rizik okruženja s plijesni $\varphi_{si} \leq 0,8$ )			$fR_{si} = 0.00 \leq 0.94$				ZADOVOLJAVA		

Tablica 3.8. Slojevi građevnog dijela poda na tlu

	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog	$d[\text{cm}]$	$\rho[\text{kg/m}^3]$	$\lambda[\text{W/mK}]$	$R[\text{m}^2 \text{K/W}]$
1	4.03 Keramičke pločice	1.500	2300.00	1.300	0.012
2	Armirani cementni estrih	6.000	2000.00	1.600	0.038
3	HOMESEAL LDS 100 AluPlus parna brana	0.020	450.00	0.500	0.000
4	7.03 Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)	14.000	30.00	0.034	4.118
5	Geotekstil 150-200 g/m <sup>2</sup>	0.015	900.00	0.200	0.001
6	5.01 Bitum. traka s uloškom stakl. voala	1.000	1100.00	0.230	0.043
7	2.03 Beton	10.000	2400.00	2.000	-
8	6.04 Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac)	32.000	1700.00	0.810	-

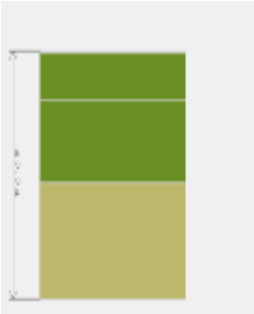
Tablica 3.9. Opći podaci o građevnom dijelu - ravni krov

Opći podaci o građevnom dijelu										
	$A_{gd} [\text{m}^2]$	$A_I$	$A_Z$	$A_S$	$A_J$	$A_{SI}$	$A_{SZ}$	$A_{JI}$	$A_{JZ}$	
	74.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	<b>Toplinska zaštita:</b>			$U [\text{W/m}^2 \text{K}] = 0.16 \leq 0.30$				ZADOVOLJAVA		
	<b>Površinska vlažnost:</b> (Rizik okruženja s plijesni $\varphi_{si} \leq 0,8$ )			$f_{Rsi} = 0.54 \leq 0.96$				ZADOVOLJAVA		
	<b>Unutarnja kondenzacija:</b>			$\Sigma M_{a, \text{god}} = 0,00$				ZADOVOLJAVA		
<b>Dinamičke karakteristike:</b>			$530.38 \geq 100 \text{ kg/m}^2$ $U = 0.16 \leq 0.30$				ZADOVOLJAVA			

Tablica 3.10. Slojevi građevnog dijela ravnog krova

	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog	$d[\text{cm}]$	$\rho[\text{kg/m}^3]$	$\lambda[\text{W/mK}]$	$R[\text{m}^2 \text{K/W}]$
1	2.01 Armirani beton	20.000	2500.00	2.600	0.077
2	HOMESEAL LDS 200 AluPlus parna brana za	0.020	500.00	0.500	0.000
3	Knauf Insulation ploča za ravne krovove	14.000	115.00	0.036	3.889
4	Knauf Insulation ploča za ravne krovove	8.000	135.00	0.038	2.105
5	Geotekstil 150-200 g/m <sup>2</sup>	0.020	900.00	0.200	0.001
6	5.10 Polim. hidro. traka na bazi FPO/TPO	0.200	1600.00	0.260	0.008

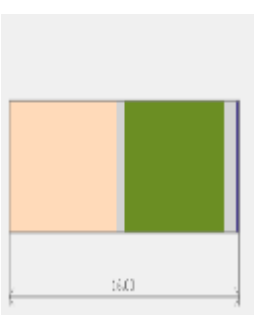
Tablica 3.11. Opći podaci o građevnom dijelu - ravni krov iznad prizemlja(terasa)

Opći podaci o građevnom dijelu										
	$A_{gd} [\text{m}^2]$	$A_I$	$A_Z$	$A_S$	$A_J$	$A_{SI}$	$A_{SZ}$	$A_{JI}$	$A_{JZ}$	
	35.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	<b>Toplinska zaštita:</b>			$U [\text{W/m}^2 \text{K}] = 0.16 \leq 0.30$				ZADOVOLJAVA		
	<b>Površinska vlažnost:</b> (Rizik okruženja s plijesni $\varphi_{si} \leq 0,8$ )			$f_{Rsi} = 0.54 \leq 0.96$				ZADOVOLJAVA		
	<b>Unutarnja kondenzacija:</b>			$\Sigma M_{a, \text{god}} = 0,00$				ZADOVOLJAVA		
<b>Dinamičke karakteristike:</b>			$530.38 \geq 100 \text{ kg/m}^2$ $U = 0.16 \leq 0.30$				ZADOVOLJAVA			

Tablica 3.12. Slojevi građevnog dijela ravnog krova iznad prizemlja (terasa)

	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog	$d[\text{cm}]$	$\rho[\text{kg/m}^3]$	$\lambda[\text{W/mK}]$	$R[\text{m}^2 \text{K/W}]$
1	2.01 Armirani beton	20.000	2500.00	2.600	0.077
2	HOMESEAL LDS 200 AluPlus parna brana za	0.020	500.00	0.500	0.000
3	Knauf Insulation ploča za ravne krovove	14.000	115.00	0.036	3.889
4	Knauf Insulation ploča za ravne krovove	8.000	135.00	0.038	2.105
5	Geotekstil 150-200 g/m <sup>2</sup>	0.020	900.00	0.200	0.001
6	5.10 Polim. hidro. traka na bazi FPO/TPO	0.200	1600.00	0.260	0.008

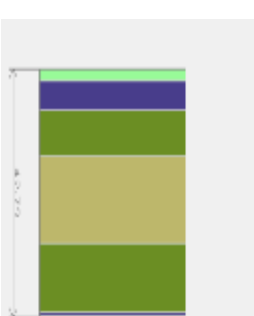
Tablica 3.13. Opći podaci o građevnom dijelu - unutarnji zid prema ostavi

Opći podaci o građevnom dijelu										
	$A_{gd} [\text{m}^2]$	$A_I$	$A_Z$	$A_S$	$A_J$	$A_{SI}$	$A_{SZ}$	$A_{JI}$	$A_{JZ}$	
	16.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	<b>Toplinska zaštita:</b>			$U [\text{W/m}^2 \text{K}] = 0.46 \leq 0.60$				ZADOVOLJAVA		
	<b>Površinska vlažnost:</b> (Rizik okruženja s plijesni $\varphi_{si} \leq 0,8$ )			$f_{Rsi} = 0.54 \leq 0.89$				ZADOVOLJAVA		
	<b>Unutarnja kondenzacija:</b>			$\Sigma M_{a, \text{god}} = 0,00$				ZADOVOLJAVA		

Tablica 3.14. Slojevi građevnog dijela unutarnjeg zida prema ostavi

	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog	$d[\text{cm}]$	$\rho[\text{kg/m}^3]$	$\lambda[\text{W/mK}]$	$R[\text{m}^2 \text{K/W}]$
1	1.08 Šuplji blokovi od gline	7.500	1100.00	0.480	0.156
2	Polimerno-cementno ljepilo	0.500	1650.00	0.900	0.006
3	Knauf Insulation lamela za kontaktne fasade	7.000	85.00	0.040	1.750
4	Polimerno-cementno ljepilo _ dvostruko	0.800	1650.00	0.900	0.009
5	Impregnacijski predpremaz	0.002	1100.00	1.600	0.000
6	Sloj za izravnavanje (glet)	0.200	1800.00	0.810	0.002

Tablica 3.15. Opći podaci o građevnom dijelu - strop iznad podruma

Opći podaci o građevnom dijelu										
	$A_{gd} [\text{m}^2]$	$A_I$	$A_Z$	$A_S$	$A_J$	$A_{SI}$	$A_{SZ}$	$A_{JI}$	$A_{JZ}$	
	32.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	<b>Toplinska zaštita:</b>			$U [\text{W/m}^2 \text{K}] = 0.18 \leq 0.30$				ZADOVOLJAVA		
	<b>Površinska vlažnost:</b> (Rizik okruženja s plijesni $\varphi_{si} \leq 0,8$ )			$f_{Rsi} = 0.54 \leq 0.96$				ZADOVOLJAVA		
	<b>Unutarnja kondenzacija:</b>			$\Sigma M_{a, \text{god}} = 0,00$				ZADOVOLJAVA		

Tablica 3.16. Slojevi građevnog dijela stropa iznad podruma

	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog	$d[\text{cm}]$	$\rho[\text{kg/m}^3]$	$\lambda[\text{W/mK}]$	$R[\text{m}^2 \text{K/W}]$
1	4.06 Drvo - tvrdo - bjelogorica	2.000	700.00	0.180	0.111
2	Armirani cementni estrih	5.000	2000.00	1.600	0.031
3	HOMESEAL LDS 100 AluPlus parna brana	0.020	450.00	0.500	0.000
4	Knauf Insulation podna ploča NaturBoard TPT	8.000	130.00	0.036	2.222
5	Polietilenska folija 0,15 mm	0.015	980.00	0.500	0.000
6	2.01 Armirani beton	15.000	2500.00	2.600	0.058
7	Polimerno-cementno ljepilo	0.050	1650.00	0.900	0.001
8	Knauf Insulation lamela za kontaktne fasade	12.000	85.00	0.040	3.000
9	Polimerno-cementno ljepilo armirano	0.500	1650.00	0.900	0.006
10	Impregnacijski predpremaz	0.002	1100.00	1.600	0.000
11	3.16 Silikatna žbuka	0.200	1800.00	0.900	0.002

Tablica 3.17. Rekapitulacija koeficijenta prolaza topline

Građevni dijelovi	Koeficijent prolaza topline $U [\text{m}^2\text{K}]$
Pod na tlu	0,23
Krovna konstrukcija	0,54
Ravni krov prizemlja (terasa)	0,16
Unutarnji zid prema ostavi	0,46
Strop iznad podruma	0,18

Prema izračunatim podacima i algoritmu programa računaju se transmisijski i ventilacijski toplinski gubici. Program daje rezultat proračuna u tabličnom obliku potrebe za toplinskom energije tijekom jedne godine za održavanje unutarnje projektne temperature zona objekta. U daljnjem procesu energetske obnove koristimo podatke iz tablice (3.18.).

Tablica 3.18. Potreba za toplinskom energije tijekom godine

Mjesec	$Q_{H, \text{tr}}$	$Q_{H, \text{ve}}$	$Q_{H, \text{ht}}$ [kWh]	$Q_{H, \text{sol}}$	$Q_{H, \text{int}}$	$Q_{H, \text{gn}}$ [kWh]	$\gamma_H$	$\eta_{H, \text{gn}}$	$\alpha_{\text{red}, H}$	$L_{H, m}$	$Q_{H, \text{nd}}$ [kWh]
MJESEČNO											
Siječanj	1,690	614	2,305	116	447	564	0.24	1.000	0.95	31.00	1,605
Veljača	1,496	535	2,032	150	404	554	0.27	0.999	0.95	28.00	1,361
Ožujak	1,357	454	1,811	201	447	649	0.36	0.997	0.93	31.00	1,066
Travanj	933	278	1,211	230	433	663	0.55	0.981	0.89	30.00	499
Svibanj	448	44	492	126	447	574	1.17	0.771	0.77	16.00	0
Lipanj	0	-138	-138	125	433	558	1000,0	0.001	0.71	0.00	0
Srpanj	-276	-254	-530	135	447	583	1000,0	0.001	0.71	0.00	0
Kolovoz	-242	-229	-471	129	447	577	1000,0	0.001	0.71	0.00	0
Rujan	303	24	327	120	433	553	1.69	0.577	0.71	0.00	0
Listopad	704	205	909	192	447	639	0.70	0.949	0.86	31.00	245
Studeni	1,144	399	1,543	138	433	571	0.37	0.997	0.93	30.00	893
Prosinac	1,574	576	2,150	136	447	584	0.27	0.999	0.95	31.00	1,444
UKUPNO											7113

Rezultati proračuna potrebne toplinske energija za grijanje prema Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama prikazani su u tablici 3.19.

*Tablica 3.19. Rezultat proračuna potrebne toplinske energije za grijanje*

Oplošje grijanog dijela zgrade	$A = 510.03 \text{ [m}^2 \text{]}$
Obujam grijanog dijela zgrade	$V_e = 465.91 \text{ [m}^3 \text{]}$
Faktor oblika zgrade	$f_o = 1.09 \text{ [m}^{-1} \text{]}$
Ploština korisne površine grijanog dijela	$A_k = 120.28 \text{ [m}^2 \text{]}$
Proračunska ploština korisne površine grijanog dijela	$A_k' = 120.28 \text{ [m}^2 \text{]}$
Godišnja potrebna toplina za grijanje	$Q_{H,nd} = 7113.14 \text{ [kWh/a]}$
Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici ploštine korisne površine (za stambene i nestambene zgrade)	$Q''_{H,nd} = 59.14 \text{ (max = 60.00) [kWh/m}^2 \text{ a]}$

### 3.3. Detaljan proračun toplinskih gubitaka

Proveden je proračun u kojem su izračunati projektni toplinski gubici referirajući se na normu HRN EN 12831. Sljedeće će se odrediti ukupni toplinski gubici objekta da bi se definirao termotehnički sustav. Također u prethodnom potpoglavlju su izračunati koeficijenti prolaza topline svih građevnih dijelova.

Za daljnji proračun koristimo sljedeće podatke:

- a) meteorološki podaci dobiveni u tabličnom obliku
- b) projektne temperature unutarnjih prostorija dobivene prema normi HRN EN 12831:2004
- c) obilježja zgrade (dimenzije i fizikalna svojstva)
- d) radni parametri koji se koriste kod proračuna ventilacijskih gubitaka te su prethodno definirani

Za proračun ukupnih toplinskih gubitaka prostorija analiziraju se:

- transmisijski toplinski gubici koji uzimaju u obzir toplinske tokove prema vanjskom okolišu, tlu i drugim prostorijama kroz stijenke prostorija (prozor, vrata, zid, strop, pod)
- ventilacijski toplinski gubici nastali kao posljedica izmjene topline prisilnom ili prirodnom ventilacijom prostora prema vanjskom okolišu te izmjenom topline između prostora zgrade

$$\Phi = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_{RH}$$

$\Phi$  - ukupni projektni toplinski gubici, W

$\Phi_T$  - ukupni transmisijski gubici topline, W

$\Phi_V$  - ukupni ventilacijski gubici topline, W

$\Phi_{RH}$  - dodatni toplinski učin (kompenzacija nejednolikog grijanja prostora), W

Koeficijent transmisivskih gubitaka  $\Phi_T$  računa se prema sljedećoj formuli:

$$\Phi_T = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$$

$H_{T,ie}$  – koeficijent transmisivske izmjene topline od grijana prostora prema vanjskom okolišu kroz ovojnicu zgrade, W/K

$H_{T,iue}$  – koeficijent transmisivske izmjene topline od grijana prostora prema vanjskom okolišu kroz negrijani prostor, W/K

$H_{ig}$  – koeficijent transmisivske izmjene topline od grijana prostora prema tlu, W/K

$H_{T,ij}$  – koeficijent transmisivske izmjene topline od grijana prostora prema susjednom prostoru koji se grije na nižu temperaturu, W/K.

$\theta_{int,i}$  – unutarnja projektna temperatura grijana prostora, °C

$\theta_e$  – vanjska projektna temperatura, °C.

Koeficijent ventilacijskih gubitaka  $\Phi_V$  računa se prema sljedećoj formuli:

$$\Phi_V = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$$

$H_{V,i}$  – projektni ventilacijski gubici topline, W/K

$\theta_{int,i}$  – projektna temperatura unutarnjeg prostora, °C

$\theta_e$  – projektna temperatura vanjskog okoliša ovisno o lokaciji, °C.

Projektni koeficijent ventilacijskih gubitaka topline  $H_{V,i}$  računa se prema sljedećem izrazu:

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot V_i$$

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

$V_i$  – protok zraka kroz grijani prostor, [m<sup>3</sup>/s].

U programu Microsoft Excel proveden je tablični proračun na temelju navedenih formula te su izračunati toplinski gubici svake prostorije. U tablicama 3.20. i 3.21. rekapitulirani su rezultati proračuna za obje etaže objekta. Projektne temperature negrijanih prostora su uzete iz iskustvenih podataka te nisu izmjerene.



Tablica 3.20. Rekapitulacija proračuna toplinskih gubitaka - kat

PROSTORIJA	$\theta_{int}$ , [°C]	Površina [m <sup>2</sup> ]	$\Phi_T$ , [W]	$\Phi_V$ , [W]	$\Phi_{RH}$ , [W]	$\Phi_{UK}$ , [W]	$\Phi_{UK}/A$ , [W/m <sup>2</sup> ]
Soba (1)	20	15,8	345	135,5	252,3	732,9	46,4
Kupaonica (2)	24	5,2	216,1	138,1	83,0	437,3	84,1
Soba (3)	20	22,3	504,9	197,4	357,0	1059,3	47,5
D.boravak + blagavaonica (4)	22	31,6	851,9	873,3	506,1	2231,3	70,6
UKUPNO:						4460,7 W	

Tablica 3.21. Rekapitulacija proračuna toplinskih gubitaka - prizemlje

PROSTORIJA	$\theta_{int}$ , [°C]	Površina [m <sup>2</sup> ]	$\Phi_T$ , [W]	$\Phi_V$ , [W]	$\Phi_{RH}$ , [W]	$\Phi_{UK}$ , [W]	$\Phi_{UK}/A$ , [W/m <sup>2</sup> ]
Kupaonica (6)	24	3,7	344,8	102,8	59,4	507	137
Soba (7)	20	17,4	584,5	149,3	278,2	1011,9	58,2
D.boravak + blagavaonica (8)	22	42,9	816,5	1398,1	685,9	2900,4	67,6
Kupaonica (9)	24	5,7	177,8	157,8	90,8	426,3	74,8
Soba (10)	20	14,8	356,4	121,3	236,8	714,5	48,3
Soba (11)	20	17,6	453,5	151,0	281,2	885,7	50,3
UKUPNO:						6445,8 W	

Zbrajanjem toplinskih gubitaka prostorija kata i prizemlja dobivaju se ukupni toplinski gubici koji iznose 10907 W.

### 3.4. Proračun i odabir spremnika za pripremu potrošne tople vode

Glavna funkcija sustava za pripremu potrošne tople vode (PTV) je zagrijavanje pitke vode u kućanstvu za korisnike. Izvedba tehničkog sustava može biti ostvarena u dvije opcije: izveden odvojeno od ostatka sustava ili može upotrebljavati isti izvor energije. Uz spremnik PTV-a kojem se dovodi hladna pitka voda za zagrijavanje, nužno je postaviti sigurnosno-tehničku opremu za reguliranje sustava opskrbe. Zagrijavanja vode ima prioritet u odnosu na grijanje i ostatak sustava. Praćenjem temperature spremnika, osjetnici šalju informacije dizalici topline pomoću kojih troputni ventil regulira protok medija. Postizanjem radne temperature spremnika ventil se preokreće i isporučuje zagrijani medij prema potrošačima unutar objekta.

Sustav pripreme PTV-a prema smještaju u odnosu na trošilo dijelimo na lokalne i centralne. Kod lokalnih sustava trošilo je smješteno u neposrednoj blizini, dok je kod centralnih smješteno na jednom mjestu za cijeli objekt. Lokalne pritom dijelimo na pojedinačne i skupne. Sustave za pripremu PTV-a dijelimo na protočne i spremničke (akumulacijske) prema načinu zagrijavanja vode. Razlikuju se po tome što se PTV zagrijava tijekom same potrošnje

otvaranjem slavine za slučaj protočnih sustava, naspram akumulacijskih gdje se zagrijana vode pohranjuje u spremnike (akumulira) do trenutka potrošnje. Prednost protočnih sustava jest što su higijenski povoljniji, nema ustajale vode te ne zauzimaju veliki prostor. Za razliku od njih akumulacijski sustavi mogu isporučiti veliku količinu PTV-a u relativno kratkom vremenu prilikom čega preciznije reguliramo njegovu temperaturu.

Projektom je predviđena izvedba centralnog sustava pripreme PTV-a s jednim spremnikom koji će opskrbljivati toplom vodom cijelu kuću. Centralni sustav za grijanje PTV-a čine komponente generatora topline, akumulacijski spremnik PTV-a sa spiralnim grijačem, pumpa grijača, cjevovodi do trošila i recirkulacijski cjevovodi te njihovi zaporni, sigurnosni i regulacijski elementi. Zagrijavanje vode vrši se neizravnim putem preko ugrađenog spiralnog izmjenjivača unutar spremnika PTV-a. Za odabir odgovarajućeg spremnika vrši se proračun veličine spremnika gdje promatramo dva parametra: potrošnju tople vode i toplinski učin dizalice topline. Zbog opasnosti nekontroliranog rasta tlaka unutar sustava, ugrađujemo sigurnosni ventil na pristupačnim mjestima, koji regulira tlak u spremniku. U slučaju prekoračenja maksimalnog dopuštenog iznosa, sigurnosni ventil se otvara te će iz njega isteći voda.

Potrebnu toplinu za grijanje vode u spremniku izračunava se formulom:

$$Q_{PTV} = M_V \cdot c_{pV} \cdot (\theta_{PTV} - \theta_{HV})$$

$M_V$  – količina vode koju je potrebno zagrijati, kg

$M_V =$  prosječna potrošnja · broj korisnika

$c_{pV}$  – specifični toplinski kapacitet vode, kWh/(kgK)

$\theta_{PTV}$  – temperatura PTV-a, °C

$\theta_{HV}$  – temperatura hladne vode na ulazu u spremnik, °C.

Proračun je proveden uzevši u obzir da je obiteljska kuća namijenjena za osam korisnika, dok pritom svaki korisnik prosječno potroši 30 l/dnevno. S ovom informacijom se dolazi do prosječne potrošnje od 240 l/dnevno, što utječe na odabir spremnika PTV-a. Temperatura potrošne tople vode iznosi 55 °C, a hladne 10 °C. Dolazi se do zaključka da je potrebna toplina grijanja vode približno 12,6 kWh/dan.

Učin potreban za grijanje potrošne tople vode:

$$\Phi_{GR,PTV} = \frac{Q_{PTV}}{z_A}$$

Uvrštavanjem u formulu vrijeme grijanja vode  $z_A$  od 2 sata i dnevnu potrošnju za grijanje od 12,6 kWh, dobiva se toplinski učin grijača vode od 6,3 kW.

Sljedećom formulom izračunava se volumen spremnika potrošne tople vode:

$$V_{\text{SPREMNIK}} = \frac{Q_{\text{PTV}} \cdot b}{\rho_V \cdot c_{\text{pv}} \cdot (\theta_{\text{PTV}} - \theta_{\text{HV}})}$$

$$V_{\text{SPREMNIK}} = \frac{6,3 \cdot 1,1}{1000 \cdot 1,163 \cdot 10^{-3} \cdot (55 - 5)}$$

$$V_{\text{SPREMNIK}} = 0,132 \text{ m}^3$$

$Q_{\text{PTV}}$  – količina topline za zagrijavanje vode u spremniku, kWh

$b$  – faktor dodatka (1,1 – 1,2)

$c_V$  – specifični toplinski kapacitet vode;  $= 1,163 \cdot 10^{-3}$ , kWh/(kgK)

$\theta_{\text{PTV}}$  – temperatura PTV-a, °C

S provedenim proračunom izračunat je nužni volumen spremnika PTV-a od 132 l. Prema rezultatu proračuna odabran je spremnik potrošne tople vode PAW-TG15C1EZ kapaciteta 150 l što odgovara potrebama projekta. Tehničke karakteristike spremnika su navedene u tablici 3.22.

*Tablica 3.22. Tehničke karakteristike spremnika potrošne tople vode*

SPREMNIK POTROŠNE TOPLE VODE	PAW-TG15C1EZ
Materijal	Emajlirani čelik
Dimenzije (VxŠ)	1345 x 500 mm
Težina praznog spremnika	70 kg
Volumen vode	150 l
Maksimalna temperatura vode	85 °C
Razred energetske učinkovitosti	C
Površina izmjenjivača topline	1,44 m <sup>2</sup>
Radni tlak	6 bar
Učin električnog grijača	2 kW



*Slika 3.4. Spremnik potrošne tople vode PAW-TG15C1EZ [7]*

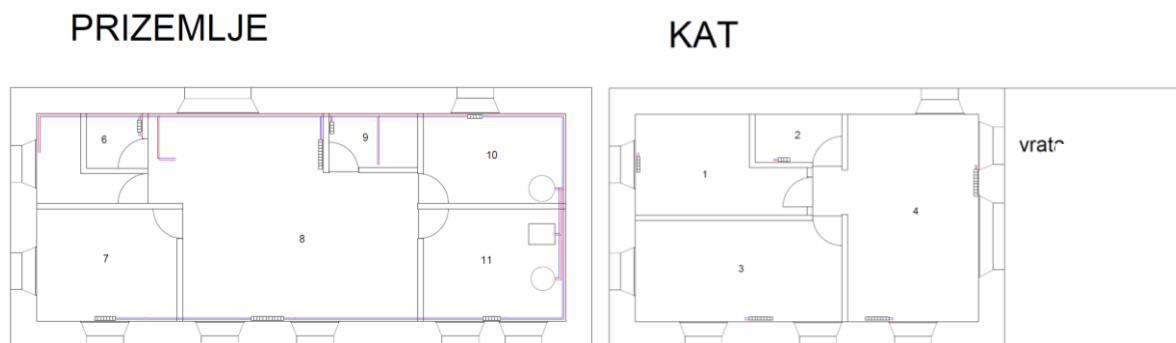
## 4. OPIS TERMOTEHNIČKIH SUSTAVA GRIJANJA

Zamišljeno je u projektu provesti analizu četiri termotehnička sustava grijanja te njihov proračun. Cilj ovih analiza je pronaći ekonomski najpovoljniji sustav grijanja koji će se ugraditi u ovom objektu. Za generatore topline sustava grijanja uzeti su kotao na pelete i kompresorska dizalica topline, dok za izvedbu ogrjevnih tijela su uzeti člankasti radijatori i toplovodno podno grijanje.

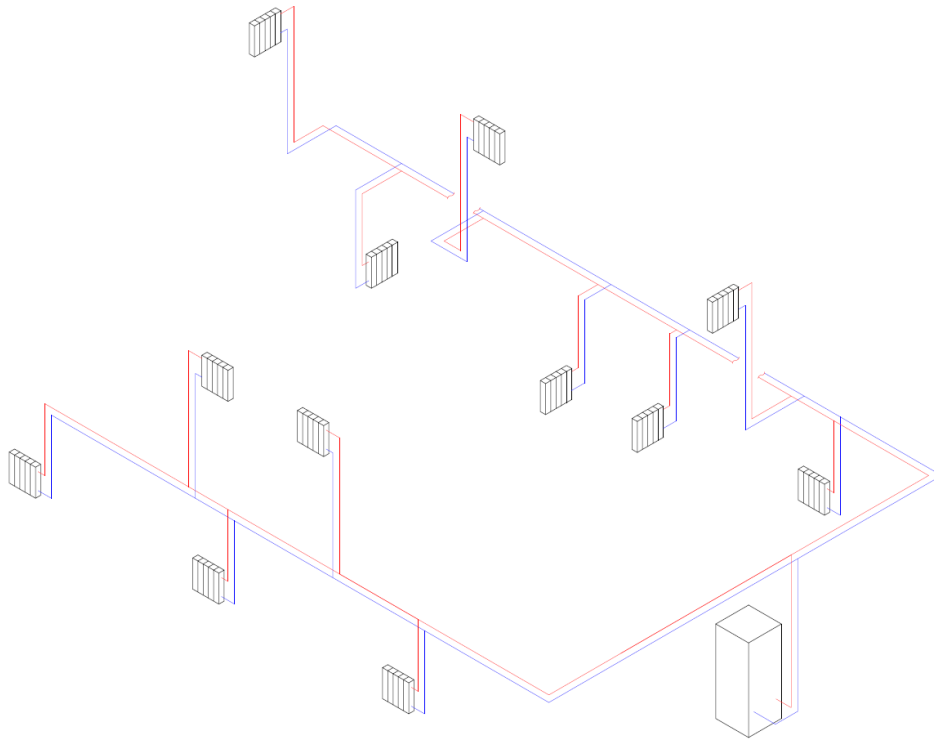
### 4.1. Kotao na pelete

#### 4.1.1. Kotao na pelete s radijatorima

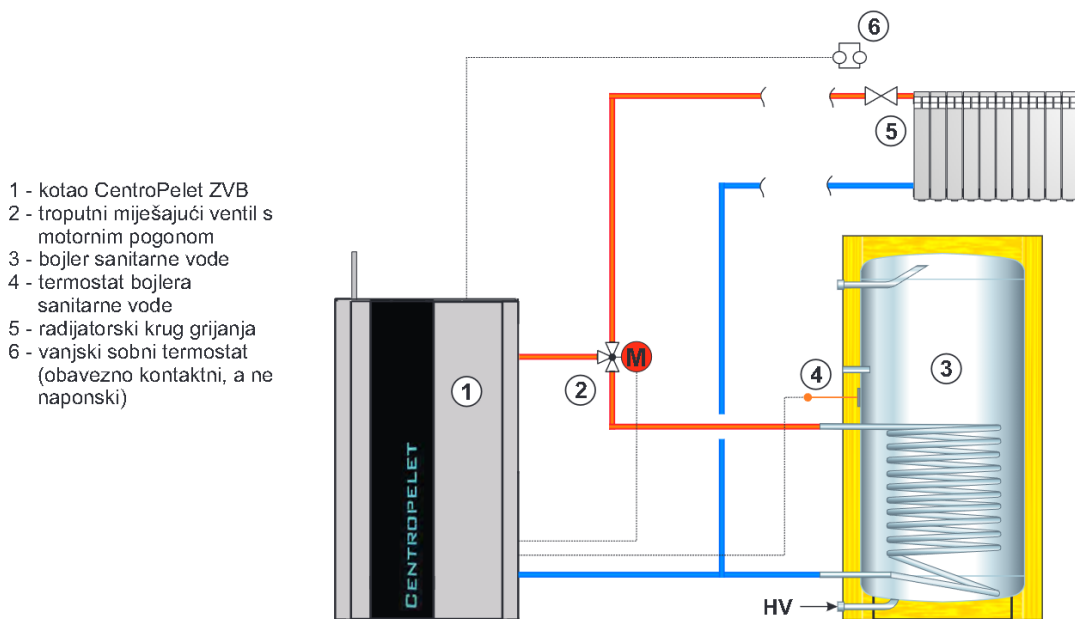
Sustav grijanja sastoji se od kotla na pelete, spremnika PTV-a te ogrjevnih tijela (radijatora) preko kojih se predaje toplina u prostorijama. Kotlovnica se nalazi u podrumu odakle se topla voda cijevima dovodi do radijatora i potrošača unutar kuće. Temperaturni režim vode sustava je 80/60 °C. Potrebna zapremnina akumulacijskog spremnika ogrjevne vode iznosi 264 l. Prema zahtjevu volumena usvojio se akumulacijski spremnik proizvođača Centrometal CAS 303. Ukupno je osamdeset jedan članak radijatora. Odabrani kotao proizvođača Centrometal ZVB 16 generira toplinski učin 14,4 kW i kompaktne je izvedbe što omogućuje smještaj u male kotlovnice. Unutar kotla se nalazi integrirani spremnik peleta u koji se automatski dobavljaju peleti pomoću pužnog transportera, koji se pale električnim grijačem.



*Slika 4.1. Dispozicija radijatora i opreme sustava grijanja s kotlom*



Slika 4.2. Prostorna shema cijevnog razvoda radijatorskog grijanja s kotlom

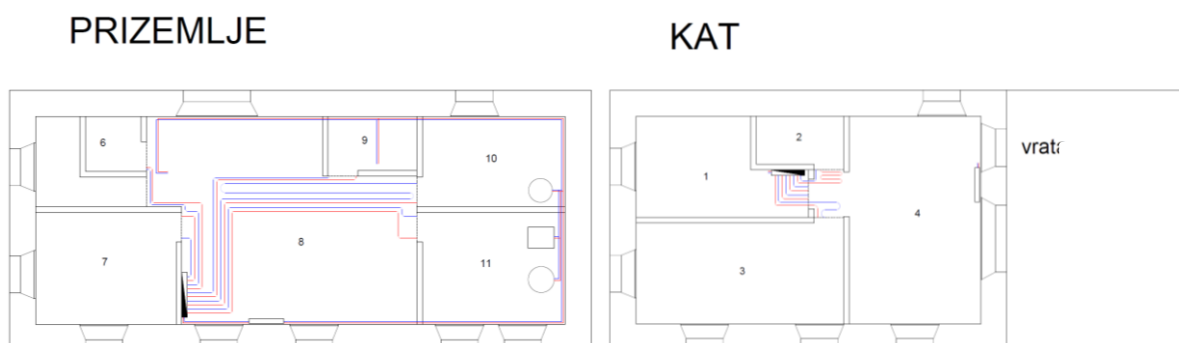


Slika 4.3. Shematski prikaz sustava grijanja i pripreme potrošne tople vode s kotlom [8]

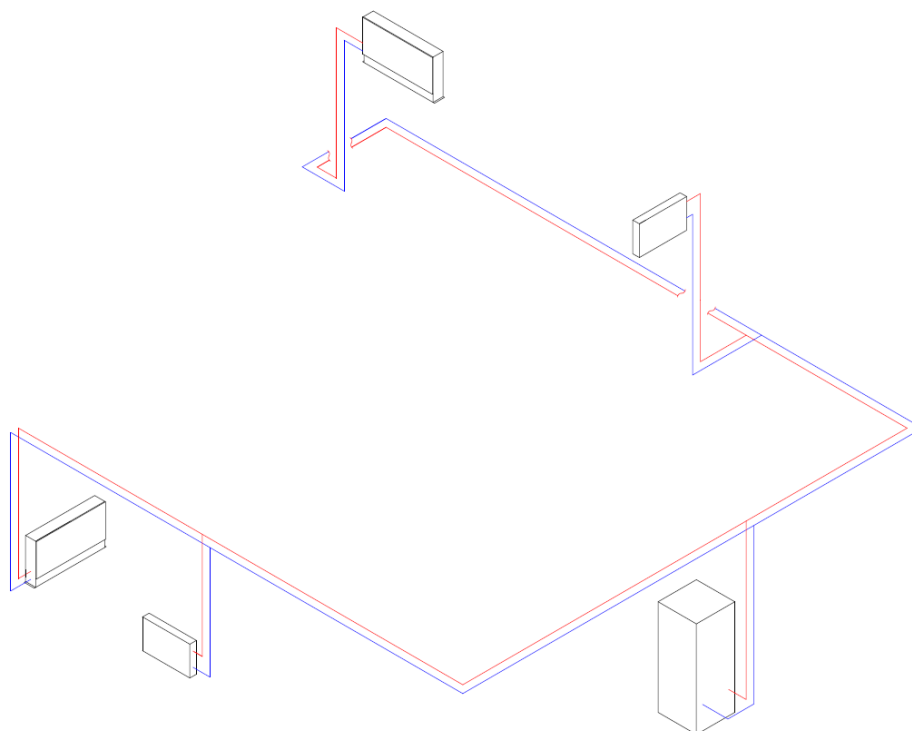
Slika 4.3. shematski prikazuje centralni sustav grijanja s kotlom na pelete i sa spremnikom PTV-a u kombinaciji s radijatorima. Polazni vod je prikazan crvenom boje, dok je povratni vod označen plavom bojom. Troputni motorni ventil ima funkciju regulacije i usmjeravanja vode ovisno o temperaturi spremnika PTV-a prema radijatorima ili spremniku. Sobni termostat je veza između generatora topline (kotao) i ogrjevnih tijela s funkcijom reguliranja temperature prostorije. U slučaju potrebe za toplinom šalje signal koji aktivira generator topline i nadoknađuje gubitke u sustavu.

#### 4.1.2. Kotao na pelete s podnim grijanjem

Sustav grijanja sastoji se od kotla na pelete, spremnika PTV-a i akumulacijskog spremnika ogrjevne vode, ventilokonvektora te razvodnika za podno grijanje preko kojih se predaje toplina u prostorijama. Ventilokonvektori su dodatna stavka unutar sustava s obzirom da podno grijanje za dnevne boravke u prizemlju i na katu ne pokriva sve toplinske gubitke. Kotlovnica se nalazi u podrumu gdje su smješteni kotao i spremnik PTV-a. Povezani su s razdjelnicima koji se nalaze na obim etažama iz kojih se medij usmjerava prema pojedinoj grani podnog grijanja za prostorije kuće. Temperaturni režim rada vode sustava je 35/30 °C.



Slika 4.4. Dispozicija ogrjevnih tijela i opreme sustava grijanja s kotlom

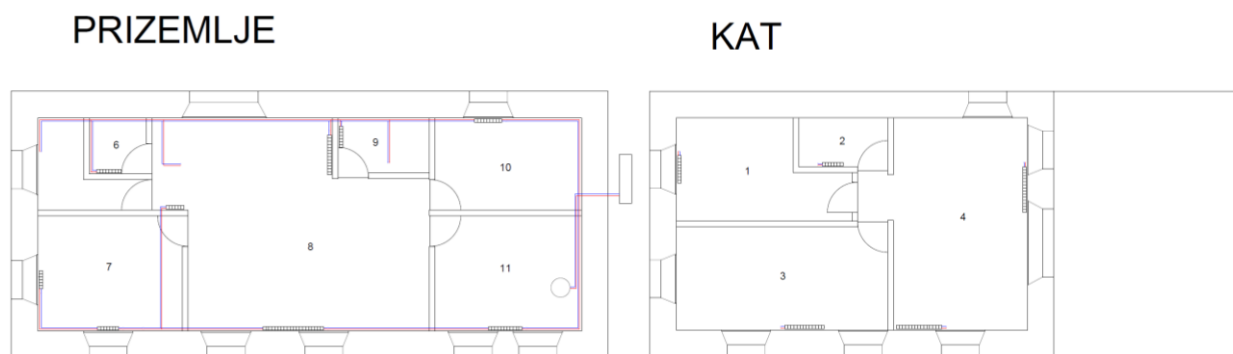


Slika 4.5. Prostorna shema cijevnog razvoda sustava grijanja s kotlom

## 4.2. Dizalica topline

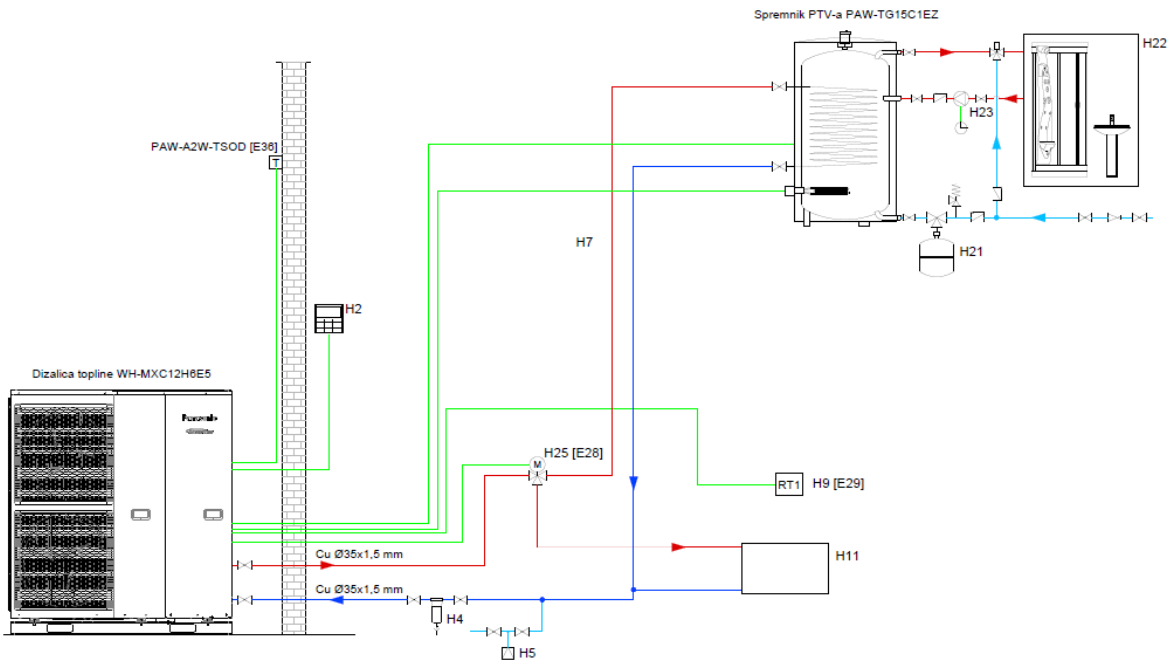
### 4.2.1. Dizalica topline s radiatorima

Sustav grijanja sastoji se od kompresorske dizalice topline zrak - voda, spremnika PTV-a i radijatora preko kojih se predaje toplina u prostorijama. S obzirom da je dizalica topline u monoblok izvedbi, nalazi se izvan kuće te je povezana cijevima sa spremnikom PTV-a zapremnine 150 l u podrumu. Topla voda se izvana iz dizalice topline cijevima dovodi do radijatora i ostalih potrošača unutar kuće. Kako je temperaturni režim rada vode niži od onoga kod kotla na pelete, broj članaka radijatora u prostorijama mora biti veći. Zbog dodatnih članaka se promijenio raspored radijatora u prostorijama. Temperaturni režim rada vode sustava je 55/50 °C.



*Slika 4.6. Dispozicija radijatora i opreme sustava grijanja s dizalicom topline*

Pojednostavljena shema spajanja dizalice topline Panasonic sa spremnikom potrošne vode prikazana je na slici 4.7. Osnovni elementi regulacijskog kruga međusobnim povezivanjem omogućuju rad glavnih elemenata sustava. U suštini, reguliraju temperaturu ogrjevnog medija i protok ovisno o postavljenim uvjetima radi postizanja prihvatljivog boravka korisnika u prostorijama kuće. Neizbježni elementi regulacijskog kruga su troputni regulacijski ventil (motorni i elektromagnetski), izmjenjivači i regulator sobne temperature, pogon ventil i sigurnosni ventil sa oprugom te osjetnik vanjske temperature. Sigurnosni ventil štiti sustav grijanja i sve njegove elemente u slučaju prekoračenja maksimalnog radnog tlaka ispuštanjem određene količine vode iz instalacije. Ugrađen je na cjevovodu poslije ekspanzijske posude prije nepovratnog ventila.



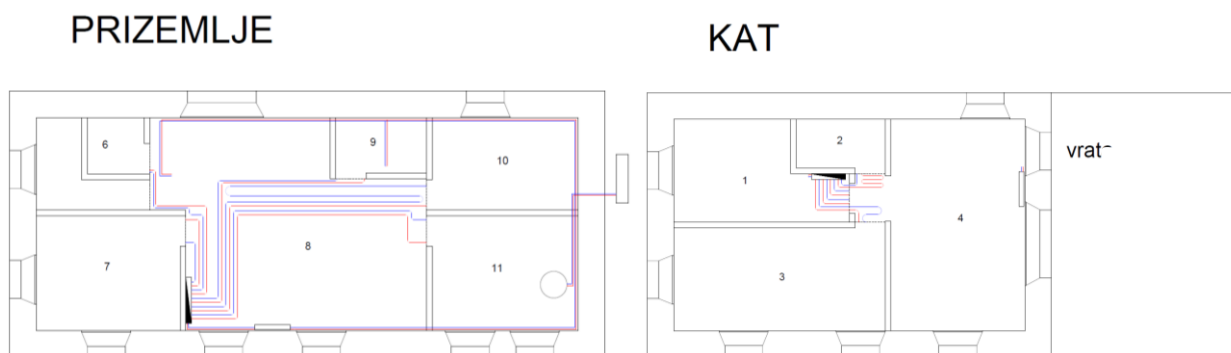
*Slika 4.7. Shematski prikaz sustava grijanja i pripreme PTV-a s dizalicom topline*

Budući da dizalica topline nije sposobna istovremeno grijati prostorije kuće i spremnik PTV-a, funkcionirat će na principu prioritelnog načina. Polazni i povratni vod prikazani crvenom i plavom bojom, povezuje dizalicu topline koja se nalazi izvan objekta sa ostalim elementima sustava grijanja. Troputni ventil postavljen na polaznom vodu razdvaja struju medija na dvije grane. Ovisno o njegovom položaju će usmjeravati medij prema ogrjevnim tijelima (radijatorima) ili spremniku PTV-a. U praksi se prvo zagrijava spremnik potrošne tople vode postizanjem radne temperature nakon čega se ventil izokreće i medij se pušta cjevovodom prema radijatorima.

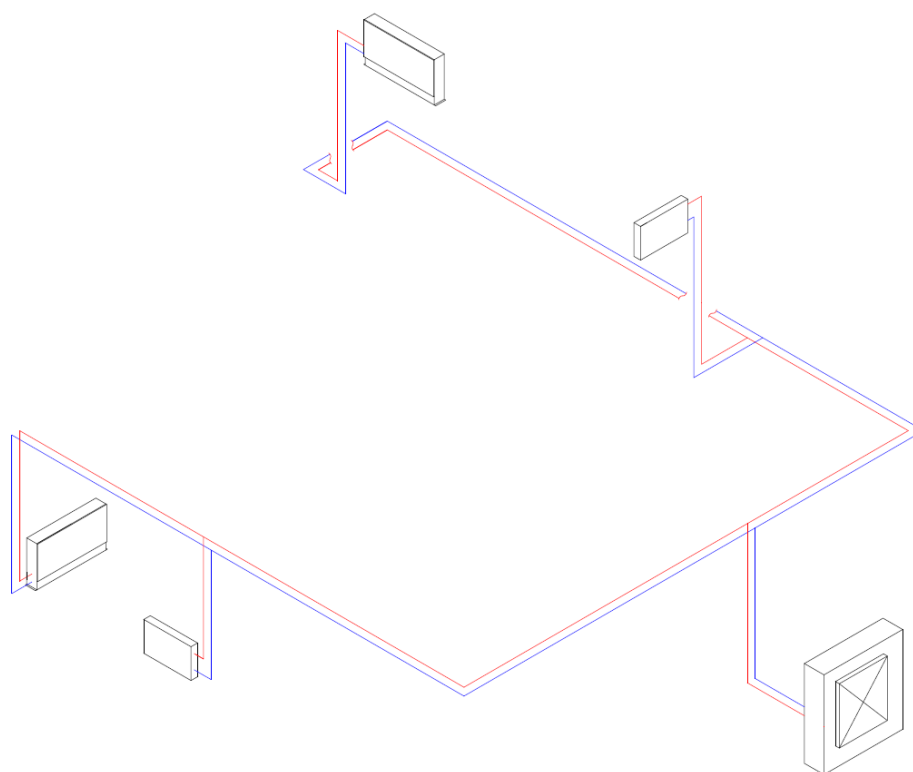


#### 4.2.2. Dizalica topline s podnim grijanjem

Sustav grijanja sastoji se od kompresorske dizalice topline zrak - voda, spremnika PTV-a i akumulacijskog spremnika tople vode, ventilokonvektora te razvodnika za podno grijanje preko kojih se predaje toplina u prostorijama. Ventilokonvektori su dodatna stavka. Dizalica je u monoblok izvedbi te je smještena izvan objekta. Spremnik PTV-a je smješten u podrumu od kuda se medij dovodi cijevima do razdjelnika u prizemlju i na katu. Razdjelnici usmjeravaju medij prema prostorijama kuće prolazeći kroz grane ispod pločica. Temperaturni režim rada vode sustava je 35/30 °C.



Slika 4.8. Dispozicija ogrjevnih tijela i opreme sustava grijanja s dizalicom topline



Slika 4.9. Prostorna shema cijevnog razvoda sustava grijanja s dizalicom topline

### 4.3. Godišnja potrošnja energije za sustave grijanja

Nakon što smo opisali četiri razmatrane izvedbe centralnog sustava grijanja i pripreme PTV-a, potrebno je odabrati najpovoljnije rješenje za objekt. Ključni faktor odabira je investicijski trošak te godišnja potrošnja energenata.

Definiranjem sustava grijanja u programu KI Expert Plus, dobivamo rezultate proračuna konačne energije. U tablici 4.1. su ispisani svi dobiveni rezultati proračuna. Prilikom izračuna cijene energenata korištene su trenutne cijene na tržištu, s obzirom da korištene cijene u programu nisu aktualne.

*Tablica 4.1. Godišnja potrošnja energenata*

Sustavi grijanja	Kotao	Dizalica topline	Podno + kotao	Podno + dizalica topline
Električna energija [kWh]	266	3758	1216	10291
Drveni peleti [kg]	3612	-	4835	-
Troškovi energenata [€]	1336	561	1897	1476
Troškovi termotehničke opreme [€]	9013	14844	17451	22195
Ukupni investicijski troškovi [€]	10349	15405	19348	23671
Troškovi održavanja [€]	361	742	698	1110
CO <sub>2</sub> [kg]	683,8	882,5	1117,2	2416,5

*Tablica 4.2. Cijena energenata*

Cijena energenata [€]	Drveni pelete	Električna energija
	0,35 / kg	0,14 / kWh

Prikazat će se godišnji troškovi u razdoblju od 25 godina. Prilikom proračuna se uzima u obzir troškovi investicije i energenata.

Način na koji dobivamo godišnje troškove:

$$C_{god} = C_{op} + C_e + C_{od}$$

$C_{god}$  – godišnji troškovi

$C_{op}$  – troškovi termotehničke opreme

$C_e$  – godišnja cijena energenata

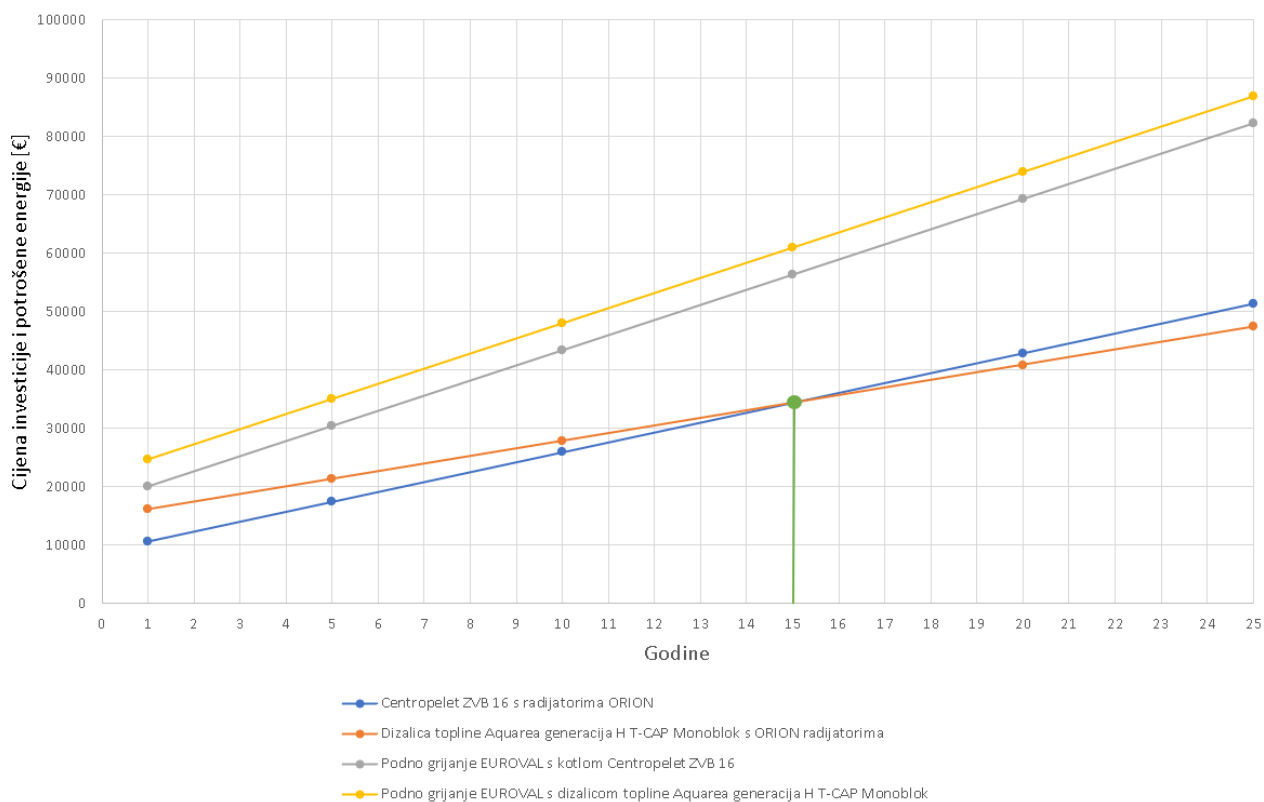
$C_{od}$  – godišnja cijena održavanja

*Tablica 4.3. Troškovi investicije i energenata u rasponu od 25 godina*

Godine	1	5	10	15	20	25
Sustavi grijanja	[€]					
Kotao	10710	17495	25976	34457	42938	51419
Dizalica topline	16147	21359	27873	34388	40903	47418
Podno grijanje + kotao	20046	30426	43401	56376	69351	82326
Podno grijanje + dizalica topline	24781	35125	48054	60984	73914	86844

#### 4.4. Konačni odabir centralnog sustava grijanja za objekt

Iz godišnje potrošnje energije za sve četiri razmatrane izvedbe sustava centralnog grijanja i pripreme PTV-a se zaključuje da je ekonomski i financijski najpovoljnija opcija sustav grijanja s dizalicom topline i radijatorima. Iz dijagrama 4.10. se očitava sjecište linija (zeleno točka) prva dva sustava grijanja, što znači da će se dizalica topline isplatiti nakon 15 godina. Razlog tome jest viši investicijski trošak, dok je potrošnja godišnje energije znatno manja. Istovremeno, razlog ekonomske neisplativosti kotla je naglo povećanje cijene peleta na tržištu u zadnjih dvije godine. Preostale dvije izvedbe kotla i dizalice topline s podnim grijanjem su ekonomski neisplative zbog znatno većih investicijskih troškova u odnosu na prethodne dvije. Linije tih sustava su skoro paralelne u odnosu na prva dva, što znači da se neće nikad sjeći, tj. u ovom slučaju biti financijski povoljniji.



Slika 4.10. Dijagram troškova investicije i energenata u rasponu od 25 godina

## 5. RAZRADA ODABRANOG TERMOTEHNIČKOG SUSTAVA

U prethodnim poglavljima se odradio proračun toplinskih gubitaka i energije potrebne za grijanje te pripremu potrošne tople vode. Definirat će se montaža sustava centralnog toplovodnog grijanja. S ciljem zadovoljavanja normi niskoenergetske kuće, sustav će koristiti obnovljive izvore energije. Ovakvi sustavi donose znatne uštede potrošnje energenata te su ekološki prihvatljivi. Za izvor toplinske energije grijanja i potrošne tople vode, odabrana je kompresijska dizalica topline zrak - voda u monoblok izvedbi. Dizalice topline se smatraju visokoučinkovitim i robusnim sustavima za opskrbu toplinske energije s obzirom na sezonski faktor učinkovitosti. Drugi naziv dizalice topline je toplinska pumpa jer cirkulira radni medij. Dizalice imaju širok raspon izvedbi i učina što rezultira jednostavnim uklapanjem u svaki projekt te zadovoljava sve potrebe jednog kućanstva uz osjetne uštede.

### 5.1. Princip rada dizalice topline

Dizalica topline je uređaj koji omogućava prijenos energije iz toplinskog spremnika niže temperaturne razine u toplinski spremnik više temperaturne razine. Prilikom prijenosa energije koristi dodatnu energiju pomoću lijevokretnog kružnog procesa radne tvari. Da bi dizalica bila posrednik potrebna su dva toplinska spremnika različitih temperaturnih razina: toplinski izvor i toplinski ponor. Toplinski izvor je prostor ili medij niže temperaturne razine kojem se topline odvodi, dok se kod toplinskog ponora mediju više temperaturne razine toplina dovodi. Primarni cilj je ostvarenje korištenja topline izmijenjene na visokotemperaturnom izmjenjivaču, primjerice za grijanje. Naspram grijanju, za hlađenje se koristi niskotemperaturni izmjenjivač. Poznavajući da je svaki rashladni uređaj ujedno i dizalica topline, važno je odrediti hoće li primarni cilj upotrebe energije biti za hlađenje ili grijanje. Ključan uvjet efikasnog sustava grijanja dizalicom topline je odabir adekvatnog toplinskog izvora. Izvor topline može biti zrak, voda ili tlo za slučaj kaskadnih sustava gdje je dostupna otpadna toplina ili iz drugog rashladnog sustava. Toplinski izvor mora osigurati toplinu u svakom trenutku prilikom kojeg troškovi priključenja i potrošnja energije za prijenos topline moraju biti što manji. S obzirom na toplinski izvor dizalice topline dijelimo na tri skupine: dizalice topline zrak - voda, dizalice topline voda-voda i dizalice topline tlo - voda.

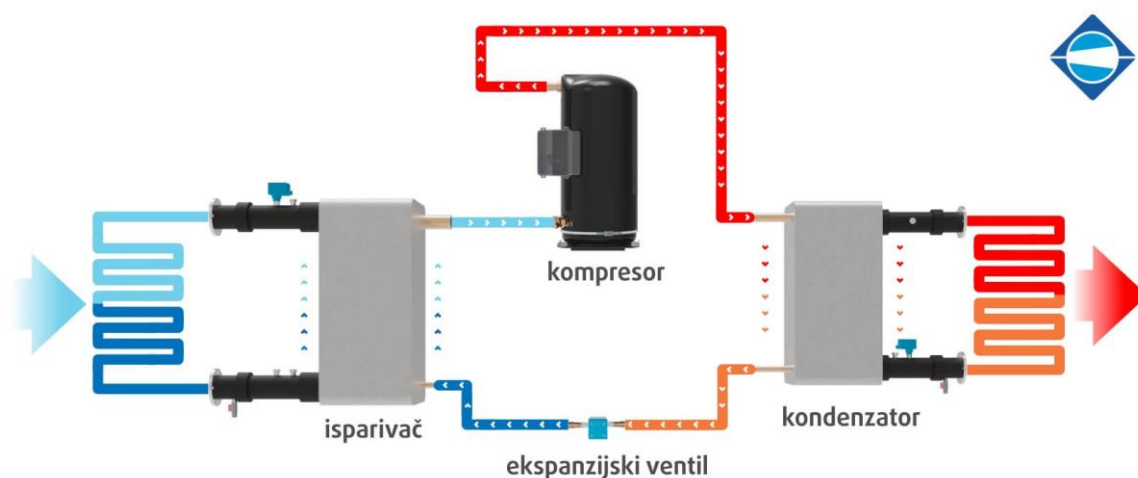
Kod rashladnog uređaja toplinski spremnik na višoj temperaturnoj razini je permanentni okoliš uređaja, a za spremnik na nižoj temperaturnoj razini je medij ili prostor kojeg je potrebno ohladiti. Zakon termodinamike nalaže da toplina uvijek prelazi iz područja više temperature prema području niže temperature. Primjerice zrak u prostoriji i koji struji kroz klima - komoru, voda u cijevima ili unutrašnjost hladnjaka. Postoji mogućnost vođenja lijevokretnog kružnog procesa koji je ogrjevano-rashladni čime se istovremeno može grijati i hladiti. Dizalice topline nalaze se u širokoj primjeni za grijanje i hlađenje zgrada, održavanje vlažnosti zraka i pripreme potrošne tople vode. Koristi se u farmaceutskoj industriji,

kemijskoj industriji, drvnoj industriji, prehrambenoj industriji te pronalazi mjesto u mnogobrojnim drugim industrijama zbog širokog raspona njenih funkcija.

Za učinkovitu primjenu dizalica toplina potrebno je ispuniti osnovne uvjete:

- a) raspoloživost toplinskog izvora sa stalnom temperaturom kroz dulje vrijeme
- b) mala udaljenost između toplinskog izvora i ponora (toplinski spremnici)
- c) uravnotežena temperaturna razina toplinskog ponora
- d) godišnja raspoloživost velikog fonta radnih sati i visoka cijena alternativnih izvora energije radi ostvarenja veće uštede i isplativosti

Prema načelu rada, dizalice topline se dijele na kompresorske, sorpcijske i Vuilleumierove. Kod kompresorske dizalice proces radne tvari se omogućava utroškom mehaničkog rada kompresora. Za razliku od nje sorpcijska omogućava proces radne tvari dovođenjem topline. Te u konačnici Vuilleumierova omogućuje proces dovođenjem topline prirodnim plinom radne tvari. Najčešće dizalice topline u primjeni su kompresorske. Korištenjem mehaničkog rada kompresora osigurava se kružni proces gdje se povisuje energetska razina (temperatura i tlak) radne tvari. Osnovni dijelovi kompresijske dizalice su isparivač, kondenzator, kompresor, prigušni ventil i radna tvar kojom se vrši proces.



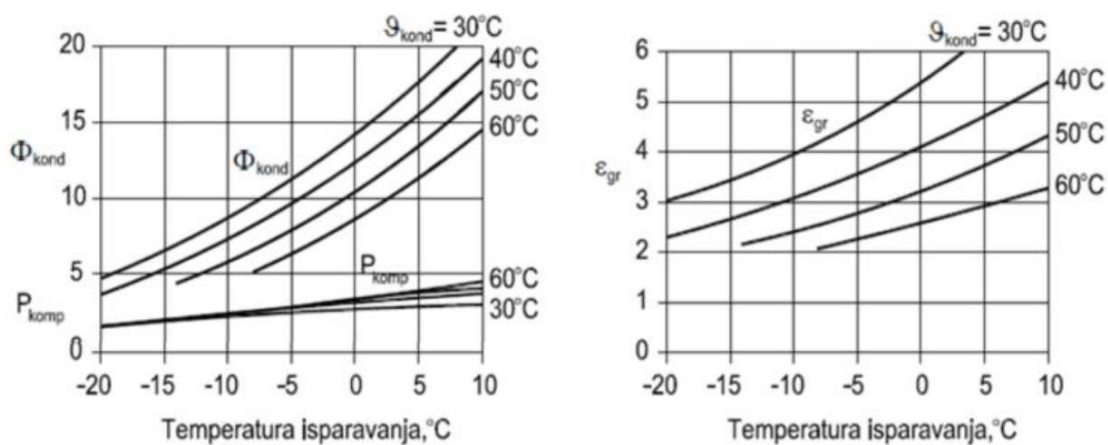
Slika 5.1. Princip rada dizalice topline zrak - voda [9]

Kompresorske dizalice topline u suvremenim izvedbama uzimaju oko 3/4 topline za grijanje okoliša, dok preostalu 1/4 topline pretvaraju u električnu energiju za pogon kompresora.

Faktor grijanja dizalice topline (toplinski množitelj) definira se:

$$\varepsilon_{gr} = \frac{\Phi_{kond}}{P_{komp}} = \frac{T}{T - T_0}$$

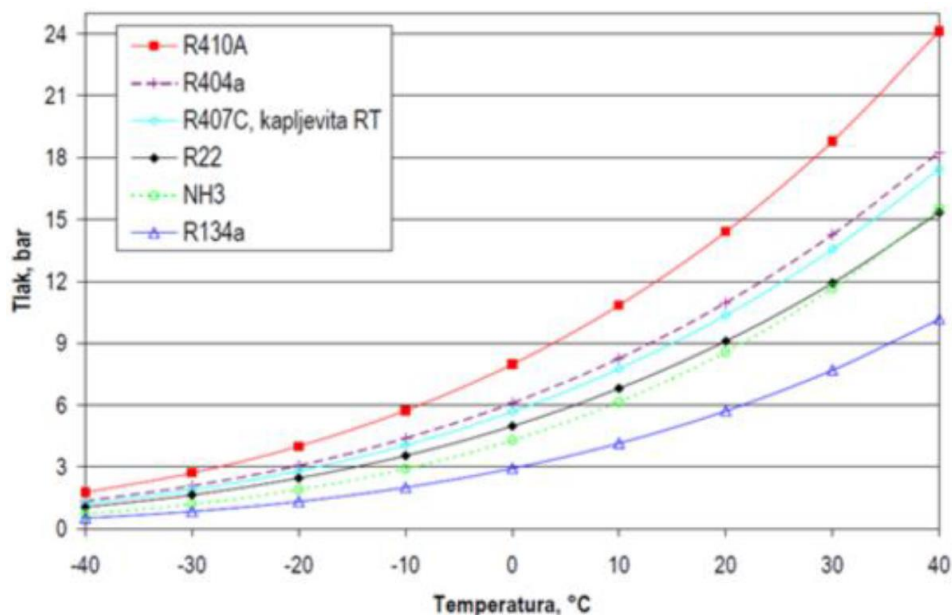
Vrijednost faktora grijanja varira od 2,5 do 5 ovisno i temperaturama toplinskog izvora. U praksi označava omjer električne energije i učinka dizalice topline. Energetska učinkovitost dizalica topline za režim hlađenja se ocjenjuje faktorom hlađenja prema normi HRN EN 14511. Za razliku od njih valjanost ogrjevna procesa u režimu grijanja ocjenjuje se faktorom grijanja. Engleski naziv za faktor grijanja je *coefficient of performance*, tj. kratica COP. Ovaj parametar se očitava iz tehničkog lista proizvođača za odabir dizalice topline. Faktor grijanja dizalice topline je veći kada je temperatura kondenzacije radne tvari niža, a temperatura isparavanja viša. Razlog zahtjeva što moguće niže temperature toplinskog ponora je ostvarenje većeg faktora grijanja. Isto će vrijediti i za ogrjevni učin dizalice topline. Rashladnih učin uređaja funkcionira po istom principu. Stoga slijedi, da manja temperaturna razlika između temperature kondenzacije i isparavanja radne tvari doprinosi većem rashladnom učinku te istovremeno i faktoru hlađenja. U konačnici, toplinskim množiteljem iskazujemo ostvaren omjer učinkovitosti dizalice topline i snage kompresora.



Slika 5.2. Ovisnost faktora grijanja o temperaturi isparavanja i kondenzacije [10]

Radne tvari za dizalicu topline su prijenosnici energije u lijevokretnim kržnim procesima u rashladnim uređajima i dizalicama topline. Najčešće korištene radne tvari su zeotropske i azeotropske smjese, anorganske tvari, čisti ugljikovodici i halogenirani ugljikovodici. Pri odabiru radne tvari ispunjavaju se zahtjevi funkcionalne, sigurnosne, ekološke i termodinamičke osobine. Funkcionalne osobine podrazumijevaju fizikalna i kemijska stabilnost, nekorozivnost te sprječavanje reakcije s mazivim uljem u slučaju prisutnosti vlage. Sigurnosne osobine su nezapaljivost, neeksplozivnost i neškodljivost okolini. Pod ekološkim osobinama se gleda utjecaj tvari na zagrijavanje atmosfere i razgradnju ozonskog omotača. Te u konačnici termodinamičke osobine osiguravaju niske temperature isparavanja i smrzavanja, umjeren tlak zasićenja te veliku gustoću pri maloj viskoznosti.

Najzastupljeniji radni mediji koji se koriste kod dizalica topline su R32 i R410A. R32 je ekološki prihvatljiviji, ima veću energetska učinkovitost i niži potencijal globalnog zagrijavanja. Istovremeno za radnu tvar R410A debljina stijenki izmjenjivača i cijevi je nužno veća zbog visokih pripadnih tlakova zasićenja.

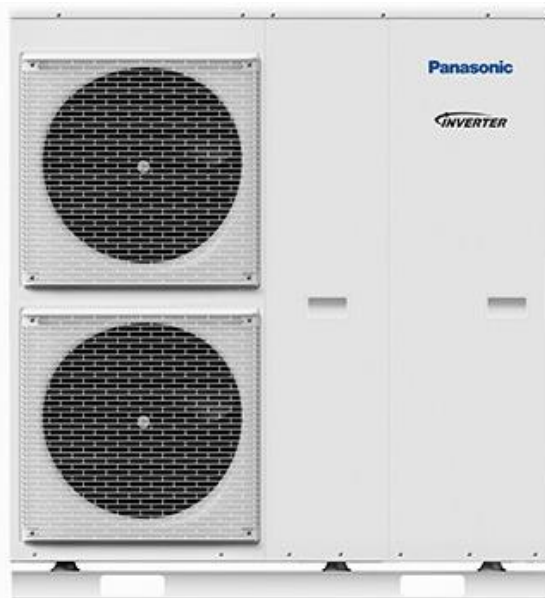


Slika 5.3. Krivulje napetosti radnih tvari (odnos tlaka i temperature zasićenja) [10]

### 5.1.1. Odabir dizalice topline

Prilikom odabira dizalice topline potrebno je napraviti selekciju s obzirom na moguća izvedbena rješenja. Dizalica topline mora ispunjavati uvjete potrebe grijanja i pripreme potrošne tople vode. Prva izvedba je vanjska i unutarnja jedinica koja se zove split sustav s ugrađenim spremnikom potrošne tople vode. Unutarnja jedinica je smještena u podrumu, dok je vanjska izvan kuće. Druga opcija bi bila monoblok vanjska jedinica sa samostojećim spremnikom potrošne tople vode koji se nalazi u podrumu.

Ključna razlika između dviju opcija jest kružni ciklus hlađenja, koji se u potpunosti nalazi u vanjskoj jedinici kod monoblok izvedbe, za razliku od split dizalice topline s podijeljenim kružnim ciklusom hlađenja. Kompresor, ekspanzijski ventil i isparivač smješteni su u vanjskoj jedinici, dok je kondenzator smješten u unutarnjoj jedinici. Zbog čestog nedostatka raspoloživog prostora za montiranje jedinice unutar objekta, monoblok jedinica je robusnija u odnosu na split sustav. Za potrebe projekta odabrana je Panasonic Aquarea generacija H T-CAP monoblok dizalica topline zrak - voda. Monoblok jedinica ima mogućnost grijanja i hlađenja te spajanja sa spremnikom PTV-a cijevnom armaturom do podruma (slika 5.4.).



Slika 5.4. Dizalica topline Panasonic WH-MXC12H6E5 [11]

S provedenim proračunima toplinskih gubitaka i potrebnog učina za grijanje spremnika PTV-a zaključujemo da je potrebna dizalica topline učina od 12 kW. U monoblok jedinici su sve hidrauličke komponente tvornički ugrađene. Tijekom odabira važna stavka je bilo radno područje dizalice topline. Radno područje definira najvišu i najnižu vanjsku temperaturu pri kojoj dizalica topline može isporučiti potrebnu toplinsku energiju. Ona se razlikuju s obzirom na dizalicu te budu navedena u tehničkom listu proizvođača. Proizvođač je dao raspon temperatura od -15 °C do 20 °C pri čemu obraćamo pozornost na činjenicu da učin jedinice varira unutar raspona temperatura. Učin dizalice topline je smanjen pri izrazito niskim vanjskim temperaturama, primjerice -15 °C. U specifikacijama dizalice se nalazi tablica kapaciteta grijanja i hlađenja za odabranu monoblok izvedbu (tablica 5.1. i 5.2.).

Tablica 5.1. Tablica kapaciteta grijanja

Vanjska temperatura [°C]	Učin dizalice topline [kW]					
Temperatura kondenzata [°C]	30	35	40	45	50	55
-15	12,00	12,00	12,00	11,00	10,80	10,50
-7	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
2	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
7	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
25	13,60	13,60	13,40	13,20	12,60	12,00

Tablica 5.2. Tablica kapaciteta hlađenja

Vanjska temperatura [°C]	Učin dizalice topline [kW]		
Temperatura kondenzata [°C]	7	14	18
18	10,00	13,20	10,00
25	11,20	16,50	10,00
35	10,00	12,55	10,00
43	8,00	10,00	8,00



## 5.2. Proračun radijatora

Nakon provedenog detaljnog proračuna gubitaka potrebno je definirati broj i prostorni raspored ogrjevnih tijela unutar prostorija kuće. Za ogrjevna tijela u sklopu projekta uzimaju se radijatori. Odabrani su radijatori proizvođača Lipovica model Orion, kao najpopularnije dizajnersko i tehnološko rješenje.

Postupak proračuna započinje definiranjem unutarnjih temperatura prostorija i režima rada sustava koji iznosi 55/50 °C. Iz tehničkih svojstva radijatora skinutih sa stranice proizvođača očitavamo ulazne podatke:

- a) normirani toplinski učin po članku 145 W/čl (75/65/20 °C)
- b) eksponent toplinskog učina ogrjevnog tijela  $n$  iznosi 1,33.

Toplinski učin članka u projektnim uvjetima jednak je:

$$\phi_{\text{čl}} = \phi_{\text{čl},N} \left( \frac{\Delta\vartheta}{\Delta\vartheta_N} \right)^n$$

Srednja normirana nadtemperatura u projektnim uvjetima iznosi:

$$\Delta\vartheta = \frac{\vartheta_{\text{pol}} + \vartheta_{\text{pov}}}{2} - \vartheta_{\text{prostor}}$$

$$\Delta\vartheta = \frac{75 + 65}{2} - 20$$

$$\Delta\vartheta = 50^\circ \text{C}$$

Srednja nadtemperatura za prostoriju iznosi:

$$\Delta\vartheta = \frac{\vartheta_{\text{pol}} + \vartheta_{\text{pov}}}{2} - \vartheta_{\text{prostor}}$$

Potreban broj članaka:

$$\text{br}\check{\text{c}}\text{l} = \frac{\phi_{\text{gub}}}{\phi_{\text{čl}}}$$

Tablica 5.3. Proračun radijatora – kat

	Soba 1	Kupaonica 2	Soba 3	Dnevni boravak 4
$\vartheta_{\text{int}} [^{\circ}\text{C}]$	20	24	20	22
$\Delta\vartheta [^{\circ}\text{C}]$	32,5	28,5	32,5	30,5
$\phi_{\text{čl},n} [\text{W}/\text{čl}]$	81,8	68,7	81,8	75,2
$\phi_{\text{gub}} [\text{W}]$	732,9	437,3	1059,3	2231,3
<i>brčl</i>	8,9	6,4	12,9	29,7
Usvojeni <i>brčl</i>	9	7	13	30
Instalirana snaga [W]	735,8	480,6	1062,9	2254,1
Ukupna instalirana snaga radijatora za etažu [W]				4533,5

Tablica 5.4. Proračun radijatora – prizemlje

	Kupaonica 6	Soba 7	Dnevni boravak 8	Kupaonica 9	Soba 10	Soba 11
$\vartheta_{\text{int}} [^{\circ}\text{C}]$	24	20	22	24	20	20
$\Delta\vartheta [^{\circ}\text{C}]$	28,5	32,5	30,5	28,5	32,5	32,5
$\phi_{\text{čl},n} [\text{W}/\text{čl}]$	68,7	81,8	75,2	68,7	81,8	81,8
$\phi_{\text{gub}} [\text{W}]$	507	1011,9	2900,4	426,3	714,5	885,7
<i>brčl</i>	7,4	12,4	38,6	6,2	8,7	10,8
Usvojeni <i>brčl</i>	8	13	39	7	9	11
Instalirana snaga [W]	549,3	1062,9	2930,4	480,6	735,8	899,4
Ukupna instalirana snaga radijatora za etažu [W]						6658,3

U tablicama 5.3. i 5.4. su izračunati potrebni podaci za svaki radijator u grijanoj prostoriji kuće te ukupna instalirana snaga radijatora za etažu. Ukupna instalirana snaga radijatora iznosi 11,2 kW te je potrebna za odabir dizalice topline. Broj članaka iznosi 146, te ravnomjerno raste što je veća površina grijane prostorije, za slučaj dnevnih boravka u prizemlju i na katu.

Nakon definiranih radijatora i njihove širine, smještaju se u prostoru kuće uzevši u obzir prostorni raspored prostorija. Radijatori se smještaju ispod prozora zbog povećanog gubitka topline u tom području prostorije

### 5.3. Odabir termotehničke opreme

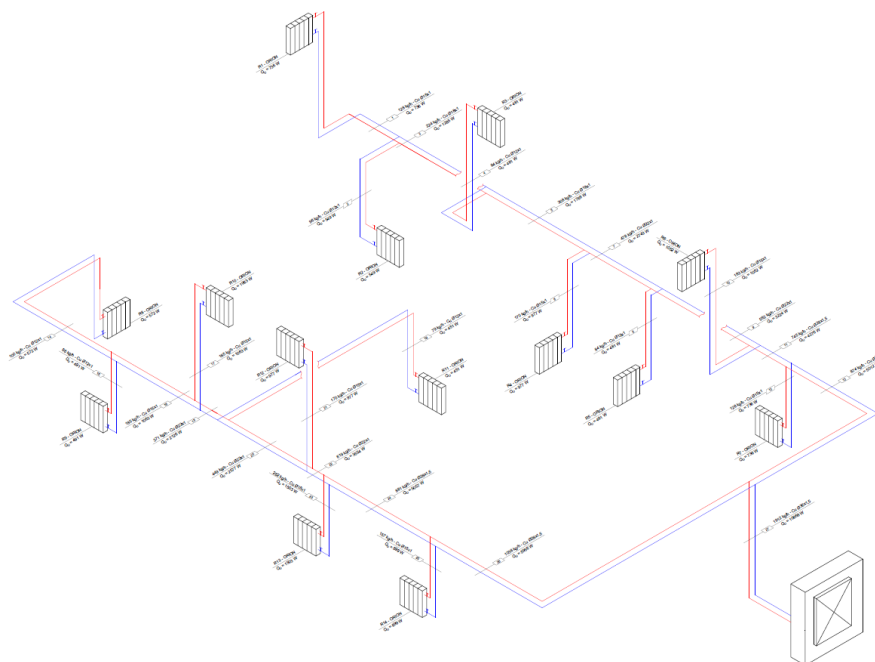
Odabirom odgovarajuće sigurnosne i regulacijsko-nadzorne opreme osiguravamo pravilan rad sustava koji obuhvaća sve zahtjeve za toplinskom energijom.

#### 5.3.1 Dimenzioniranje cjevovoda i provjera cirkulacijske pumpe

Da bi se dimenzionirao cjevovod i izračunao pad tlaka mjerodavan cirkulacijskoj pumpi, cijevni razvod se dijeli na dionice. Svaka promjena protoka zahtjeva da se postavi nova dionica cjevovoda. Glavni zadatak cijevnog razvoda je distribucija radnog medija od dizalice topline do pojedinih radijatora. Čine ga niz pojedinačnih cijevi, prirubnica, lukova i koljena, nosača, različitih vrsta zapornih elemenata te ostale armature. Primjeri zapornih elemenata su ventili, zasuni i kuglaste slavine. Ključni uvjeti odabira materijala i dimenzija cijevi su radni tlak, temperatura medija i namjena cijevi. Najčešće korišteni materijali za izradu cijevi su bakar, čelik i polimeri.

Cjevovod sustava će biti izrađen od tvrdih bakrenih cijevi zbog mnogobrojnih dobrih karakteristika. Kao što su manja hrapavost u odnosu na polimerne i čelične cijevi, trajnost i otpornost na koroziju te u konačnici i jednostavna montaža. Cijevni razvod će se izvesti nadžbukno pod stropom etaže prizemlja s temperaturnim režimom vode od 55/50 °C.

Koristeći njemački računalni program Consoft MultiCalc dimenzionira se cijevni razvod sustava grijanja, pomoću kojeg se određuju dimenzije cijevi. Ubacivanjem poznatih vrijednosti režima rada vode, instalirane snage te maksimalne brzine strujanja vode dobiva se protok vode, jedinični pad tlaka i dimenzija odgovarajuće cijevi. Izometrija cjevovoda na slici 5.5. prikazuje podjelu cijevi na dionice od najudaljenijeg radijatora do dizalice topline. Ubacivanjem ulaznih vrijednosti za svaku dionicu definira se potrebna dimenzija cijevi.



Slika 5.5. Prostorna shema cijevnog razvoda radijatorskog grijanja s dizalicom topline

Tablica 5.5. Dimenzioniranje cijevi

		$Q$ [W]	$m$ [kg/h]	$r$ [Pa/m]	$w$ [m/s]	Dimenzija cijevi
KAT	1. Dionica	736	128	97	0,27	Cu $\Phi$ 15x1 mm
	2. Dionica	549	96	202	0,34	Cu $\Phi$ 12x1 mm
	3. Dionica	1285	224	96	0,31	Cu $\Phi$ 18x1 mm
	4. Dionica	481	84	160	0,30	Cu $\Phi$ 12x1 mm
	5. Dionica	1766	308	167	0,43	Cu $\Phi$ 18x1 mm
	6. Dionica	977	170	159	0,36	Cu $\Phi$ 15x1 mm
	7. Dionica	2743	478	125	0,42	Cu $\Phi$ 22x1 mm
	8. Dionica	481	84	160	0,30	Cu $\Phi$ 12x1 mm
	9. Dionica	3224	562	166	0,50	Cu $\Phi$ 22x1 mm
	10. Dionica	1127	196	204	0,41	Cu $\Phi$ 15x1 mm
	11. Dionica	4276	745	94	0,42	Cu $\Phi$ 28x1,5 mm
	12. Dionica	736	128	97	0,27	Cu $\Phi$ 15x1 mm
	13. Dionica	5012	874	124	0,49	Cu $\Phi$ 28x1,5 mm
PRIZEMLJE	14. Dionica	572	100	217	0,35	Cu $\Phi$ 12x1 mm
	15. Dionica	491	86	166	0,30	Cu $\Phi$ 12x1 mm
	16. Dionica	1063	185	184	0,39	Cu $\Phi$ 15x1 mm
	17. Dionica	1063	185	184	0,39	Cu $\Phi$ 15x1 mm
	18. Dionica	2126	371	80	0,33	Cu $\Phi$ 22x1 mm
	19. Dionica	451	79	143	0,28	Cu $\Phi$ 12x1 mm
	20. Dionica	2577	449	112	0,40	Cu $\Phi$ 22x1 mm
	21. Dionica	1127	196	204	0,41	Cu $\Phi$ 15x1 mm
	22. Dionica	3554	619	197	0,35	Cu $\Phi$ 22x1 mm
	23. Dionica	1503	262	126	0,36	Cu $\Phi$ 18x1 mm
	24. Dionica	5057	881	126	0,50	Cu $\Phi$ 28x1,5 mm
	25. Dionica	899	157	137	0,33	Cu $\Phi$ 15x1 mm
	26. Dionica	5956	1038	168	0,59	Cu $\Phi$ 28x1,5 mm

Povećanjem udaljenosti radijatora od dizalice topline stvaraju se lokalni otpori nastali zbog koljena, ventila i tome slično. Cirkulacijska pumpa je hidraulički stroj čija je svrha osigurati dovoljnu količinu ogrjevnog vode potrebne svakom radijatoru u zatvorenom cirkulacijskom sustavu. Pumpa izvršava ključni zadatak prijenosa kinetičke, potencijalne i energije tlaka na tekućinu upotrebljavajući mehanički rad. Često se koriste dvojne (dupleks) pumpe s ciljem uštede materijala izrade, vremena ugradnje i prostora za montiranje. Svladavanje otpora strujanja fluida kroz cijevni razvod je primarna funkcija cirkulacijske pumpe. Iz tehničke dokumentacije proizvođača Panasonic, odabrana dizalica topline ima ugrađenu pumpu za koju je dan dijagram raspoloživih brzina rada hidrauličke pumpe. Provest će se proračun pada tlaka gdje će se usporediti snaga potrebne i ugrađene pumpe kako bi ispunili zahtjeve projekta. Prilikom provođenja proračuna tražene pumpe, gledati će se dionica cjevovoda do najduljeg radijatora sustava koja se smatra kritičnom. Zbrojem padova tlakova na kritičnoj dionici dobiven je ukupni pad tlaka cjevovoda:

$$\Delta p = R + Z = r \cdot l + \sum \zeta \cdot \rho \cdot \frac{w^2}{2}$$

$\Delta p$  – ukupan pad tlaka na kritičnoj dionici, Pa

$R$  – pad tlaka zbog otpora trenja u cjevovodu, Pa

$Z$  – pad tlaka uslijed lokalnih otpora (lukovi, koljena, ventili...), Pa

$\zeta$  – koeficijent lokalnih otpora

$\rho$  – gustoća ogrjevnog medija, kg/m<sup>3</sup>

$w$  – brzina strujanja ogrjevnog medija, m/s

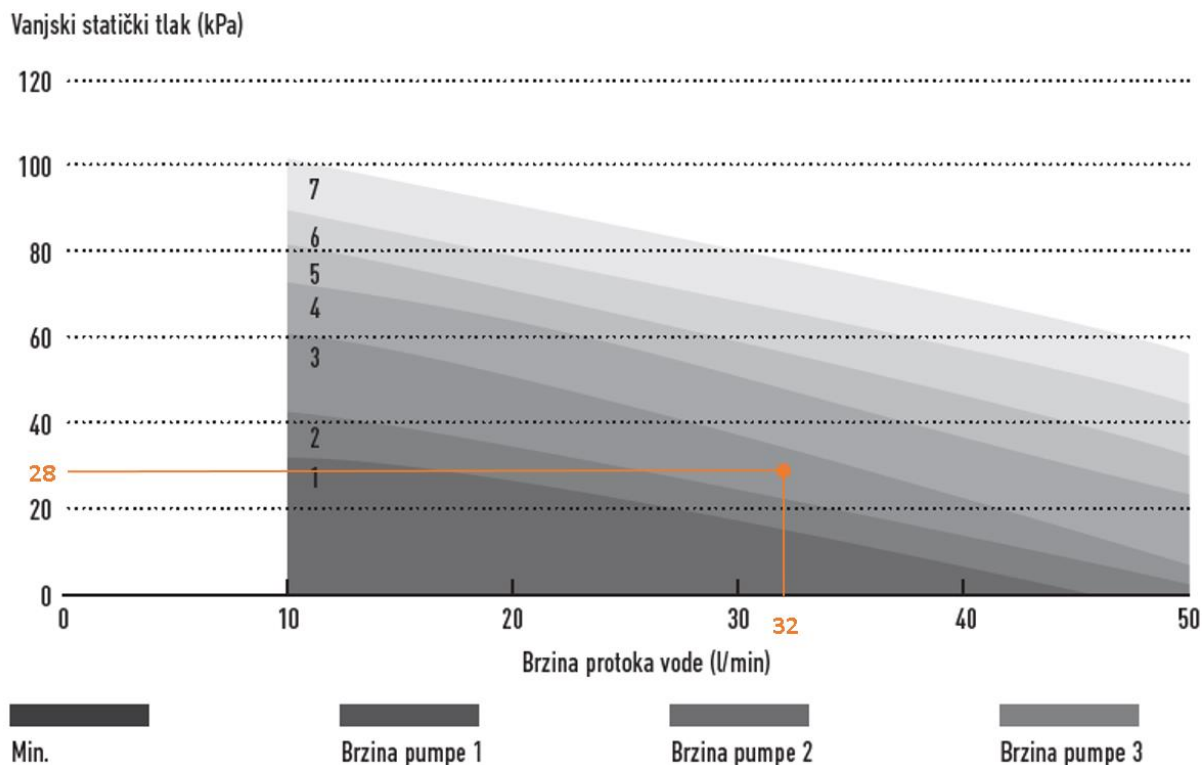
Tablica 5.6. Pad tlaka na svim dionicama cijevi

#	$r$ [Pa/m]	$l$ [m]	$R$ [Pa]	$w$ [m/s]	$\sum \zeta^* \rho^* (w^2/2)$ [Pa]	$\Delta p$ [Pa]
1	97	6,5	631	0,27	453	1084
2	202	8,2	1651	0,34	99	1750
3	96	3,8	367	0,31	47	414
4	160	5,6	902	0,30	64	966
5	167	8,8	1466	0,43	91	1557
6	159	5,9	944	0,36	131	1075
7	125	0,5	63	0,42	87	149
8	160	5,5	876	0,30	75	951
9	166	2,6	432	0,50	123	555
10	204	4,6	940	0,41	197	1138
11	94	6,1	578	0,42	87	664
12	97	5,3	518	0,27	62	580
13	124	7,8	973	0,49	118	1091
14	217	11,6	2523	0,35	761	3284
15	166	5,3	887	0,30	80	967
16	184	1,1	194	0,39	75	269
17	184	2,4	433	0,39	177	610
18	80	1,0	78	0,33	54	132
19	143	11,7	1672	0,28	64	1736
20	112	7,5	836	0,40	79	914
21	204	2,4	480	0,41	121	601
22	197	1,3	254	0,35	149	403
23	126	5,3	673	0,36	141	814
24	126	10,4	1316	0,50	123	1439
25	137	5,3	732	0,33	91	823
26	168	9,8	1647	0,59	172	1819
27	152	11	1672	0,66	589	2261
Ukupni pad tlaka [kPa]						28

Ukupni pad tlaka u cijevima polaznog i povratnog voda instalacija za obje etaže iznosi 28 kPa.

Dodavanjem pada tlaka prouzročenim prekretnim troputnim motornim ventilom i akumulacijskim spremnikom, dobiven je ukupni pad tlaka kritične dionice. Troputni ventil se montira na glavni dio cijevnog razvoda gdje regulira toplinski učin potrošača otvaranjem ili zavaravanjem ovisno o njegovom položaju u kojem se nalazi.

U tehničkoj dokumentaciji Panasonic monoblok jedinice dan je dijagram 5.6. gdje su prikazana područja rada za različite brzine pumpe. Toplinska pumpa ima mogućnost rada u tri dostupne brzine. S obzirom na dobivenu radnu točku proračunom pada tlaka, iz dijagrama se očitava da će pumpa raditi u trećoj brzini. Pošto sa dizalicom dolazi ugrađena pumpa koja ispunjava zahtjev proračuna za protok ogrjevne vode do najudaljenijeg radijatora, neće se montirati dodatna pumpa.



Slika 5.6. Dijagram učinkovitosti hidrauličke pumpe za toplinske pumpe [12]

### 5.3.2. Provjera ekspanzijske posude

Ekspanzijska posuda je sigurnosno-tehnička oprema toplovodnog sustava centralnog grijanja. Nezaobilazni je dio instalacija zbog njene funkcije održavanja tlaka vode, kompenziranja volumena uslijed promjene temperature i nadoknađivanja gubitka vode u sustavu. U nastavku će se provjeriti ugrađeni volumen ekspanzijske posude unutar monoblok jedinice za sustav. Iz Excel proračuna se izvlače podaci ukupne količine vode za sustav grijanja (tablica 5.7).

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

$V_n$  – minimalni volumen ekspanzijske posude, l

$V_e$  – porast volumena vode unutar instalacije kao posljedica povišenja temperature vode od 10°C do maksimalne temperature polaznog cjevovoda

Tablica 5.7. Ukupna količina vode u sustavu

	Ukupna količina vode $V_A$ , l
Monoblok	3
Radijatori	55,5
U cjevovodu	41
	99,5

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

$$V_e = 99,5 \cdot \frac{1,405}{100}$$

$$V_e = 1,398 \text{ l}$$

$V_A$  – ukupan volumen vode u instalaciji (cijevi, oprema, uređaji)

$n$  – koeficijent porasta volumena vode u odnosu na volumen pri 10 °C, %

Koeficijent  $n$  u ovom slučaju se gleda prema najvišoj projektnoj temperaturi grijanja koja je 55 °C te je dobiven interpolacijom prema slici 5.7. i iznosi 1,405.

t / °C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	105	110	120	130	140	150	160
n / % (-10°C on tj)		0	0,13	0,37	0,72	1,15	1,66	2,24	2,88	3,58	4,34	4,74	5,15	6,03	6,96	7,96	9,03	10,20
p <sub>0</sub> / bar		-0,99	-0,98	-0,96	-0,93	-0,88	-0,80	-0,69	-0,53	-0,30	0,01	0,21	0,43	0,98	1,70	2,61	3,76	5,18
Δn (tr)								0	0,64	1,34	2,10	2,50	2,91	3,79				
ρ / kg/m <sup>3</sup>	1000	1000	998	996	992	988	983	978	972	965	958	955	951	943	935	926	917	907

Slika 5.7. Vrijednosti koeficijenta porasta volumena vode [10]

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

$$V_V = 0,005 \cdot 99,5$$

$$V_V = 0,498 \text{ l}$$

$V_V$  – rezervni volumen vode, oko 0,5% volumena vode u instalaciji, min. 3 l

$p_0$  – minimalni radni tlak, bar

Za sustave do 10 m za vrijednost minimalnog radnog tlaka  $p_0$  uzima se 1 bar.

$$p_e = p_{sv} - 0,5$$

$p_{sv} = 3 \text{ bar}$  ; prema tehničkom listu dizalice topline

$$p_e = 3 - 0,5$$

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

Uvrštavanjem dobivenih vrijednosti u početnu formulu dobivamo sljedeći rezultat:

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

$$V_n = (1,398 + 0,498) \cdot \frac{2,5 + 1}{2,5 - 1}$$

$$V_n = 4,4 \text{ l}$$



Kao rezultat proračuna dobiven je minimalni volumen ekspanzijske posude sustava od 4,4 l. S obzirom da dizalica topline unutar monobloka ima ugrađenu ekspanzijsku posudu od 10 l, zaključak glasi da je ugrađena posuda dovoljnog volumena.

Zadnje se provodi provjera početnog tlaka vode:

$$p_{a,min} = \frac{V_n \cdot (p_0 + 1)}{V_n - V_v} - 1$$

$$p_{a,min} = \frac{10 \cdot (1,0 + 1)}{10 - 0,498} - 1$$

$$p_{a,min} = 1,1 \text{ bar}$$

$$p_{a,max} = \frac{p_e + 1}{1 + \frac{V_e(p_e + 1)}{V_n(p_0 + 1)}} - 1$$

$$p_{a,max} = \frac{2,5 + 1}{1 + \frac{1,398 \cdot (2,5 + 1)}{10 \cdot (1,0 + 1)}} - 1$$

$$p_{a,max} = 1,81 \text{ bar}$$

$$p_{a,min} \leq p_a \leq p_{a,max}$$

$$1,1 \leq 1,25 \leq 1,81 \text{ Pa}$$

## 6. TEHNIČKI OPIS SUSTAVA

### 6.1. Sustav grijanja

Za obiteljsku kuću koja se prostire na dvije etaže ukupne grijane površine od 154 m<sup>2</sup> na otoku Krku projektiran je sustav toplovodnog grijanja. Predviđeno je centralni sustav grijanja s prisilnom cirkulacijom ostvarenom pomoću cirkulacijske pumpe. Za izvor topline sustava izabrana je kompresijska dizalica topline. Dizalica topline u monoblok izvedbi proizvođača Panasonic smještena je s vanjske strane kuće čime se eliminirao problem prostornog ugrađivanja. Ekspanzijska posuda zapremnine 10 l tvornički je ugrađena u monobloku dizalice čime se ispunjavaju zahtjevi sustava grijanja. Rashladni medij dizalice topline R410A se cirkulira pomoću pumpe klase A ugrađene u njoj. Maksimalni kapacitet grijanja iznosi 12 kW koji pri visokoj vanjskoj temperaturi osjetno otpada za funkciju hlađenja. Dizalica pripada A razredu energetske učinkovitosti uz mogućnost internetskog upravljanja za što jednostavnije rukovanje. Na početku cjevovoda  $\phi$  35x 1,5 mm polaznog i povratnog voda su ugrađene kuglaste slavine za upravljanje protokom. Nakon njih je postavljen troputni motorni prekretni ventil čiji je zadatak regulacija i usmjeravanje radnog medija prema radijatorima ili spremniku potrošne tople vode. Njegovim položajem se definira otvorenost ili zatvorenost ventila. Prilikom postizanja temperature spremnika PTV-a, troputni ventil usmjerava medij prema ogrjevnim tijelima u svakoj prostoriji kuće. Pomoću sobnog termostata se postiže veza između ventila i radijatora. U slučaju zadovoljavanja projektnih temperatura prostorija ventil zaustavlja protok radnog medija. Unutar spremnika se nalazi spiralni izmjenjivač topline koji zagrijava vodu do maksimalne temperature od 85 °C te ju dostavlja potrošačima. Radni medij se dovodi vertikalnim nadžbuknim tvrdim bakrenim cijevima iz podruma do stropa prizemlja odakle se razdvajaju na grane donje i gornje etaže. Između spremnika i sanitarne opreme postavljena je recirkulacijska pumpa Yonos PICO-Z 150 proizvođača Wilo. Cirkulacijska pumpa ugrađena u dizalici topline savladava sve izračunate padove tlaka do najdaljeg ogrjevnog tijela, tj. kritičnog radijatora. Zagrijavanje prostorija je postignuto člankastim radijatorima Orion izrađeni od aluminijske legure proizvođača Lipovica s režimom rada 55/50 °C. Orion radijatori su snažan i pouzdan izvor topline koji će ispuniti sva očekivanja korisnika uz otpornost, dugotrajnost i pouzdanost.

## 6.2. Sustav pripreme PTV-a

Priprema potrošne tople vode se vrši u negrijanom podrumu smještenog ispod prizemlja . U procesu pripreme upotrebljava se akumulacijski spremnik koji je grijan preko kompresijske dizalice topline za obnovljivim izvorom energije. Definirani spremnik potrošne tople vode je PAW-TG15C1EZ zapremnine 150 l. Radni medij pri nazivnom tlaku od 6 bar se u spremniku zagrijava na 55 °C koristeći cijevni izmjenjivač površine 1,44 m<sup>2</sup> električnog učina 2 kW. Postizanjem temperature od 55 °C izbjegava se nastanak legionele. Recirkulacijom ogrjevnog medija sprječava se hlađenje vode kojom je sustav konstantno ispunjen. Za postizanje recirkulacije koristi se pumpa Yonos PICO-Z 20/0,5-6 150 proizvođača Wilo (Slika 6.1.).



*Slika 6.1. Recirkulacijska pumpa Yonos [13]*

## 7. ZAKLJUČAK

Nakon završenog proračuna, ostvaren je cilj projekta u kojem se odabralo i definiralo optimalno termotehničko rješenje za dobavu potrošne tople vode uključujući i potrebnu opremu. Prateći smjernice norme HRN EN 13790, izvršena je energetska obnova obiteljske kuće na otoku Krku u kojoj je razrađena rekonstrukcija postojećih građevnih dijelova i postavljanje slojeva toplinske izolacije. Osnovni razlog postavljanja nove toplinske izolacije, bilo je smanjenje toplinskih gubitaka te povećanje energetske učinkovitosti objekta. Istovremeno nusprodukt obnove je povećanje ugodnosti boravljenja za korisnike sa efikasnijom zaštitom objekta od atmosferskih utjecaja. Usporedili su se različite debljine izolacije vanjskih zidova te se odabrala optimalna i ekonomski prihvatljiva opcija. Za rješenje grijanja odabrana je Panasonic monoblok jedinica s mogućnosti hlađenja i grijanja tijekom cijele godine. Svojim karakteristikama i ekonomičnom potrošnjom predstavlja najbolji mogući izbor sustava grijanja od ponuđenih, a da pritom koristi obnovljive izvore energije bez negativnog efekta na okoliš. Jednako tako ne postoji problem ugradnje i smještaja jer se postavlja s vanjske strane objekta. Detaljno analizirani proračun može se smatrati platformom za buduće postavljanje toplinske izolacije i odabir termotehničkog sustava pri čemu su zadovoljene sve propisane norme i zahtjeve u današnjoj praksi.

## LITERATURA

- [1] Obnovljivi izvori energije, s Interneta: <https://www.hep.hr/projekti/obnovljivi-izvori-energije/3406>, 10. svibanj 2023.
- [2] Struktura proizvodnje električne energije iz OEI, s Interneta: <https://oie.hr/eizg-obnovljivi-izvori-nastavljaju-trend-godisnjeg-rasta-u-snazi-i-proizvodnji/>, 10. svibanj 2023.
- [3] Simbolični prikaz gubitaka topline, s Interneta: <https://ritehprojekt.hr/index.php/novosti/36-sto-sve-utjece-na-energetski-razred>, 10. svibanj 2023.
- [4] Tok proračuna potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora, Algoritam za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790, Zagreb, 2021.
- [5] Viking heating, s Interneta: [https://viking.hr/proracun-energije/prolaz\\_topline](https://viking.hr/proracun-energije/prolaz_topline), 10. svibanj 2023.
- [6] S Interneta: <https://www.knaufinsulation.hr/novosti/skola-izoliranja-20182019>, 10. svibanj 2023.
- [7] S Interneta: <https://www.manualslib.com/products/Aquarea-Paw-Tg15c1ez-10593333.html>, 10. svibanj 2023.
- [8] Centrometal „Tehničke upute za ugradnju, korištenje i regulaciju kompaktnih kotlova za loženje drvenim peletima“
- [9] S Interneta: <https://www.menerga.hr/blog/2020/11/02/princip-rada-dizalica-topline-voda-voda-zrak-voda/princip-rada-dizalica-topline-voda-voda-dizalica-topline-zrak-voda-menerga-rewatemp/>, 10. svibanj 2023.
- [10] Wolf, I: Materijali s predavanja kolegija „Tehnika grijanja“, 2021.
- [11] Dizalica topline, s Interneta: [https://www.aircon.panasonic.eu/BA\\_hr/model/wh-mxc12h6e5/](https://www.aircon.panasonic.eu/BA_hr/model/wh-mxc12h6e5/), 10. svibanj 2023.
- [12] Dijagram učinkovitosti hidrauličke pumpe za toplinske pumpe, Panasonic katalog 2018./2019.
- [13] Recirkulacijska pumpa, s Interneta: <https://wilo.com/ph/en/Products-and-expertise/en/products-expertise/building-services-residential/wilo-yonos-pico-z/yonos-pico-z-20-0-5-6-150>, 10. svibanj 2023.
- [14] Narodne novine „Tehnički propis o racionalnoj uporabi i toplinskoj zaštiti u zgradama“
- [15] Donjerković, P.: „Osnove i regulacija sustava grijanja, ventilacije i klimatizacije“, I. dio, Zagreb, 1996.

## SAŽETAK

Završni rad „Energetska obnova obiteljske kuće na otoku Krku “prema predlošku tlocrta pokriva proračun energetske obnove prema normi EN 13790 i odabir novog termotehničkog sustava. U suštini proračuna, odabrala se nova toplinska izolacija građevnih dijelova s ciljem unapređenja energetskih svojstva kuće. Proveden je cjelovit proračun toplinskih gubitaka prema normi HRN EN 12831. Selektirani termotehnički sustav je projektiran, opisan i shematski prikazan.

Ključne riječi: obnovljivi izvori energije, termotehnički sustavi grijanja i hlađenja, priprema potrošne tople vode (PTV), dizalice topline, kotlovi na pelete, ogrjevna tijela

## **SUMMARY**

The final work "Energy renovation of a family house on the island of Krk" according to the floor plan template covers the calculation of the energy renovation according to the EN 13790 standard and the selection of a new thermotechnical system. In the essence of the budget, a new thermal insulation of building parts was chosen with the aim of improving the energy properties of the house. A complete calculation of heat losses was carried out according to HRN EN 12831. The selected thermotechnical system was designed, described and schematically presented.

Key words: renewable energy sources, HVAC systems, domestic hot water (DHW), heat pumps, pellet boilers, radiators

## **POPIS PRILOGA**

1. Situacijski nacrt obiteljske kuće
2. Dispozicija ogrjevnih tijela i opreme
3. Prostorna shema spajanja radijatora
4. Funkcionalna shema Panasonic dizalice topline
5. Specifikacija materijala, opreme i radova



## **PRILOG**

### **SPECIFIKACIJA MATERIJALA, OPREME I RADOVA**

## GRIJANJE DIZALICOM TOPLINE

### 1. Dobava i ugradnja **jednofazne dizalice topline u MONOBLOK** izvedbi:

kapacitet grijanja (A +7 °C, W 35°C)	12 kW
COP (A +7 °C, W 35°C)	4,74 W/W
kapacitet grijanja (A +2 °C, W 35°C)	12 kW
COP (A +2°C, W 35°C)	3,44 W/W
kapacitet grijanja (A -7 °C, W 35°C)	12 kW
COP (A -7°C, W 35°C)	2,72 W/W
kapacitet hlađenja (A -7 °C, W 35°C)	10 kW
COP (A 35°C, W 35°C)	2,81 W/W
dimenzije V x Š x D	1410 x 1283 x 320 mm
neto težina	142 kg
priključak cijevi za vodu	R1 ¼ u inčima

#### Tehničke karakteristike pumpe:

broj brzina	varijabilna brzina
ulazna snaga (min. / maks.)	34 / 110 W

protok grijanja vode ( $\Delta T = 5 K$ 35°C)	34,4 l/min
kapacitet integriranog el. grijača	6 kW
ulazna snaga: grijanje	2,53 kW
hlađenje	3,56 kW
radna struja i struja pokretanja: grijanje	11,7 A
hlađenje	16,5 A
struja 1	29 A
struja 2	26 A
radni raspon  vanjska temperatura	-20 ~ +35 °C
izlaz vode: grijanje	25 ~ 60 °C
hlađenje	5 ~ 20 °C

Uzorak: tip WH-MXC12H6E5, proizvodi „PANASONIC“.

kompleta	1		á		=	
----------	---	--	---	--	---	--

## RADIJATORSKO GRIJANJE

Dobava i ugradnja člankastih radijatora, za sustav tople vode 55/50°C. Pribor radijatora se sastoji od redukcije, čepa, konzola ORION, spojnice, brtva, distančnika i nogice ORION.

Uzorak: tip ORION, proizvodi „LIPOVICA“.

600/95	kom	146	á		=	
--------	-----	-----	---	--	---	--

1. Dobava i ugradnja tvrdih bakrenih cijevi za temeljni razvod vode u sustavu grijanja radijatorima, prema standardu HRN C.D5.500. U cijenu uključen sav ovjesni i pričvrtni pribor, koljena, redukcije, čvrste i klizne točke, čišćenje te metalne ukrasne rozete zaštićene antikorozivnom zaštitom (kromirane).

φ 35x 1,5	m	15	á		=	
-----------	---	----	---	--	---	--

φ 28x 1,5	m	35	á		=	
-----------	---	----	---	--	---	--

φ 22 x 1	m	15	á		=	
----------	---	----	---	--	---	--

φ 18 x 1	m	15	á		=	
----------	---	----	---	--	---	--

φ 15 x 1	m	40	á		=	
----------	---	----	---	--	---	--

φ 12 x 1	m	50	á		=	
----------	---	----	---	--	---	--

2. Dobava i ugradnja izolacije za izolaciju razvoda radijatorskog grijanja, sljedećih karakteristika: toplinska vodljivost prema DIN 52612 i DIN 52613  $\lambda$  20°C = 0,038 W/mK, temperaturno područje -45°C do +105°C, prigušivanje zvuka prema DIN 4190 do 32 dB(A), gustoća 65 do 80 kg/m<sup>3</sup>, propusnost vodene pare prema DIN52165 0,09 μgm/N.h., faktor otpora difuziji vodenoj pari prema DIN 52615  $\mu \geq 7000$ , širenje plamena: klasa 1 prema HRN U.J1.060; teško zapaljiva, samogasiva, nekapajuća, ne prenosi vatru prema HRN DIN 4102, dio 1-B1, kompletno s ljepljivom i samoljepljivim izolirajućim trakama debljine 19 mm. Izolaciju je potrebno navlačiti na sljedeće dimenzije cijevi.

Uzorak: proizvod "L`ISOLANTE K-FLEX"

cijev φ 35 x 1,5	m	15	á		=	
------------------	---	----	---	--	---	--

3. Dobava i ugradnja radijatorskih ventila s termostatskom glavom, NO 15.

Uzorak: proizvod HERTZ

kom	14		á		=	
-----	----	--	---	--	---	--

4. Dobava i ugradnja radijatorskih odzračnih ventila dimenzije 3/8"

kom	9		á		=	
-----	---	--	---	--	---	--

5. Dobava i ugradnja radijatorskih ventila za povratni vod (detentora) NO 15.

komplet	14		á		=	
---------	----	--	---	--	---	--

6. Dobava i ugradnja radijatorskih prigušnica NO 15.

komplet	14		á		=	
---------	----	--	---	--	---	--

7. Dobava i ugradnja radijatorskih čepova NO 15.

komplet	9		á		=	
---------	---	--	---	--	---	--

8. Tlačna proba u skladu s uputstvima proizvođača i zahtjevima iz projekta.

komplet	1		á		=	
---------	---	--	---	--	---	--

9. Prvo puštanje u pogon u skladu s uputstvima proizvođača i zahtjevima iz projekta.

komplet	1		á		=	
---------	---	--	---	--	---	--

<b>UKUPNO RADIJATORSKO GRIJANJE</b>					=	
-------------------------------------	--	--	--	--	---	--

10. Dobava i ugradnja **stojećeg bojlera potrošne tople vode** grijanog cijevnom grijalicom.  
Temperatura medija (vode) do 85°C.

Volumen spremnika	150 litara
Promjer	500 mm
Ukupna visina	1345 mm
Težina / napunjen vodom	70/220 kg
Učin električnog grijača	2 kW
Napajanje	230 V
Materijal unutar spremnika	Emajlirani čelik
Površina izmjenjivača	1,44 m <sup>2</sup>
Gubitak energije pri 65 °C	1,41 kWh/24h
Dodatni 3-smjerni ventil PAW-3WYVLV-SI ili CZ-NV1	opcija
Uključen kabel senzora temperature duljine 20 m	da

Tehničke karakteristike uređaja:

Nazivni tlak	PN6
Klasa zaštite	I
Razred zaštite	IP24
Prosječna debljina izolacije	60 mm
Maksimalni promjer senzora	8 mm

Spremnik ima sljedeće priključke:

- ulaz hladne pitke vode:	G 1/2
- izlaz potrošne tople vode:	G 1/2

- ulaz medija u izmjenjivač topline : G 3/4
- izlaz medija u izmjenjivač topline: G 3/4

S unutrašnje i vanjske strane spremnik je zaštićen odgovarajućim premazom protiv korozije.

Uzorak: tip PAW-TG15C1EZ, proizvodi „PANASONIC“.

komplet	1		á		=	
---------	---	--	---	--	---	--

11. Dobava i ugradnja armature za vodu, za PN 6. U cijenu uključen sav brtveni i spojni pribor, vijci i holenderi.

Kuglaste slavine:

N032	kom	2	á		=	
------	-----	---	---	--	---	--

N025	kom	2	á		=	
------	-----	---	---	--	---	--

N020	kom	3	á		=	
------	-----	---	---	--	---	--

N015	kom	7	á		=	
------	-----	---	---	--	---	--

Ventili za punjenje i pražnjenje:

NO15	kom	1	á		=	
------	-----	---	---	--	---	--

Nepovratni ventili:

NO20	kom	2	á		=	
------	-----	---	---	--	---	--

Troputni motorni ventil:

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

Troputni elektromagnetski ventil:

NO20	kom	1	á		=	
------	-----	---	---	--	---	--

Troputni ventil:

NO15	kom	1	á		=	
------	-----	---	---	--	---	--

Sigurnosni ventil sa oprugom:

NO15	kom	1	á		=	
------	-----	---	---	--	---	--

Redukcijski ventil:

NO15	kom	1	á		=	
------	-----	---	---	--	---	--

12. Dobava i ugradnja armature iz bronce za ugradnju na cjevovod potrošne tople vode za PN 6 gdje se spajanje izvodi pomoću holendera. U cijenu uključen sav brtveni, spojni pribor i holenderi.

Nepovratni ventili:

NO20	kom	1	á		=	
------	-----	---	---	--	---	--

13. Dobava i ugradnja **recirkulacijske pumpe** u sustavu potrošne tople vode. Pumpa je odabrana za sljedeće parametre:

- radna temperatura	60 °C
- protok vode	1,00 m <sup>3</sup> /h
- visina dobave	2,00 m
- gustoća vode	983,20 kg/m <sup>3</sup>
- Kinematički viskozitet	0,47 mm <sup>2</sup> /s

Tehničke karakteristike pumpe:

materijal kućišta	lijevano željezo (1.4409)
materijal rotora	kompozitni materijal (PPO-GF30)
materijal vratila	oksidna keramika
materijal ležaja	ugljeni grafit
maks. radni tlak	1 Mpa
temperatura medija	2 °C ... + 95 °C
maks. temperatura okoline	40 °C
el. specifikacija	1~ 230 V / 50 Hz
snaga motora	40 W
jakost apsorbirane struje	0,44 A
priključak cijevi s usisne strane	G 1 1/4, PN 10
priključak cijevi s tlačne strane	G 1 1/4, PN 10
duljina	150 mm
masa crpke	1,5 kg

Uzorak: tip Yonos PICO-Z 20/0,5-6 150, proizvodi „WILO“.

kompleta	1		á		=	
----------	---	--	---	--	---	--

14. Dobava i ugradnja termometara u metalnom kućištu za mjerno područje 0-120 °C, za PN 6. U cijenu uračunati brtveni i spojni pribor.

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

15. Dobava i ugradnja manometra u metalnom kućištu za mjerno područje 0-4 bara, za PN 4. U cijenu uračunata pripadajuća trokraka slavina te brtveni i spojni pribor.

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