

EVALUACIJA ENERGETSKE UČINKOVITOSTI SUSTAVA GRIJANJA ZGRADE S DIZALICOM TOPLINE U RAZLIČITIM RADNIM UVJETIMA

Tuk, Michael

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:190:414400>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-10-20**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U RIJECI

TEHNIČKI FAKULTET

Sveučilišni prijediplomski studij strojarstva

Završni rad

**EVALUACIJA ENERGETSKE UČINKOVITOSTI SUSTAVA
GRIJANJA ZGRADE S DIZALICOM TOPLINE U RAZLIČITIM
RADNIM UVJETIMA**

Rijeka, rujan 2024.

Michael Tuk

0069094570

SVEUČILIŠTE U RIJECI

TEHNIČKI FAKULTET

Sveučilišni prijediplomski studij strojarstva

Završni rad

**EVALUACIJA ENERGETSKE UČINKOVITOSTI SUSTAVA
GRIJANJA ZGRADE S DIZALICOM TOPLINE U RAZLIČITIM
RADNIM UVJETIMA**

Mentor: prof. dr. sc. Igor Wolf

Rijeka, rujan 2024.

Michael Tuk

0069094570

Rijeka, 18.03.2024.

Zavod: Zavod za termodinamiku i energetiku
Predmet: Tehnika grijanja

ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Pristupnik: **Michael Tuk (0069094570)**
Studij: Sveučilišni prijediplomski studij strojarstva (1010)
Zadatak: **Evaluacija energetske učinkovitosti sustava grijanja zgrade s dizalicom topline u različitim radnim uvjetima / Evaluation of the energy efficiency of a heat pump heating system for a residential building under different operating conditions**

Opis zadatka:

Projektirati sustav grijanja i pripreme potrošne tople vode (PTV) za stambenu zgradu, čije su arhitektonske podloge sastavni dio ovoga zadatka. Predvidjeti niskotemperaturno centralno grijanje prostorija te akumulacijski sustav pripreme PTV-a, s kompresorskom dizalicom topline u odgovarajućoj izvedbi, uzimajući u obzir i iskorištavanje sunčeve energije. Izvedbu predmetnoga sustava definirati na temelju tehnno-ekonomske analize, s ciljem pronalaženja energetske, ekonomske i ekološke najpovoljnijega rješenja. Pritom je u razmatranje potrebno uzeti različite radne uvjete (tipove ogrjevnih tijela, radne temperature, povezivanje elemenata sustava na strani vode i sl.) te proračunati pripadajuće sezonske faktore grijanja. Konačno odabranu izvedbu sustava treba obraditi u obliku glavnoga strojarškoga projekta, s proračunima, odabirom opreme, nacrtima i troškovnikom.

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

Zadatak uručen pristupniku: 20.03.2024.

Mentor:
prof. dr. sc. Igor Wolf

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

Ja, Michael Tuk, izjavljujem da sam ovaj rad napisao samostalno i prema svim pravilima pisanja završnih radova, te da nisu na nedozvoljeni način korišteni sadržaji drugih radova. Svi citati i navodi koji su korišteni iz raznih literatura, knjiga te web stranica pravilno su označeni i navedeni u popisu literature.

Michael Tuk

Zahvaljujem se svom mentoru prof. dr. sc. Igoru Wolfu na pomoći i sugestijama prilikom rješavanja zadanog zadatka te svim savjetima za uspješno napravljeni rad. Također zahvaljujem se i svim ostalim profesorima koji su mi predavali na prijediplomskom studiju strojarstva te mi prenijeli određeno znanje koje ću primjenjivati u daljnjem životu.

SADRŽAJ:

1. UVOD	1
1.1. Opis promatrane zgrade.....	2
2. PRORAČUN TOPLINSKIH GUBITAKA ZGRADE	3
2.1. Vanjska projektna temperatura	4
2.2. Transmisijski toplinski gubici.....	6
2.2.1. Koeficijent transmisijskoga gubitka topline iz grijana prostora prema vanjskome okolišu.....	6
2.2.2. Koeficijent transmisijskog gubitka kroz negrijane prostore	6
2.2.3. Koeficijent transmisijskoga gubitka topline od grijana prostora prema tlu	7
2.2.4. Koeficijent transmisijskoga gubitka topline od grijana prostora prema susjednom prostoru koji se grije na nižu temperaturu	7
2.3. Ventilacijski toplinski gubici <i>i</i> -toga grijanog prostora.....	7
2.4. Toplinsko opterećenje pojedinačnoga grijanog prostora	7
2.5. Proračun toplinskih gubitaka	8
3. SUSTAV PRIPREME POTROŠNE TOPLE VODE.....	12
4. PRORAČUN POTREBNE ENERGIJE ZA GRIJANJE ZGRADE	14
4.1. Osnovni podaci za proračun u programu KI Expert Plus	14
4.2. Definiranje građevnih dijelova	15
4.3. Energetska iskaznica.....	18
5. ODABIR ELEMENATA SUSTAVA GRIJANJA I PRIPREME POTROŠNE TOPLE VODE	19
5.1. Podno grijanje.....	19
5.1.1. Proračun podnog grijanja.....	20
5.2. Radijatorsko grijanje.....	25
5.2.1. Proračun radijatorskog grijanja	25
5.3. Grijanje ventilokonvektorima.....	26
5.3.1. Odabir ventilokonvektora	27
5.4. Dizalica topline.....	28
5.4.1. Radna tvar	29
5.4.2. Dimenzioniranje dizalice topline	31
5.4.3. Odabir dizalice topline	31
6. PRORAČUNI ISPORUČENE I PRIMARNE ENERGIJE TE ODABIR NAJPOVOLJNIJEG TERMOTEHNIČKOG SUSTAVA	35
6.1. Termotehnički sustav s dizalicom topline i podnim grijanjem.....	36
6.2. Termotehnički sustav s dizalicom topline i radijatorima	38
6.3. Termotehnički sustav s dizalicom topline i ventilokonvektorima	39

6.4. Usporedba promatranih termotehničkih sustava	40
6.5. Fotonaponski sustav	40
6.6. Energetski certifikat zgrade	41
7. ODABIR OSTALIH ELEMENATA ODABRANOG SUSTAVA.....	44
7.1. Ekspanzijska posuda.....	44
7.2. Cirkulacijske pumpe	44
7.2.1. Dimenzioniranje cjevovoda	44
8. TEHNIČKI OPIS	46
9. ZAKLJUČAK	47
LITERATURA	48
POPIS OZNAKA I KRATICA.....	50
SAŽETAK I KLJUČNE RIJEČI.....	52
POPIS SLIKA	54
POPIS TABLICA	55

1. UVOD

Tema ovog rada jest proučiti djelovanje dizalice topline u različitim režimima rada sustava grijanja i pripreme potrošne tople vode u stambenoj zgradi te utvrditi najučinkovitiju izvedbu sustava i radne uvjete za zadani objekt.

Zbog porasta koncentracije stakleničkih plinova u atmosferi i posljedičnoga globalnog zatopljenja, sve više se ulaže u obnovljive izvore energije. Fosilna goriva su, još uvijek, neizbježan izvor energije za industriju, ali se razvojem industrije svake godine sve više zamjenjuju s obnovljivim izvorima energije u koje se ulažu značajna sredstva radi smanjenja emisije CO₂.

Direktivom o obnovljivim izvorima energije, koja je usvojena 2023. godine, povećan je cilj za obnovljive izvore energije za 2023. g. na 42,5%, s tendencijom porasta udjela na 45%. Što znači da bi se minimalno 42,5% ukupne potrebne energije, na godišnjoj bazi, trebalo generirati iz obnovljivih izvora energije.

Sve nove zgrade moraju biti gotovo nulte energije (engl. *nearly zero-energy building*, nZEB), što znači da moraju imati nultu ili gotovo nultu potrošnju energije, odnosno većinu energije koju koriste za svoje potrebe moraju dobiti iz obnovljivih izvora raspoloživih oko same zgrade.

Zgrade koje zadovoljavaju zahtjeve za nZEB pripadaju A ili A+ razredu energetske učinkovitosti. Te odredbe donosi vlada, a energetske razrede služe kako bi se lakše predočilo koliko zgrada troši energije na godišnjoj razini te koliko je energetske učinkovita. Razred A je visoki razred energetske učinkovitosti, što znači da troši manje energije u odnosu na ostale razrede (B, C, D, E). Zgrade s energetske razredom A smiju trošiti do 25 kWh/m²god, dok zgrade s energetske razredom A+ ne smiju prelaziti 15 kWh/m²god ukupne potrošene energije za grijanje. Drugi kriterij je specifična godišnja primarna energija te ona za energetske razred A iznosi 45-80 kWh/m²god, dok za energetske razred A+ iznosi < 45 kWh/m²god, te se ona odnosi na grijanje, hlađenje, ventilaciju, potrošnu toplu vodu i električne uređaje. U ovome slučaju se odnosi na grijanje i potrošnu toplu vodu.

Dizalice topline su uređaji koji omogućuju prijenos topline iz spremnika niže temperaturne razine u spremnik više temperaturne razine uz ulaganje dodatne energije te koristeći lijevokretni kružni proces i odgovarajuću radnu tvar, drugim riječima omogućuju da se energija hladnijeg tijela preda toplijem tijelu uz dovođenje dodatne energije.

Kompresorska dizalica topline, koja se koristi u radu, je tipa zrak-voda, što znači da uzima energiju iz vanjskog zraka te ju predaje vodi pomoću lijevokretnog kružnog procesa.

Podno grijanje je sustav ogrjevnih tijela koja se polažu u pod u obliku cijevnog razvoda, te rade na nižim temperaturama u odnosu na ostale tipove ogrjevnih tijela, npr. radijatore ili

ventilokonvektore. Niskotemperaturni sustavi grijanja trebaju manje energije za svoj rad, te svojom primjenom olakšavaju postizanje krajnjeg cilja povećanja energetske učinkovitosti.

Fotonaponske elektrane su jedan od sustava za iskorištavanje obnovljivih izvora energije, a služe za pretvaranje sunčeve energije u korisnu električnu energiju. Primjena vlastite fotonaponske elektrane smanjuje ovisnost objekta o energiji iz javne elektrodistribucijske mreže, koja je najvećim dijelom generirana iz neobnovljivih izvora energije.

Svi navedeni uređaji razmotreni su i implementirani u ovome radu, u kojem je potrebno, na temelju tehno-ekonomske analize, utvrditi energetski, ekonomski i ekološki najpovoljniju izvedbu i radne uvjete sustava grijanja i pripreme potrošne tople vode za promatranu niskoenergetsku stambenu zgradu.

1.1. Opis promatrane zgrade

Zgrada je modernog stila gradnje s krovom na jednu vodu nagiba 12° i sastoji se od triju etaža. Vanjski zidovi zgrade su rađeni od glinene opeke te armiranog betona. S unutarnje strane je vapneno cementna žbuka te na podovima keramika i parket dok je s vanjske strane mineralna vuna srednje kvalitete, debljine 20 cm. Vanjske dimenzije zgrade su 12,8 x 6,8 m, što predstavlja tlocrtno površinu od 87 m². Na prvoj etaži zgrade nalazi se podrum koji je jednim dijelom ukopan u zemlju te se sastoji od tri prostorije od kojih je jedna negrijana. Na drugoj etaži zgrade je prizemlje i tu se nalazi šest prostorija od kojih je također jedna negrijani prostor. Treća etaža je kat, koji se sastoji od šest prostorija. Cijela zgrada sadrži dvije kupaonice, tri spavaće sobe, kuhinju, kotlovnicu, dva hodnika, dnevni boravak te pomoćne prostorije.

2. PRORAČUN TOPLINSKIH GUBITAKA ZGRADE

Proračun toplinskih gubitaka vrši se prema normi HRN EN 12831, što predstavlja mjerodavnu normu za određivanje toplinskih gubitaka.

Norma HRN EN 12831 donosi:

- metodologiju proračuna toplinskih gubitaka za pojedini grijani prostor (zonu, stan, sobu, ured) radi utvrđivanja potrebnih učina ogrjevnih tijela,
- metodologiju proračuna toplinskih gubitaka za cijelu zgradu ili zasebnu cjelinu zgrade u svrhu određivanja potrebe za toplotom, te
- metodologiju pojednostavljene proračunske metode.

Norma HRN EN 12831 može se koristiti uz sljedeće pretpostavke:

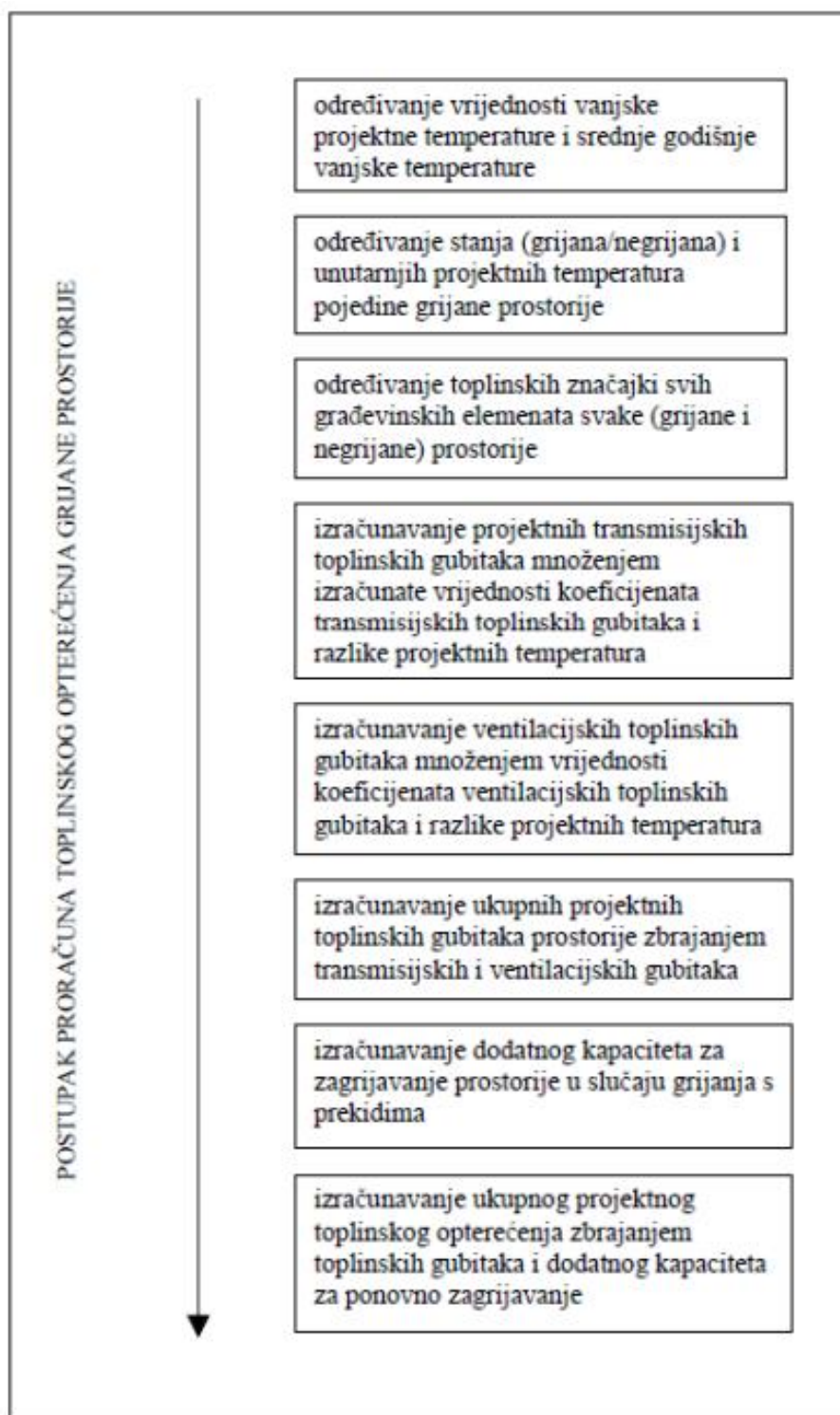
- zgrade čije prostorije nemaju strop viši od 5 m,
- zgrade koje su grijane ili se pretpostavlja da su grijane na vremenski nepromijenjenu (stacionarnu) temperaturu, te
- zgrade za koje se pretpostavlja da je temperatura zraka u prostoriji jednaka osjetnoj temperaturi.

Dodaci normi HRN EN 12831 sadrže informacije kako projektirati u slučajevima zgrada s visokim stropovima te u zgradama u kojima se značajno razlikuju osjetna temperatura i temperatura prostora.

Osnovne proračunske metode se temelje na pretpostavci da su temperature i vlažnost zraka konstantni parametri te da su fizikalna svojstva materijala građevine također konstantna.

Proračun se vrši određivanjem transmisijskih i ventilacijskih toplinskih gubitaka.

Tijek proračuna toplinskog opterećenja prikazan je na slici 1.



Slika 1. Tijek proračuna toplinskog opterećenja grijane prostorije [14]

2.1. Vanjska projektne temperatura

Vanjska projektne temperatura, ili projektne temperatura vanjskog zraka, prema normi HRN EN 12831 može se odrediti na dva načina:

- izračunati prema normi HRN EN ISO 15927-5 i navesti u nacionalnom dodatku norme HRN EN 12831 ili

- usvojiti vrijednost najmanje dvodnevne srednje temperature, koja je izmjerena barem 10 puta tijekom dvadesetogodišnjega razdoblja.

Vanjska projektna temperatura je specifična temperatura koja se koristi za projektiranje sustava grijanja, hlađenja, klimatizacije i ventilacije.

Tablica 1. Vanjska projektna temperatura za gradove i mjesta u RH [14]

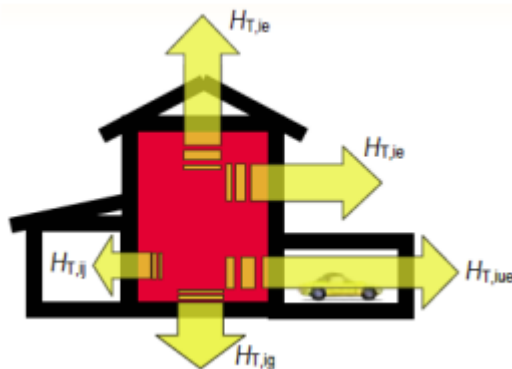
Lokacija	Projektna temperatura ϑ_e °C	Lokacija	Projektna temperatura ϑ_e °C
Belje	-16	Ogulin	-14
Benkovac	-6	Opatija	-6
Bjelovar	-14	Osijek	-16
Cres	-6	Pazin	-10
Crikvenica	-6	Petrinja	-21
Čakovec	-20	Poreč	-7
Čazma	-18	Požega	-16
Daruvar	-14	Pula	-6
Delnice	-18	Rab	-2
Donji Miholjac	-18	Rijeka	-8
Dubrovnik	-2	Rovinj	-6
Đakovo	-18	Senj	-9
Garešnica	-18	Sisak	-12
Gospić	-18	Slavonski Brod	-16
Hvar	-1	Slunj	-15
Imotski	-6	Split	-3
Jastrebarsko	-18	Šibenik	-6
Karlovac	-15	Topusko	-17
Knin	-9	Trogir	-3
Koprivnica	-15	Varaždin	-15
Krk	-6	Veli Lošinj	-3
Križevci	-15	Vinkovci	-15
Kutina	-18	Virovitica	-20
Lepoglava	-21	Vukovar	-18
Lipik	-16	Zadar	-5
Makarska	-1	Zagreb Grič	-10
Našice	-13	Zg Maksimir	-13
Nova Gradiška	-18	Pleso aerodrom	-16

Zgrada koja je predmet ovog projekta nalazi se u Zagrebu, te je odabrana projektna vanjska temperatura -10 °C (tablica 1).

2.2. Transmisijski toplinski gubici

Transmisijski toplinski gubici i -tog grijanog prostora računaju se prema izrazu:

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\vartheta_{int,i} - \vartheta_e), W \quad (2.1)$$



Slika 2. Transmisijski toplinski gubici [14]

2.2.1. Koeficijent transmisijškoga gubitka topline iz grijana prostora prema vanjskome okolišu

Koeficijent transmisijškoga gubitka topline iz grijana prostora prema vanjskome okolišu kroz sve građevne elemente (zidove, pod, strop, vrata, prozore), uključujući linearne toplinske mostove, računa se prema izrazu:

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_l l_1 \cdot \psi_l \cdot e_l, W/K \quad (2.2)$$

2.2.2. Koeficijent transmisijškoga gubitka kroz negrijane prostore

Ako postoji negrijani prostor između grijana prostora i vanjskoga okoliša, koeficijent transmisijškoga gubitka topline iz grijana prostora u okoliš kroz negrijani prostor računa se prema izrazu:

$$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u + \sum_l \psi_l \cdot l_1 \cdot b_u, W/K \quad (2.3)$$

2.2.3. Koeficijent transmisijškoga gubitka topline od grijana prostora prema tlu

Gubici topline kroz podove i zidove podruma ovisni su o površini i izloženu opsegu podne plohe, dubini podrumškoga poda ispod površine tla i toplinskim svojstvima tla. Gubici topline prema tlu mogu se proračunati prema normi HRN EN ISO 13370, koristeći jedan od dva načina - detaljan ili pojednostavljen.

Koeficijent transmisijškoga gubitka topline od grijana prostora prema tlu u stacionarnom stanju iznosi:

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot (\sum_k A_k \cdot U_{ekv,k}) \cdot G_w, W/K \quad (2.4)$$

2.2.4. Koeficijent transmisijškoga gubitka topline od grijana prostora prema susjednom prostoru koji se grije na nižu temperaturu

Ovaj koeficijent opisuje izmjenu topline između dvaju prostora grijanih na različitu temperaturu. Susjedna prostorija može biti prostorija unutar stambene jedinice (kupaonica, spremište), prostorija koja pripada susjednoj stambenoj jedinici ili prostorija koja pripada susjednoj zgradi koja se možda ne grije. Proračunava se prema sljedećem izrazu:

$$H_{T,ij} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k, W/K \quad (2.5)$$

2.3. Ventilacijski toplinski gubici *i*-toga grijanog prostora

Izmijenjeni toplinski tok uslijed ventilacijskih toplinskih gubitaka *i*-toga grijanog prostora izračunava se prema izrazu:

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\vartheta_{int,i} - \vartheta_e), W \quad (2.6)$$

2.4. Toplinsko opterećenje pojedinačnoga grijanog prostora

Za grijani prostor toplinsko opterećenje proračunava se prema izrazu:

$$\Phi_{UK} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}, W \quad (2.7)$$

Proračun toplinskih mostova se kod novih zgrada može uzeti paušalno kao dodatak (uvećanje) $\Delta U = 0,02 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ na proračunski koeficijent prolaza topline ako zgrade zadovoljavaju zahtjeve Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama za nZEB.

2.5.Proračun toplinskih gubitaka

Koeficijent prolaza topline je količina topline koju građevni element izgubi u 1 sekundi na površini od 1 m^2 kod razlike temperature od 1 K . Oznaka je U , a mjerna jedinica $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$. Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (u Hrvatskoj) je regulativa koja postavlja standarde za energetske efikasnost i toplinsku zaštitu novih i rekonstruiranih zgrada. Cilj ovog Propisa je smanjenje potrošnje energije u zgradama, poboljšanje udobnosti stanovanja, te smanjenje emisije štetnih gasova, što doprinosi zaštiti okoliša.

Koeficijenti prolaza topline za građevne dijelove prikazani su u tablici 2.

Tablica 2. Koeficijenti prolaza topline kroz građevne dijelove

Koeficijenti prolaza topline kroz građevne dijelove				
Građevni dio	Građevni sloj	Debljina [mm]	Toplinska vodljivost [W/mK]	Koeficijent prolaza topline [W/m ² K]
Zid od betona	Vapnena žbuka	2	0,02	0,17
	Armirani beton	18	0,069	
	Mineralna vuna	20	5,714	
	Polimerna žbuka	0,5	0,007	
Zid od opeke	Vapnena žbuka	2	0,02	0,16
	Šuplja opeka	18	0,327	
	Mineralna vuna	20	5,714	
	Polimerna žbuka	0,5	0,007	
Zid prema prostoriji 3, 8, 15	Vapnena žbuka	1	0,01	0,38
	Armirani beton	10	0,038	
	Mineralna vuna	8	2,286	
	Vapnena žbuka	1	0,01	
Zid prema prostoriji 8, 15	Vapnena žbuka	1	0,01	0,39
	Armirani beton	5	0,028	
	Mineralna vuna	3	2,186	
	Vapnena žbuka	1	0,01	
Pod u podrumu	Puna opeka	1	0,012	0,38
	Polimerno ljepilo	1	0,011	
	Beton	6	0,055	
	Armirani beton	20	0,077	
	Mineralna vuna	8	2,286	
Strop	Vapnena žbuka	2	0,02	0,22
	Armirani beton	18	0,069	
	Mineralna vuna	15	4,286	

Proračun toplinskih gubitaka prostorija proveden je pomoću tabličnog kalkulatora pripremljenog u računalnom programu Microsoft Excel. U tablici 3 prikazan je primjer proračuna za jednu prostoriju. Proračuni za ostale prostorije dani su u prilogu ovoga rada, a rekapitulirani su u tablici 4.

Tablica 3. Primjer proračuna toplinskih gubitaka za jednu prostoriju

Kat	Stan	Prostorija	Namjena prostora																	
Kat	1	14	Kupaona																	
Projektna temperatura prostorije ϑ_{int} , °C			25																	
Projektna vanjska temperatura ϑ_{e} , °C			-10																	
$\Delta\vartheta$, °C	$\vartheta_{int}-\vartheta_e$	35																		
Transmisijski toplinski gubici																				
Element	Duljina (visina)	m	Širina m	A m ²	A _{uk} m ²	U _k W/(m ² K)	U _{k,kor} W/(m ² K)	b _u	f _{ij}	P	B'	f _{g1}	f _{g2}	H _{T,ie} W/K	H _{T,iue} W/K	H _{T,ig} W/K	H _{T,ij} W/K	H _T W/K	Φ _T W	
Vanjski zid 1	2,8		1,1	3,08	3,08	0,16	0,21							0,65						
Vanjski zid 2	2,8		1,83	5,124	4,494	0,17	0,22							0,99						
Prozor	0,7		0,9	0,63	0,63	2,9	2,95							1,86						
Zid prema prostoriji 11	2,8		2,3	6,44	6,44	0,39	0,39		0,2									0,50		
Zid prema prostoriji 13	2,8		2,93	8,204	6,769	0,39	0,39		0,2									0,53		
Zid prema prostoriji 16	2,8		2,3	6,44	6,44	0,39	0,39		0,2									0,50		
Vrata	2,05		0,7	1,435	1,435	2	2		0,2										0,57	
Strop	1,85		2,83	5,2355	5,2355	4,36	4,41	0,37							8,54					
Pod prema prostoriji 11	1,85		1,77	3,2745	3,2745	1,43	1,48		0,14										0,68	
Ventilacijski toplinski gubici														Dodatni toplinski učin			Ukupni toplinski gubici			
V _p m ³	n _{min}	h-1	n ₅₀	h-1	e _i	ε _i	V _{min} m ³ /h	V _{inf} m ³ /h	max [V _{m,V,j}]	H _v W/K	Φ _v W	A _i m ²	f _{RH}	Φ _{RH} W	Φ _{uk} W	600				
13,61	0,5	1	0,02	1			6,81	0,54	6,81	2,31	80,99			5,24	9					
Napomena:																Φ/m ² W/m ²	115			
Vanjski zid računat s polimernom zbukom 0,5 cm vunom 20 cm opekam 18 cm i vapnenom cementnom zbukom 2 cm																				
Vanjski zid računat s polimernom zbukom 0,5 cm vunom 20 cm betonom 18 cm i vapnenom cementnom zbukom 2 cm																				
Zid prema prostoriji 12,13,16 računat s debljinom vune 8 cm i s svake strane vapnenom cementnom zbukom od 2 cm																				
Strop računat s debljinom betona 18 cm i vapnenom cementnom zbukom debljine 2 cm																				
Pod računat s parketom 2 cm glazura 8 cm beton 4 cm opeka 15 cm vapnena cementna žbuka 1 cm																				

Tablica 4. Ukupni toplinski gubici za cijelu zgradu

Prostorija	Unutarnja projekta temperatura °C	Površina prostora	Gubici KW	Gubici po metru kvadratnom W/m
Skladište	18	9,76	0,8	86
Kotlovnica i skladište	18	41,82	1,77	45
Ostava	NP	16,71	0,00	0
Kuhinja i dnevni boravak	20	43,26	2,29	55
Stubište	18	3,47	0,31	42
Hodnik	18	6,96	0,51	69
Kupaona	25	5,21	0,69	102
Skladište	NP	5,06	0,00	0
Ostava	18	4,24	0,35	86
Soba	20	17,15	1,18	69
Soba	20	17,15	1,18	69
Stubište	18	5,77	0,57	74
Hodnik	18	6,04	0,21	38
Kupaona	25	5,24	0,60	115
Ormar	NP	5,75	0,00	0
Soba	20	11,08	1,04	97
UKUPNO		204,67	12	

3. SUSTAV PRIPREME POTROŠNE TOPLE VODE

Proračun potrošne tople vode (PTV) u sustavima grijanja ključan je za osiguranje da sustav zadovolji potrebe za toplom sanitarnom vodom u zgradi. Proračun je namijenjen određivanju potrebnog kapaciteta za pripremu tople vode, što se može razlikovati ovisno o različitim faktorima kao što su: broj korisnika, specifične potrebe prostora i količina potrošnje.

Pri dimenzioniranju PTV-a potrebno je odrediti broj osoba u zgradi, vrstu prostora, da li se radi o obiteljskoj kući, zgradi, hotelu...

Proračun se vrši tako da broj osoba pomnožimo s dnevnom potrošnjom PTV-a za jednu osobu, koja iznosi 35-70 l za stambene objekte.

Potreban učin grijanja PTV-a se računa prema izrazu:

$$Q_{\text{PTV}} = M_V \cdot c_{pV} (\vartheta_{\text{PTV}} - \vartheta_{\text{HV}}), \text{ kWh} \quad (3.1)$$

Koji iznosi 8,16 kWh

Potreban učin grijača u određenom vremenskom intervalu (z_a) koji je u ovom slučaju uzet 3 sata :

$$Q_{\text{Gr,PTV}} = \frac{Q_{\text{PTV}}}{z_a}, \text{ W} \quad (3.2)$$

Koji iznosi 2,72 kW.

Toplinski učin grijanja računa se prema izrazu :

$$Q_{\text{Gr,PTV}} = \frac{Q_{\text{PTV}} \cdot z_b}{z_a + z_b}, \text{ W} \quad (3.3)$$

Koji iznosi kW : 2,04 kW.

Volumen spremnika određuje se prema sljedećem izrazu :

$$V_{\text{PTV}} = \frac{c \cdot b}{\rho_V \cdot c_{pV} (\vartheta_{\text{SPR}} - \vartheta_{\text{HV}})}, \text{ m}^3 \quad (3.4)$$

Koji iznosi: 197 l.

U ovom projektu predviđeno je da boravi 4 osobe te da je dnevna potrošnja PTV-a po osobi 45 l, te je minimalno potrebno osigurati spremnik kapaciteta 197 l.

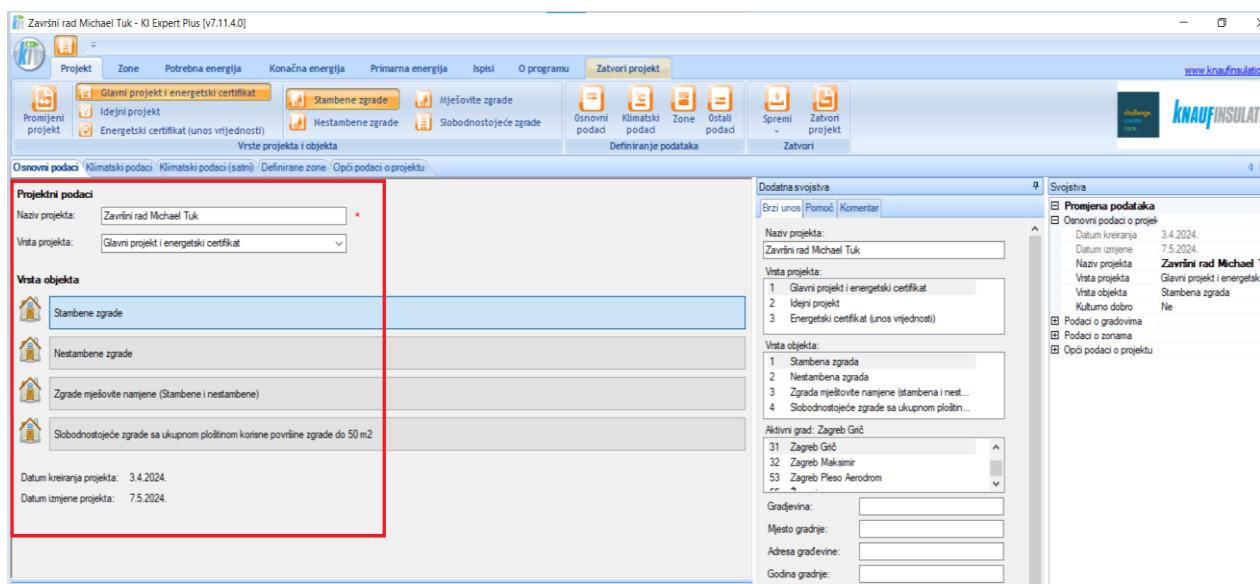
4. PRORAČUN POTREBNE ENERGIJE ZA GRIJANJE ZGRADE

Potrebna energija za grijanje računa se na godišnjoj razini te se iskazuje u kWh. To je potrebna energija grijanja tijekom godine koja se proračunava na temelju bilance toplinskih gubitaka i iskorištenih toplinskih dobitaka u zgradi. Za sve nove zgrade ona mora zadovoljavati energetske certifikat A+ ili A, u protivnom se ne može izdati građevinska dozvola za zadani projekt. Potrebna energija grijanja računata je u računalnom programu KI Expert Plus firme Knauf Insulation, u kojemu je prikazano koliko je energije potrebno za svaki pojedini mjesec.

4.1. Osnovni podaci za proračun u programu KI Expert Plus

KI Expert Plus je hrvatski računalni program koji služi za računanje potrebne, konačne i primarne energije za grijanje, hlađenje, pripremu potrošne tople vode te rasvjetu različitih tipova zgrada.

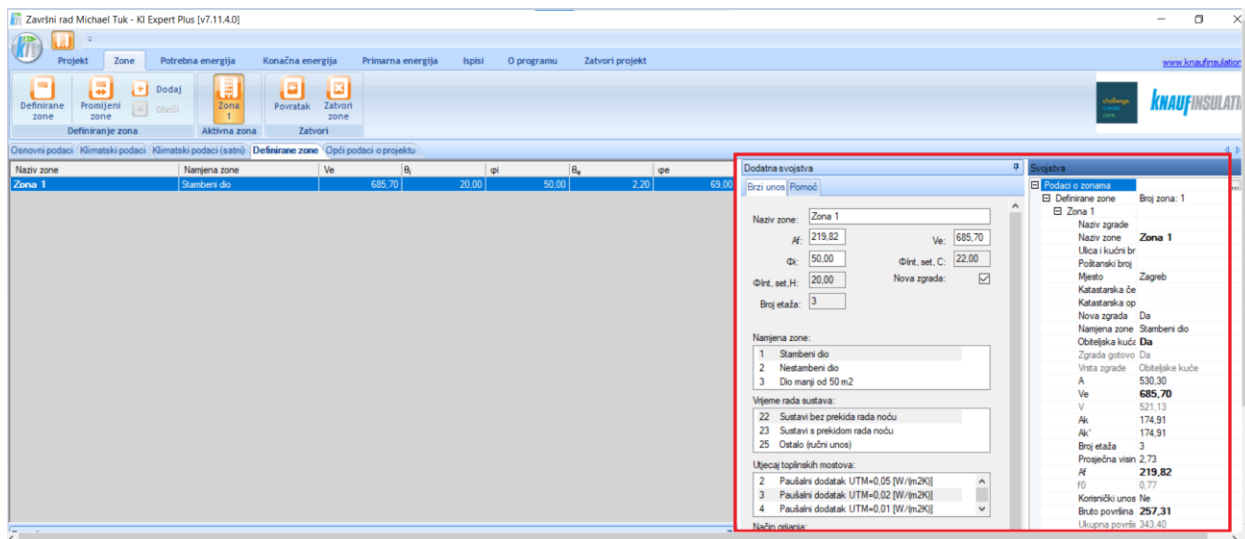
U programu je prvo potrebno odrediti osnovne podatke kao što su naziv projekta, vrsta projekta, vrsta objekta, datum kreiranja projekta, itd.



Slika 3. Osnovni podaci za proračun u programu KI Expert Plus

Nakon upisa osnovnih podataka, potrebno je definirati toplinske zone objekta te upisati podatke o dimenzijama zgrade, vanjskoj projektnoj temperaturi, površini te volumenu zgrade...

Podjela zgrade u više proračunskih toplinskih zona vrši se ako pojedine prostorije imaju unutarnje projektne temperature koje se razlikuju za više od 4 °C, ako imaju različite termotehničke sustave ili namjene (slika 4).



Slika 4. Definiranje toplinskih zona u programu KI Expert Plus

Proračun potrebne energije prema normi HRN EN ISO 13790 moguć je na tri načina:

- cijela zgrada tretirana kao jedna toplinska zona,
- zgrada podijeljena u nekoliko zona, među kojima je razlika unutarnjih temperatura $< 5 \text{ }^\circ\text{C}$, pa se izmjena topline između samih zona ne uzima u obzir
- zgrada podijeljena u nekoliko zona, među kojima je razlika unutarnjih temperatura $> 5 \text{ }^\circ\text{C}$, pa se izmjena topline između zona uzima u obzir.

U ovome projektu je definirana zona 1 koja obuhvaća cijelu zgradu.

Potrebno je definirati unutarnju projektnu temperaturu prema normi HRN EN 13790

Tablica 5. Unutarnje projektne temperature prema normi HRN EN 13790 [14]

Vrsta prostora	Sezona grijanja zimi ϑ_{int} , $^\circ\text{C}$	Kontinentalna Hrvatska - sezona hlađenja ϑ_{int} , $^\circ\text{C}$	Primorska Hrvatska - sezona hlađenja ϑ_{int} , $^\circ\text{C}$
Obiteljske kuće	20	22	24
Stambene zgrade	20	22	24

4.2. Definiranje građevnih dijelova

Definiranje građevnih dijelova vrši se postepeno za svaku vrstu zidova, podova te stropova. Potrebno je definirati svaki sloj građevnog dijela počevši od unutarnjeg prostora prema vanjskome, kako bi se mogli odrediti koeficijent prolaza topline, unutrašnja raspodjela temperatura te otpornost na kondenzaciju vodene pare iz zraka koja difuzijom prolazi kroz građevni element. Također je potrebno definirati naziv građevnog dijela, vrstu, površinu na pojedinoj strani svijeta te nagib građevne površine. Potrebno je odrediti i u kojoj se zoni nalazi određeni građevni dio.

Slojevi građevnog dijela se odabiru iz danih podloga u kojima je već definirana toplinska vodljivost materijala (slika 5).

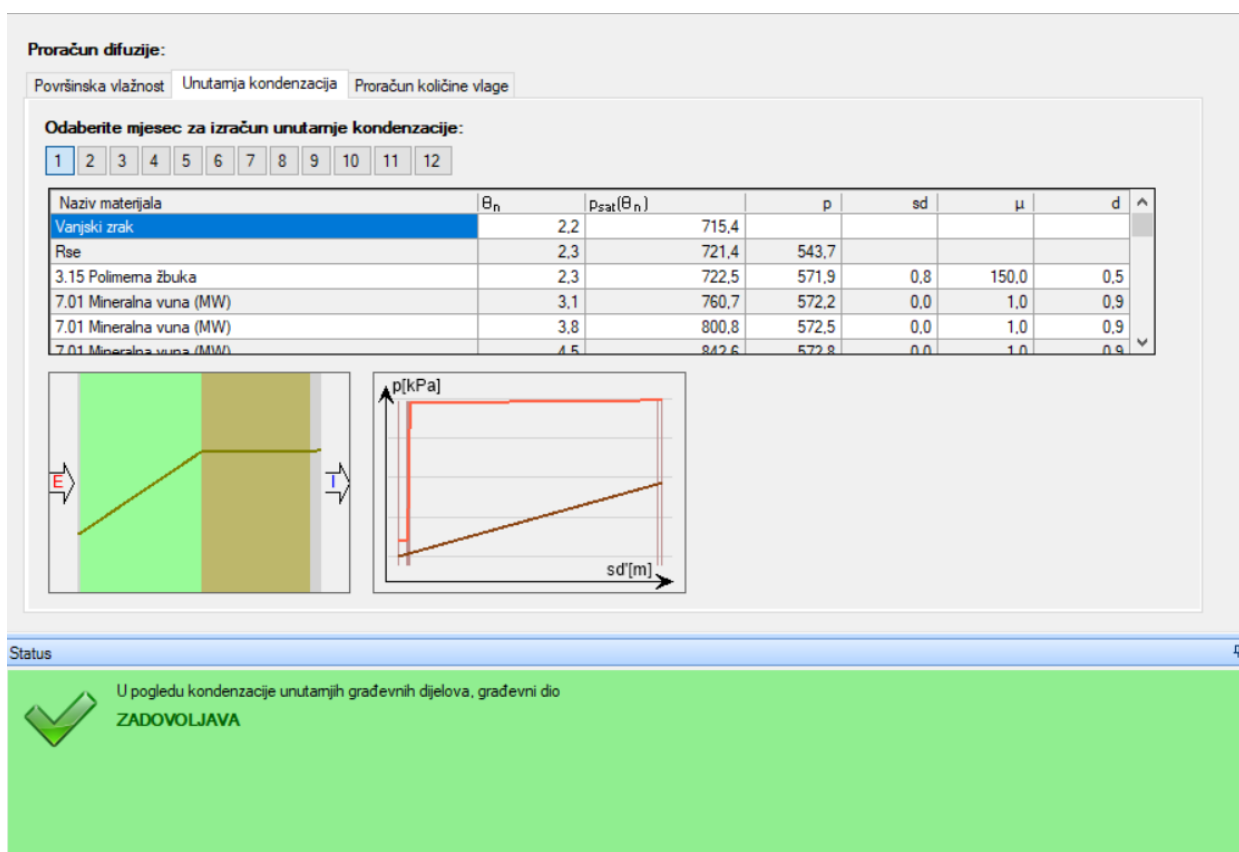
Popis građevnih dijelova

#	Naziv	Vrsta	Agd	U	U(max)	fRai	fRai(max)
1	Varijki zid od betona	Varijki zidovi	175.40	0.17	0.30	0.72	0.96
2	Varijki zid od opeke	Varijki zidovi	125.18	0.16	0.30	0.72	0.96
3	Zid prema prostoru 3.8.15	Zidovi prema negrijanim prostorjama	33.30	0.38	-	0.01	0.90
5	Zid prema prostoru 8.15	Zidovi prema negrijanim prostorjama	15.60	0.39	0.40	0.62	0.90
7	Pod u podrumu	Podovi na tlu	63.70	0.38	0.40	0.90	0.90
8	Strop	Stropovi iznad varjškog zraka, iznad gara...	77.90	0.22	-	0.01	0.95

Rbr	Materijal	Debljina	R
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2.000	0.020
2	2.01 Armirani beton	18.000	0.069
3	7.01 Mineralna vuna (MW)	20.000	5.714
4	3.15 Polimerna žbuka	0.500	0.007

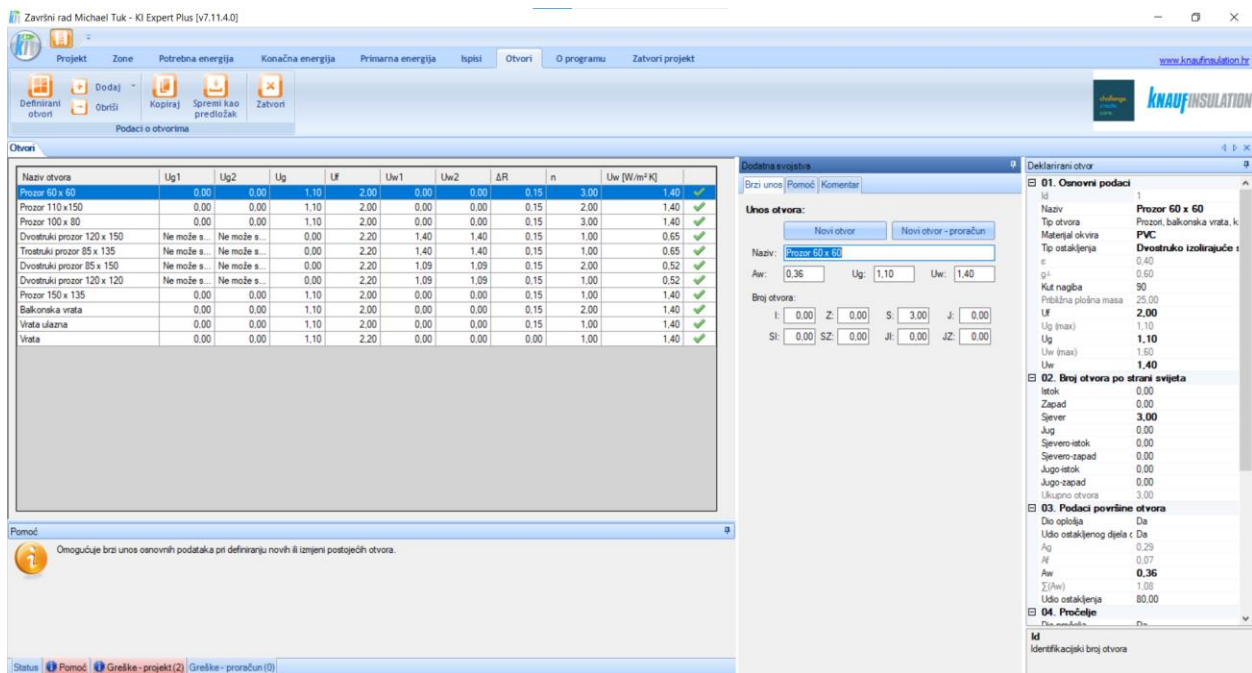
Slika 5. Definiranje građevnih dijelova u programu KI Expert Plus

Na slici 6 prikazan je dio rezultata proračuna difuzije vodene pare i provjere pojave kondenzacije unutar građevnog dijela.



Slika 6. Prikaz provjere kondenzacije unutar građevnog dijela u KI Expert Plusu

Svaki otvor se definira zasebno, te ih je potrebno raspodijeliti prema stranama svijeta (slika 7). Moguće ih je definirati kroz brzi unos gdje se pojednostavljaju stvari jer je potrebno upisati parametre o površini otvora, debljini stakla te materijalu.



Slika 7. Definiranje otvora u programu KI Expert Plus

4.3. Energetska iskaznica

U energetske iskaznici su sadržani potrebni zahtjevi koji moraju biti zadovoljeni kako bi se mogao izdati energetski certifikat, te rezultati proračuna potrošnje energije zgrade koji su uspoređeni sa zahtjevima te sukladno tome se zgrada svrstava u određeni energetski razred. Ujedno se i dokazuje ili odbacuje oznaka nZEB. Ako neki od zahtjeva, koji su propisani, nije zadovoljen nije moguće izdati odgovarajući energetski certifikat za tu zgradu.

Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama u Hrvatskoj je ključan dokument koji postavlja pravila i standarde za energetski efikasnu gradnju i obnovu zgrada. Ovaj propis ima za cilj da smanji potrošnju energije u građevinskom sektoru, koji je jedan od najvećih potrošača energije, te da poboljša energetske učinkovitost zgrada u Hrvatskoj. Na taj način se doprinosi zaštiti okoliša, smanjenju troškova energije za korisnike, te povećanju udobnosti življenja. Zahtjevi Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama za ovaj projekt dani su u tablici 6.

Tablica 6. Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama za obiteljsku kuću

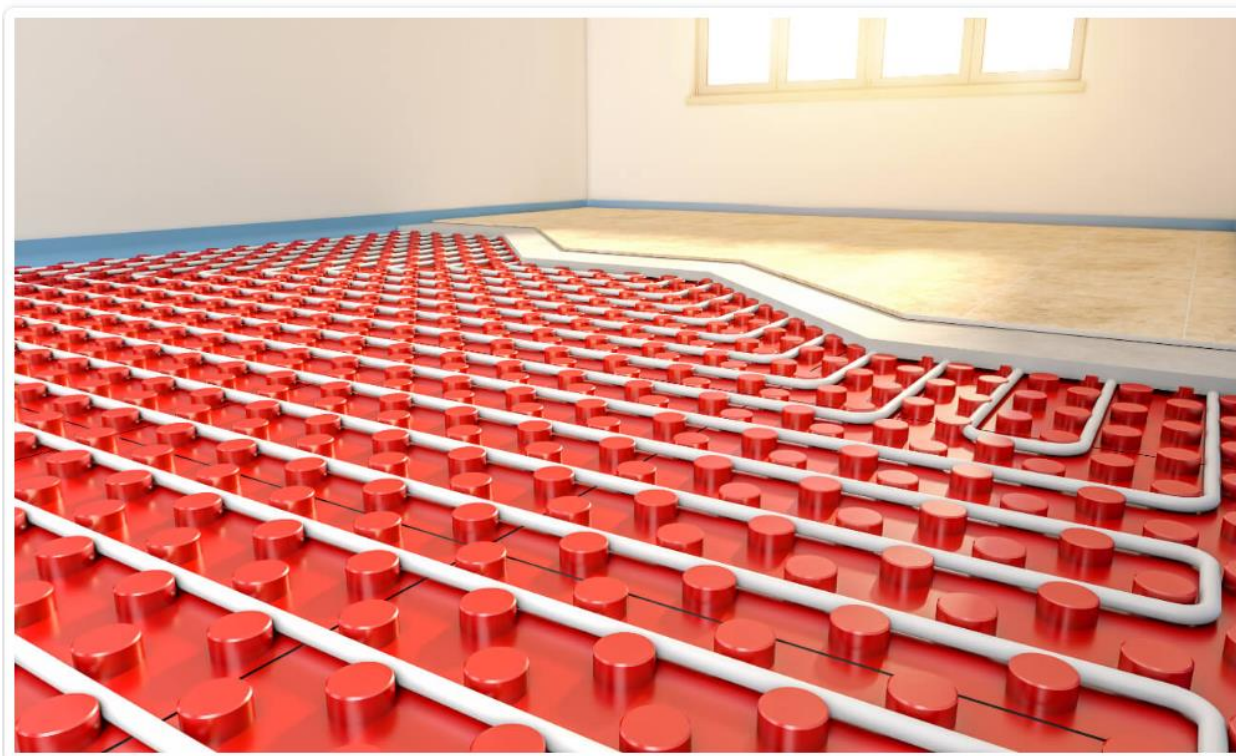
Zahtjevi za GOEZ	Q [kWh/(m ² *a)]			E [kWh/(m ² *a)]
	kontinent, θ > 3 °C			
VRSTA ZGRADE	<i>f</i>	0.20 < <i>f</i>	<i>f</i> >	θ < 3 °C
	0.20	< 1.05	1.05	
Obiteljska kuća	40.05	32.39 +	75	45
		40.58		

5. ODABIR ELEMENATA SUSTAVA GRIJANJA I PRIPREME POTROŠNE TOPLE VODE

5.1. Podno grijanje

Podno grijanje je tip grijanja u kojem se zagrijavanje prostora vrši prijenosom topline zračenjem s podnih površina. Podno grijanje je jedna od najskupljih izvedbi grijanja prostora, ali i najkomfortnijih za boravak zbog ravnomjerne raspodjele temperatura u prostoru.

Postoje električna i toplovodna podna grijanja. Električna podna grijanja su direktno pogonjena preko električne energije, dok su toplovodna podna grijanja pogonjena indirektno električnom energijom ili nekim drugim oblikom energije preko uređaja koji je u ovome slučaju dizalica topline.



Slika 8. Prikaz podnog grijanja [8]

Postoji nekoliko vrsta polaganja krugova podnog grijanja:

1. Spiralni (pužni) način

Cijevi se postavljaju spiralno počevši od vanjskog dijela prostorije prema unutarnjem

2. Vijugasti (zmijasti) način

Cijevi se postavljaju u obliku vijuga ili cik-cak počevši od jednog kraja prostorije prema drugome.

3. Dvostruko vijugasti (dvostruka zmija)

Sličan vijugastom, ali se cijevi postavljaju u dva smjera, čime se postiže ravnomjernija distribucija topline.

Razdjelnik je element u podnom grijanju koji omogućuje distribuciju radnog medija od glavnog cjevovoda prema pojedinim prostorijama te sadrži ventile koji reguliraju protok radnog medija za svaku pojedinu prostoriju.

5.1.1. Proračun podnog grijanja

Proračun podnog grijanja vrši se na način da se prvo predvidi mjesto razdjelnog ormarića koji je potrebno smjestiti tako da se nalazi što bliže svakoj prostoriji na jednoj etaži. Na svakoj etaži potrebno je smjestiti po jedan razdjelnik. Proračun se provodi kako bi se osiguralo da sustav pruži odgovarajuću toplinu ovisno o unutarnjoj projektnoj temperaturi prostora. To uključuje proračun toplinskih gubitaka, odgovarajući razmak cijevi, polaznu i povratnu temperaturu radnog medija, toplinsku izolaciju poda.

Proračun podnog grijanja u ovom je radu proveden pomoću softvera proizvođača Harrerither.

U tablicu za proračun podnog grijanja se posebno upisuje duljina spojnog cjevovoda od razdjelnog ormarića do ulaza u pojedinu prostoriju, zatim toplinski gubici svake prostorije, iskoristiva površina prostorije, ukupna površina prostorije, rubne zone (ako su potrebne), projektna polazna temperatura vode, projektna temperatura prostorije te temperatura prostora ispod. Ako je ispod prostorije tlo, temperatura se uzima 6 °C.

Podno grijanje ima propisane razmake cijevi na koje se postavlja, te se označuje s EV5-35, broj znači širina između cijevi u centimetrima.

U ovom slučaju predviđena su tri razdjelna ormarića, po jedan za svaku etažu. Polazna temperatura ogrjevnice vode je 42 °C. Rezultati proračuna potrebnih krugova podnog grijanja detaljno su prikazani u tablicama u nastavku.

Iz prikazanih rezultata mogu se vidjeti potrebni podaci koji su ključni za podno grijanje kao što su: vrsta radnog medija, polazna i povratna temperatura vode, protok radnog medija kroz pojedine dionice, maksimalni pad tlaka, tip cijevi te sadržaj količine radnog medija u pojedinim dionicama

Tablica 7. Pregled rezultata dimenzioniranja podnog grijanja – prvi dio

Pregled regulacijskih krugova Pogon grijanja								
br.	Ime	Medij	tv	tr	mh	dP, max	Dim.prikl.	Sadržaj
RK01	Standardni regulacijski krug	Voda	42,0°C	34,7°C	1391 l/h	189 mbar	HISAN® Ø40	140 l

Navedeni maks. gubitak tlaka i sadržaj vode vrijede od razdjelnika i ne sadržavaju dovodne vodove!

Pregled razdjelnika Pogon grijanja									
br.	Ime	Grupe	Regul. krugovi	tv	tr	mh	dP, max	Dim.prikl.	Sadržaj
VT01	Razdjelnik 1	2	RK01	42,0°C	34,7°C	316 l/h	189 mbar	HISAN® Ø32	18 l
VT0	Razdjelnik 2	5	RK01	42,0°C	34,7°C	479 l/h	126 mbar	HISAN® Ø32	46 l
VT03	Razdjelnik 3	8	RK01	42,0°C	34,7°C	595 l/h	61 mbar	HISAN® Ø32	75 l

Navedeni maks. gubitak tlaka i sadržaj vode važe od razdjelnika i ne sadržavaju dovodne vodove!

Pregled podrum										
Prost. br.	Ime	Pogon grijanja				Pogon hlađenja				površina m ²
		ti °C	Qpror. W	Qgrij. W	Qost. W	ti °C	Qpror. W	Qhlad. W	Qost. W	
1	Prostorija 1 (skladište)	18	700	739	+39					9,80
2	Prostorija 2 (kotlovnica)	18	1241	1557	+316					41,80

Pregled prizemlje										
Prost. br.	Ime	Pogon grijanja				Pogon hlađenja				površina m ²
		ti °C	Qpror. W	Qgrij. W	Qost. W	ti °C	Qpror. W	Qhlad. W	Qost. W	
3	prostorija 4 (dnevni boravak)	20	2075	2277	+202					43,26
4	Prostorija 5 i 6 (hodnik i stubište)	18	755	531	-224					10,40
5	prostorija 7 (kupaona)	25	582	372	-210					5,20
6	prostorija 9 (ostava)	18	247	287	+40					4,20

Pregled kat										
Prost. br.	Ime	Pogon grijanja				Pogon hlađenja				površina m ²
		ti °C	Qpror. W	Qgrij. W	Qost. W	ti °C	Qpror. W	Qhlad. W	Qost. W	
7	Prostorija 10 (soba)	20	1184	1277	+93					17,15
8	Prostorija 11 (soba)	20	1184	1276	+92					17,15
9	Prostorija 12 i 13 (hodnik i stubište)	18	779	499	-280					11,81
10	Prostorija 14 (kupaona)	25	576	307	-269					5,24
11	Prostorija 16 (soba)	20	1012	1010	-2					11,10

Tablica 8. Pregled rezultata dimenzioniranja podnog grijanja – drugi dio

Bilanca Euroval® podno grijanje		Pogon grijanja	
Željena potreba za toplinom		10335 W	0 W
Pročišćena potreba za toplinom		10335 W	0 W
Kolicina vode		1390,57 l/h	0 l/h
Maksimalni gubitak tlaka (uklj. razdjelnik)		189,29 mbar	0 mbar
Sadržaj vode (od razdjelnika)		139,72 l	
Ukupna površina prostorija (prostorije s Euroval® podnim grijanjem)		177,11 m ²	
Ukupna površina estriha		177,11 m ²	
Ukupna grijana površina		177,11 m ²	

Dimenzioniranje Euroval® podnog grijanja - podrum													
Prost. br.	Ime	Djelom. sustav	Pod.konstr. RL,B		Zid.izol.konstr. Ru		Krugov. grijanj	rubna zona			zona boravka		Spoj.cij. A m ²
			m ² K/W	0,01	m ² K/W	2,0		1	Nac.pol.	Š cm	A m ²	Nac.pol.	
1	Prostorija 1 (skladište)	FBH1	STD01	0,01	WD06	2,0	1				EV25	7,9	
2	Prostorija 2 (kotlovnica)	FBH1	STD01	0,01	WD06	2,0	1				EV35	21,5	0,3

Dimenzioniranje Euroval® podnog grijanja - prizemlje													
Prost. br.	Ime	Djelom. sustav	Pod.konstr. RL,B		Zid.izol.konstr. Ru		Krugov. grijanj	rubna zona			zona boravka		Spoj.cij. A m ²
			m ² K/W	0,08	m ² K/W	1,0		2	1	Nac.pol.	Š cm	A m ²	
3	prostorija 4 (dnevni boravak)	FBH1	STD04	0,08	WD03	1,0	2				EV25	35,9	
4	Prostorija 5 i 6 (hodnik i stubište)	FBH1	STD06	0,13	WD03	1,0	1				EV5	5,9	0,5
5	prostorija 7 (kupaona)	FBH1	STD01	0,01	WD03	1,0	1				EV15	4,6	
6	prostorija 9 (ostava)	FBH1	STD01	0,01	WD03	1,0	1				EV20	2,7	

Dimenzioniranje Euroval® podnog grijanja - kat													
Prost. br.	Ime	Djelom. sustav	Pod.konstr. RL,B		Zid.izol.konstr. Ru		Krugov. grijanj	rubna zona			zona boravka		Spoj.cij. A m ²
			m ² K/W	0,08	m ² K/W	1,0		2	1	Nac.pol.	Š cm	A m ²	
7	Prostorija 10 (soba)	FBH1	STD04	0,08	WD03	1,0	2				EV15	15,9	
8	Prostorija 11 (soba)	FBH1	STD04	0,08	WD03	1,0	2				EV15	15,9	
9	Prostorija 12 i 13 (hodnik i stubište)	FBH1	STD06	0,13	WD03	1,0	1				EV5	4,2	1,9
10	Prostorija 14 (kupaona)	FBH1	STD01	0,01	WD03	1,0	1				EV15	3,8	
11	Prostorija 16 (soba)	FBH1	STD04	0,08	WD03	1,0	2				EV5	11,1	

Dimenzioniranje Euroval® podnog grijanja - podrum (grijanje)									
Prost. br.	Djelom. sustav	t _i °C	t _v °C	t _r °C	Q _{zad.} (pror.) W	QPG W	qPG W/m ²	t _{P,RZ} °C	t _{P,ZB} °C
1	FBH1	18,0	42,0	34,7	700,0	739,0	93,7	-	26,7
2	FBH1	18,0	42,0	34,7	1241,0	1557,0	71,4	-	24,5

Tablica 9. Pregled rezultata dimenzioniranja podnog grijanja – treći dio

Dimenzioniranje Euroval® podnog grijanja - prizemlje (grijanje)									
Prost. br.	Djelom. sustav	ti °C	tv °C	tr °C	Ozad. (pror.) W	QPG W	qPG W/m ²	tP,RZ °C	tP,ZB °C
3	FBHI	20,0	42,0	34,7	2075,0	2277,0	63,4	-	25,9
4	FBHI	18,0	42,0	34,7	755,0	531,0	83,0	-	25,6
5	FBHI	25,0	42,0	34,7	582,0	372,0	81,6	-	32,6
6	FBHI	18,0	42,0	34,7	247,0	287,0	105,1	-	27,7

Dimenzioniranje Euroval® podnog grijanja - kat (grijanje)									
Prost. br.	Djelom. sustav	ti °C	tv °C	tr °C	Ozad. (pror.) W	QPG W	qPG W/m ²	tP,RZ °C	tP,ZB °C
7	FBHI	20,0	42,0	34,7	1184,0	1277,0	80,4	-	27,4
8	FBHI	20,0	42,0	34,7	1184,0	1276,0	80,3	-	27,4
9	FBHI	18,0	42,0	34,7	779,0	499,0	82,6	-	25,6
10	FBHI	25,0	42,0	34,7	576,0	307,0	81,6	-	32,6
11	FBHI	20,0	42,0	34,7	1012,0	1010,0	91,0	-	28,4

Dimenzioniranje Euroval® podnog grijanja - podrum (grijanje)										
Prost. br.	Djelom. sustav	Krug(ovi) grijanja	Dužina cijevi				Kolicina vode l/h	Gubitak tlaka		v m/s
			RZ + ZB m	Spojni vod m	Krug gr. (PG) m	Krug grij. (ukup.) m		Cijev mbar	Razdjelnik mbar	
1	FBHI	1	31,6	2,8	34,4	34,4	103,0	16,5	90,4	0,16
2	FBHI	1	64,6	0,0	64,6	64,6	213,3	98,9	90,4	0,32

Dimenzioniranje Euroval® podnog grijanja - prizemlje (grijanje)										
Prost. br.	Djelom. sustav	Krug(ovi) grijanja	Dužina cijevi				Kolicina vode l/h	Gubitak tlaka		v m/s
			RZ + ZB m	Spojni vod m	Krug gr. (PG) m	Krug grij. (ukup.) m		Cijev mbar	Razdjelnik mbar	
3	FBHI	1-2	71,8	1,0	72,8	72,8	159,4	65,8	59,9	0,24
4	FBHI	1	59,0	0,0	59,0	59,0	68,1	10,0	59,9	0,10
5	FBHI	1	30,6	0,0	30,6	30,6	51,4	4,5	59,9	0,08
6	FBHI	1	13,6	3,0	16,6	16,6	41,1	2,6	59,9	0,06

Dimenzioniranje Euroval® podnog grijanja - kat (grijanje)										
Prost. br.	Djelom. sustav	Krug(ovi) grijanja	Dužina cijevi				Kolicina vode l/h	Gubitak tlaka		v m/s
			RZ + ZB m	Spojni vod m	Krug gr. (PG) m	Krug grij. (ukup.) m		Cijev mbar	Razdjelnik mbar	
7	FBHI	1-2	53,2	3,2	56,4	56,4	90,3	13,4	47,6	0,14
8	FBHI	1-2	53,2	1,0	54,2	54,2	87,7	12,6	47,6	0,13
9	FBHI	1	41,6	0,0	41,6	41,6	46,2	5,2	47,6	0,07
10	FBHI	1	25,2	0,0	25,2	25,2	42,0	3,4	47,6	0,06
11	FBHI	1-2	55,5	5,2	60,7	60,7	75,4	11,5	47,6	0,11

U tablici 10 je prikazan način polaganja krugova podnog grijanja.

Tablica 10. Podaci za polaganje podnog grijanja

Podaci o polaganju Euroval® podnog grijanja - podrum											
prostorija br.	Ime	Aneqr. m ²	Djelomic. Sustav	Krug(ov) grijanja	rubna zona		Zona boravka		Icijevr/ KG m	mh/ HK l/min	Verteiler Nummer
					Nac.pol.	Dužina/ KG	Nac.pol.	Površina/ KG			
1	Prostorija 1 (skladište)	1,9	FBH1	1	-	-	EV25	7,9	34,4	1,7	VT01
2	Prostorija 2 (kotlovnica)	20,0	FBH1	1	-	-	EV35	21,5	64,6	3,6	VT01

Podaci o polaganju Euroval® podnog grijanja - prizemlje											
prostorija br.	Ime	Aneqr. m ²	Djelomic. Sustav	Krug(ov) grijanja	rubna zona		Zona boravka		Icijevr/ KG m	mh/ HK l/min	Verteiler Nummer
					Nac.pol.	Dužina/ KG	Nac.pol.	Površina/ KG			
3	prostorija 4 (dnevni boravak)	7,4	FBH1	1-2	-	-	EV25	17,9	72,8	2,7	VT0
4	Prostorija 5 i 6 (hodnik i stubište)	4,0	FBH1	1	-	-	EV5	5,9	59,0	1,1	VT0
5	prostorija 7 (kupaona)	0,6	FBH1	1	-	-	EV15	4,6	30,6	0,9	VT0
6	prostorija 9 (ostava)	1,5	FBH1	1	-	-	EV20	2,7	16,6	0,7	VT0

Podaci o polaganju Euroval® podnog grijanja - kat											
prostorija br.	Ime	Aneqr. m ²	Djelomic. Sustav	Krug(ov) grijanja	rubna zona		Zona boravka		Icijevr/ KG m	mh/ HK l/min	Verteiler Nummer
					Nac.pol.	Dužina/ KG	Nac.pol.	Površina/ KG			
7	Prostorija 10 (soba)	1,3	FBH1	1-2	-	-	EV15	7,9	56,4	1,5	VT03
8	Prostorija 11 (soba)	1,3	FBH1	1-2	-	-	EV15	7,9	54,2	1,5	VT03
9	Prostorija 12 i 13 (hodnik i stubište)	5,8	FBH1	1	-	-	EV5	4,2	41,6	0,8	VT03
10	Prostorija 14 (kupaona)	1,5	FBH1	1	-	-	EV15	3,8	25,2	0,7	VT03
11	Prostorija 16 (soba)	-	FBH1	1-2	-	-	EV5	5,6	60,7	1,3	VT03

Način polaganja cijevi podnog grijanja prikazan je na dispozicijskim nacrtima u priložima na kraju rada.

5.2. Radijatorsko grijanje

Radijatorsko grijanje je jedan od najčešćih sustava grijanja koji kao radni medij koristi vodu ili vodenu paru (danas vrlo rijetko). U ovom sustavu kao ogrjevna tijela koriste se radijatori (slika 10) koji su najčešće postavljeni uz zid te povezani u mrežu pomoću cijevi. Toplina se prenosi na način da voda ili para cirkulira kroz radijatore te oni kada se ugriju prenose toplinu na zrak u prostoriji. Radijatori mogu biti izrađeni od aluminija ili čelika.



Slika 9. Prikaz radijatorskog grijanja [8]

5.2.1. Proračun radijatorskog grijanja

Proračun radijatorskog grijanja je važan zbog osiguranja efikasnog i ekonomičnog grijanja prostora. Da bi sustav bio pravilno dimenzioniran potrebno je izračunati toplinske gubitke za svaku pojedinu prostoriju te na temelju njih odrediti veličinu potrebnog radijatora.

Toplinski učin ogrjevnog tijela prema normi EN 442 određuje se kao funkcija njegove nadtemperature u odnosu na okolinu (prostoriju) pri konstantnom protoku tople vode i može se prikazati funkcijom s eksponentom n :

$$\phi = K \cdot (\Delta\vartheta)^n, W \quad (5.1)$$

Srednju nadtemperaturu moguće je odrediti kao razliku aritmetičke sredine ulazne i izlazne temperature vode te temperature prostora:

$$\Delta\vartheta = \frac{\vartheta_{ulaz} + \vartheta_{izlaz}}{2} - \vartheta_{prostora}, K \quad (5.2)$$

Vrijednost eksponenta n raste s porastom udjela odavanja topline konvekcijom, a on za radijatore iznosi $n = 1,3$

Što je n bliže 1 linearnija je ovisnost toplinskog učina ogrjevnog tijela o nadtemperaturi.

U tablici 11 prikazani su rezultati dimenzioniranja radijatorskog grijanja za promatranu zgradu. Predviđen je temperaturni režim ogrjevnog vode 45/35 °C, te su odabrani člankasti radijatori. Potreban broj članaka vidljiv je u tablici.

Tablica 11. Broj članaka radijatora po pojedinoj prostoriji

Proračun ogrijevnih tijela (radijatori) 45/35													
Φ_n	138	W/°C											
n	1,3												
Polaz	45	°C											
Povrat	35	°C											
c	> 0,7												
Prostorija	$\vartheta_{\text{prostor}}$ °C	$\Delta\vartheta$ °C	$\Delta\vartheta_{\text{N}}$ °C	f_1	Φ/ℓ W	Toplinski gubici prostorije	Broj članaka	Broj članaka +15%	Usvojen broj članaka	Ukupno Φ W	A_{ukupno}	$A_{\text{neiskorišteno}}$	A_{korisno}
1	18	22	20	1,13190634	156,203074	828,536	5,304221	6,099854603	7	1093	9,76	1,91	7,85
2	18	22	20	1,13190634	156,203074	1767,266	11,3139	13,0109883	14	2187	41,82	3,46	38,36
3	NP					0,000					16,71	0	16,71
4	20	20	20	1	138	2294,866	16,62946	19,12388054	20	2760	43,26	7,36	35,9
5	18	22	20	1,13190634	156,203074	312,304	1,999348	2,29925066	3	469	3,47	3,47	0
6	18	22	20	1,13190634	156,203074	511,125	3,272182	3,7630092	4	625	6,96	0,63	6,33
7	25	15	20	0,68798607	94,9420771	694,928	7,319493	8,417417345	9	854	5,21	0,64	4,57
8	NP					0,000					5,06	0	5,06
9	18	22	20	1,13190634	156,203074	353,127	2,260691	2,599794643	3	469	4,24	1,47	2,77
10	20	20	20	1	138	1184,288	8,5818	9,8690705	10	1380	17,15	1,26	15,89
11	20	20	20	1	138	1179,817	8,549397	9,831806	10	1380	17,15	1,26	15,89
12	18	22	20	1,13190634	156,203074	567,958	3,636021	4,181424256	7	1093	5,77	5,77	0
13	18	22	20	1,13190634	156,203074	210,649	1,348559	1,550843082	0	0	6,04	0	6,04
14	25	15	20	0,68798607	94,9420771	599,758	6,317091	7,264654353	8	760	5,24	1,48	3,76
15	NP					0,000					5,75	0	5,75
16	20	20	20	1	138	1037,749	7,519919	8,6479069	9	1242	11,08	3,25	7,83
Napomena: Radijator iz prostorije 13 prebačen u prostoriju 12 radi ekonomičnosti											204,67	31,96	172,71

5.3. Grijanje ventilokonvektorima

Grijanje pomoću ventilokonvektora je način grijanja zgrada i obiteljskih kuća koji kao radni medij koristi vodu ili zrak, a unutar uređaja se nalazi ventilator koji pomaže u distribuciji topline u prostor. Ventilokonvektori se razlikuju prema načinu ugradnje pa tako postoje zidni, stropni, podni i kanalni ventilokonvektori (slika 11).

Razlika između radijatora i ventilokonvektora je u tome što ventilokonvektor koristi prisilnu konvekciju pomoću ventilatora što povećava brzinu i efikasnost grijanja prostora za razliku od radijatora koji koristi prirodnu konvekciju.



Slika 10. Prikaz ventilokonvektora [10]

5.3.1. Odabir ventilokonvektora

Ventilo konvektori obično imaju 3 brzine vrtnje ventilatora. Biraju se tako da imaju odgovarajući učin grijanja pri nekoj srednjoj brzini vrtnje ventilatora. Prema izračunatim toplinskim gubicima i temperaturnom režimu rada se odabiru dimenzije ventilokonvektora od pojedinog proizvođača.

2-CIJEVNA IZVEDBA	0102	0202	0302	0402	0502	0602	0702	0802	0902	1002
Hlađenje [kW]	1,36	1,60	2,04	2,42	3,20	3,70	4,65	5,20	5,83	6,31
Grijanje [kW]	1,90	1,97	2,82	2,95	3,75	4,24	5,94	6,49	7,59	7,81

Slika 8 Ventilokonvektori proizvođača Mitsubishi Electric

Učini grijanja u tablici na slici 11 dani su za temperaturni režim 50/40 °C.

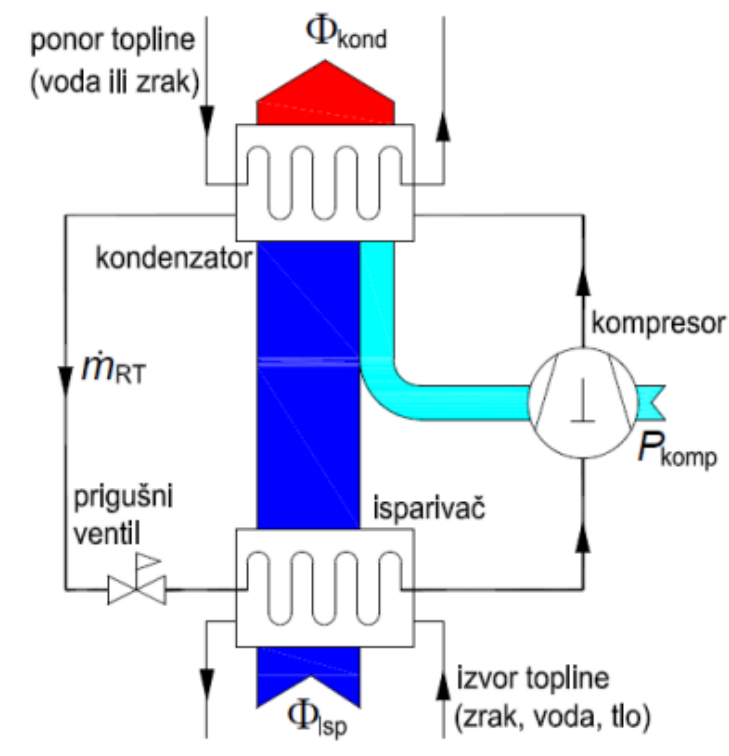
Tablica 12. Odabir ventilokonvektora po prostorijama

Prostorija	$\vartheta_{\text{prostor}}$ °C	$\Delta\vartheta$ °C	Toplinski gubici prostorije	Ventilokonvektor	Snaga ventilokonvektora kW	A_ukupno	A_ne iskorišteno	A_korisno
1	18	22	828,5	0102	1.9	9,76	1,91	7,85
2	18	22	1767,3	0102	1.9	41,82	3,46	38,36
3	NP		0,0	/	0	16,71	0	16,71
4	20	20	2294,9	0102	1.9	43,26	7,36	35,9
5	18	22	312,3	0102	1.9	3,47	3,47	0
6	18	22	511,1	/	0	6,96	0,63	6,33
7	25	15	694,9	/	0	5,21	0,64	4,57
8	NP		0,0	/	0	5,06	0	5,06
9	18	22	353,1	/	0	4,24	1,47	2,77
10	20	20	1184,3	0102	1.9	17,15	1,26	15,89
11	20	20	1179,8	0102	1.9	17,15	1,26	15,89
12	18	22	568,0	/	0	5,77	5,77	0
13	18	22	210,6	/	0	6,04	0	6,04
14	25	15	599,8	/	0	5,24	1,48	3,76
15	NP		0,0	/	0	5,75	0	5,75
16	20	20	1037,7	0102	1.9	11,08	3,25	7,83
Napomena: Najslabiji ventilokonvektor je 1.9 kW te su neke prostorije raspoređene tako da koriste 1 zajednički ventilokonvektor te je izračunata ukupna snaga da odgovara toplinskim gubicima cijele zgrade +10%.					13.3	204,67	31,96	172,71

Učinci ventilokonvektora na srednjoj brzini vrtnje ventilatora.

5.4. Dizalica topline

Dizalice topline ili toplinske pumpe su uređaji koji omogućuju prijenos topline iz hladnijeg spremnika u topliji spremnik uz dodatno uloženu energiju i uporabu prikladne radne tvari. Dizalica topline je relativno noviji tip uređaja za grijanje i hlađenje te je značajno skuplji u startu od klasičnih sustava grijanja na plin ili pelete, ali kroz određeno vremensko razdoblje može se pokazati učinkovitijim i dugoročno isplativim. Osnovni dijelovi kompresijskih dizalica topline su: kompresor, prigušni element, isparivač, kondenzator te radna tvar (slika 13). Neke od dizalica topline koje postoje su: zrak-voda, zrak-zrak, tlo-voda, tlo-zrak... Prva riječ označava toplinski izvor dok druga riječ označava toplinski ponor.



Slika 92. Shematski prikaz sastavnih elemenata dizalica topline [4]

5.4.1. Radna tvar

Radne tvari kod dizalica topline su specifični kemijski spojevi koji se koriste u ciklusu prijenosa topline unutar sistema dizalica topline. Ove tvari su ključne za funkcioniranje dizalica topline jer omogućavaju prijenos topline s jednog hladnijeg medija (npr. vanjskog zraka, tla ili vodene podloge) na drugi više temperature (npr. unutarnji zrak u zgradi).

Potencijal globalnog zatopljenja (engl. *global warming potential*, GWP) je brojčana vrijednost koja prikazuje koliki bi utjecaj na atmosferu imala pojedina radna tvar. Radi se o realnoj vrijednosti koja uspoređuje 1 kg radne tvari u odnosu na 1 kg CO₂ kroz razdoblje od 100 godina.

Potencijal oštećivanja ozonskog omotača (engl. *ozone depletion potential*, ODP) je vrijednost koja označava štetan utjecaj kemijskih tvari na ozonski omotač. Radi se o relativnoj vrijednosti koja uspoređuje utjecaj radne tvari na sličnu masu radne tvari R-11. Definirana ODP vrijednost radne tvari R-11 iznosi 1.

Najnoviji sustavi dizalica topline koriste kao radnu tvar R32, R290, R744. R32 je kemijski spoj koji se naziva difluorometan. Radna tvar R32 se koristila i u prijašnjoj generaciji radne tvari R410a u udjelu od 50% i 50% R125 (slika 14). Ta radna tvar je trenutno najrasprstranjenija te većina manjih sustava se izvide i radnom tvari R32.

R290 (propan) i R744 (ugljikov dioksid) su novije radne tvari od R32 te se za sada koriste samo u velikim sustavima.

U tablici 14 navedena su svojstva najčešće korištenih radnih tvari.

U ovome projektu koristi se sustav s radnom tvari R32.

	R-410A	R-32
Sastav	Mješavina od 50% R-32 + 50% R-125	Čisti R-32 (bez miješanja)
GWP (potencijal globalnog zatopljenja)	2.087,5	675
ODP (potencijal oštećivanja ozona)	0	0

Slika 103. Usporedba radnih tvari R32 i R410a

Tablica 13. Svojstva najčešće korištenih radnih tvari

Type	R number	Chemical properties	ODP	GWP	Safety class
Synthetic: CFCs and HCFCs					
	R12	containing chlorine, fluorine and carbon	1	10900	A1
	R22	containing chlorine, fluorine, hydrogen and carbon	0.055	1810	A1
Synthetic: HFCs and mixtures containing HFCs (GWP>150)					
	R134a	containing chlorine, hydrogen and carbon	0	1430	A1
	R32		0	675	A2L
	R410A	mixture with high GWP, with temperature glide	0	2088	A1
	R507A	mixture with high GWP, without temperature glide	0	3985	A1
	R452B, R454B	Mixtures with lower GWP, with temperature glide	0	676 467	A2L
Synthetic: HFOs and mixtures containing HFOs (GWP<150)					
	R1234yf	containing fluorine, hydrogen and carbon; double bond	0	4	A2L
	R1234ze (E)		0	7	A2L
	R454C	Mixtures with extremely low GWP, with temperature glide	0	146	A2L
Natural					
Ammonia	R717	NH ₃	0	0	B2L
Carbon dioxide	R744	CO ₂	0	1	A1
Hydrocarbons	R290 R600a R1270	containing hydrogen and carbon (C ₃ H ₈ , C ₄ H ₁₀ , C ₃ H ₆)	0	2-6	A3

5.4.2. Dimenzioniranje dizalice topline

Dizalice topline se u pravilu dimenzioniraju prema toplinskim gubicima stambene jedinice, ali to nije uvijek slučaj. Ako je zgrada novogradnja, toplinski gubici se izračunavaju prema građevinskom projektu, ali ako se zgrada rekonstruira toplinski gubici se vrlo teško računaju, a u nekim slučajevima se ni ne mogu izračunati, zbog nepoznatog sastava građevnih dijelova zgrade. Tada se pristupa pretpostavkama, koje iskusni projektanti mogu dati vrlo točno. Osim toga, u postojećim objektima toplinski gubici se mogu utvrditi na temelju pregleda ugrađenih i korištenih ogrjevnih tijela.

U ovome projektu objekt je novogradnja, te se dizalica topline dimenzionira prema toplinskim gubicima. Dizalicu topline zrak-voda treba dimenzionirati na 50-70% potrebnog ogrjevnog učina pri projektnoj vanjskoj temperaturi, a ostatak se nadoknađuje elektro-grijačem (slika 15). Takvo projektiranje se vrši iz razloga što im se toplinski učin smanjuje s padom temperature vanjskog zraka. Time se sprječava primjena predimenzioniranog uređaja, koji bi kao takav mogao početi raditi u režimu uključeno-isključeno, s puno zaustavljanja i ponovnog pokretanja. Takav način rada troši znatno više energije, a uređaj čini manje energetski učinkovitim.

Na taj način će dizalica topline raditi u najpovoljnijem režimu te će pokriti 90-95% potrebnog ogrjevnog učina, a elektro-grijač će raditi samo 5-10% vremena. Ovakvim odabirom dobiva se najpovoljniji omjer investicijskih i eksploatacijskih troškova dok uređaj radi u optimalnom režimu što mu povećava i trajnost.



Slika 114. Način rada dizalice topline [7]

5.4.3. Odabir dizalice topline

Odabrana je dizalica topline proizvođača Mitsubishi Electric prema njihovom katalogu.

Uređaj se sastoji od vanjske jedinice PUHZ-SW75V/YAA(-BS) prema projektnoj temperaturi vode u polaznom cijevovodu te toplinskim gubicima (tablica 15, slike 16 i 17). Dizalica topline radi na temperaturnom režimu 42/35 °C te na vanjskim temperaturama od -10 / +20.

Za temperaturu vode na izlazu iz kondenzatora od 42 °C te temperaturu vanjskog zraka od -10 °C, odabrana dizalica topline ima nominalni učin grijanja 5,8 kW. Pritom je njezin faktor grijanja (COP) jednak 2,47.

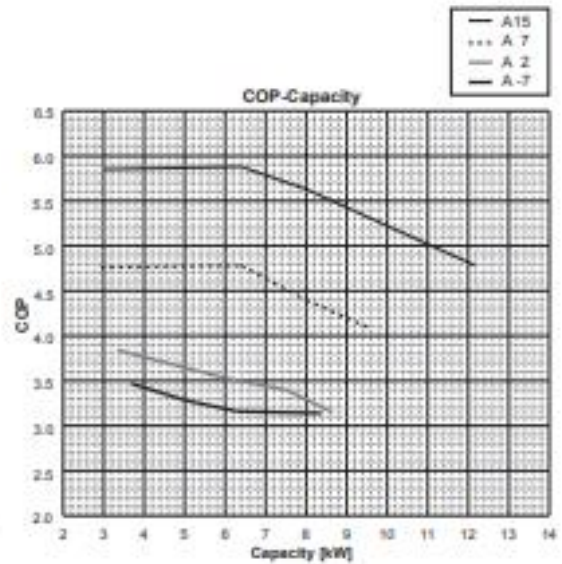
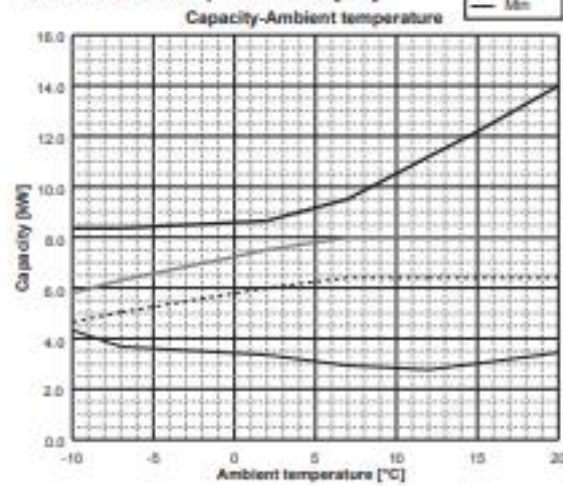
Odabrana je unutarnja jedinica EHSD-VM2C, koja u sebi sadrži spremnik PTV-a zapremnine 200 l. Što zadovoljava proračun kojim je utvrđeno da je potrebna zapremnina 180 l.

Tablica 14. PUHZ-SW75V/YAA(-BS)

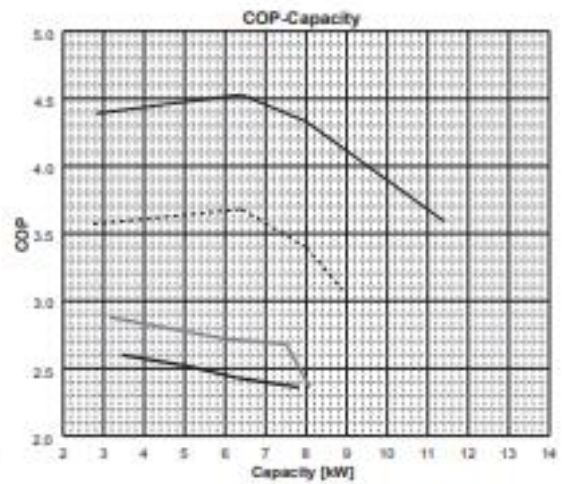
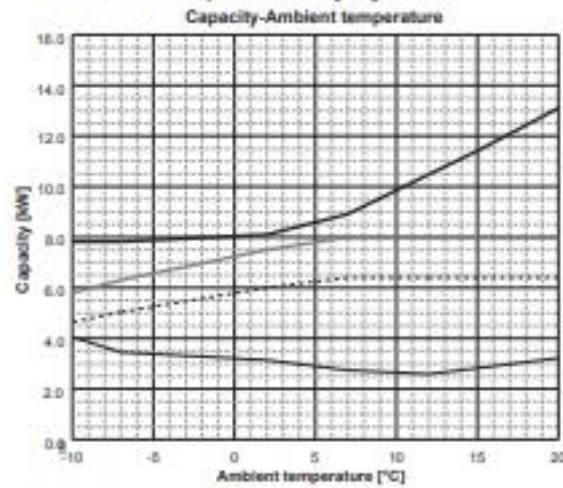
Water outlet temperature[°C]		25		35		40		45		50		55		60	
Ambient temperature[°C]		Capacity	COP	Capacity	COP	Capacity	COP	Capacity	COP	Capacity	COP	Capacity	COP	Capacity	COP
Max	-20	-	-	6.0	1.85	5.8	1.60	5.6	1.39	-	-	-	-	-	-
	-15	-	-	7.3	2.30	7.1	1.99	6.8	1.73	6.6	1.49	-	-	-	-
	-10	8.8	3.58	8.4	2.98	8.1	2.58	7.8	2.24	7.5	1.93	7.3	1.67	-	-
	-7	8.8	3.77	8.4	3.14	8.1	2.73	7.8	2.36	7.5	2.04	7.3	1.77	-	-
	2	9.2	3.78	8.7	3.15	8.4	2.73	8.1	2.36	7.8	2.04	7.5	2.04	7.2	1.76
	7	10.1	4.92	9.5	4.10	9.2	3.56	8.9	3.08	8.6	2.66	8.3	2.60	7.9	1.99
	12	11.8	5.52	11.2	4.60	10.8	3.99	10.5	3.45	10.1	2.99	9.7	2.58	9.3	2.23
	15	12.9	5.74	12.2	4.78	11.8	4.14	11.4	3.59	11.0	3.10	10.6	2.68	10.1	2.32
	20	14.8	6.73	14.0	5.61	13.6	4.86	13.1	4.21	12.6	3.64	12.1	3.15	11.6	2.73
Nominal	-20	-	-	4.8	2.45	4.8	2.13	4.8	1.89	-	-	-	-	-	-
	-15	-	-	5.2	2.88	5.2	2.50	5.2	2.22	5.2	1.93	-	-	-	-
	-10	5.8	3.62	5.8	3.02	5.8	2.62	5.8	2.32	5.8	2.02	5.8	1.75	-	-
	-7	6.3	3.79	6.3	3.16	6.3	2.75	6.3	2.43	6.3	2.12	6.3	1.83	-	-
	2	7.5	4.08	7.5	3.40	7.5	3.06	7.5	2.68	7.5	2.38	7.5	2.04	7.2	1.76
	7	8.0	5.28	8.0	4.40	8.0	3.83	8.0	3.40	8.0	3.08	8.0	2.64	7.9	1.99
	12	8.0	6.30	8.0	5.25	8.0	4.57	8.0	4.04	8.0	3.68	8.0	3.15	8.0	2.89
	15	8.0	6.76	8.0	5.63	8.0	4.90	8.0	4.33	8.0	3.94	8.0	3.38	8.0	3.10
	20	8.0	8.32	8.0	6.93	8.0	6.03	8.0	5.34	8.0	4.85	8.0	4.16	8.0	3.81
Mid	-20	-	-	3.8	0.00	3.8	0.00	3.8	0.00	-	-	-	-	-	-
	-15	-	-	4.1	2.92	4.1	2.54	4.1	2.25	4.1	1.96	-	-	-	-
	-10	4.6	3.72	4.6	3.10	4.6	2.70	4.6	2.39	4.6	2.08	4.6	1.80	-	-
	-7	5.0	3.93	5.0	3.28	5.0	2.85	5.0	2.52	5.0	2.19	5.0	1.90	-	-
	2	6.0	4.23	6.0	3.53	6.0	3.18	6.0	2.72	6.0	2.47	6.0	2.12	6.0	1.94
	7	6.4	5.74	6.4	4.78	6.4	4.16	6.4	3.68	6.4	3.35	6.4	2.87	6.3	2.63
	12	6.4	6.63	6.4	5.53	6.4	4.81	6.4	4.26	6.4	3.87	6.4	3.32	6.4	3.04
	15	6.4	7.06	6.4	5.88	6.4	5.12	6.4	4.53	6.4	4.12	6.4	3.53	6.4	3.24
	20	6.4	8.59	6.4	7.16	6.4	6.23	6.4	5.51	6.4	5.01	6.4	4.30	6.4	3.94
Min	-20	-	-	3.2	2.55	3.1	2.21	3.0	1.91	-	-	-	-	-	-
	-15	-	-	3.8	3.03	3.7	2.63	3.6	2.28	3.4	1.97	-	-	-	-
	-10	4.6	3.89	4.3	3.24	4.2	2.81	4.1	2.43	3.9	2.11	3.8	1.82	-	-
	-7	3.9	4.16	3.7	3.47	3.6	3.00	3.5	2.60	3.3	2.25	3.2	1.95	-	-
	2	3.6	4.61	3.4	3.84	3.3	3.33	3.1	2.88	3.0	2.50	2.9	2.16	2.8	1.87
	7	3.1	5.72	2.9	4.76	2.8	4.13	2.7	3.57	2.6	3.09	2.5	2.68	2.4	2.31
	12	2.9	6.99	2.8	5.83	2.7	5.05	2.6	4.37	2.5	3.78	2.4	3.27	2.3	2.83
	15	3.2	7.02	3.0	5.85	2.9	5.07	2.8	4.39	2.7	3.80	2.6	3.28	2.5	2.84
	20	3.6	8.52	3.4	7.10	3.3	6.16	3.2	5.33	3.1	4.61	3.0	3.99	2.9	3.45

PUHZ-SW75V/YAA(-BS)

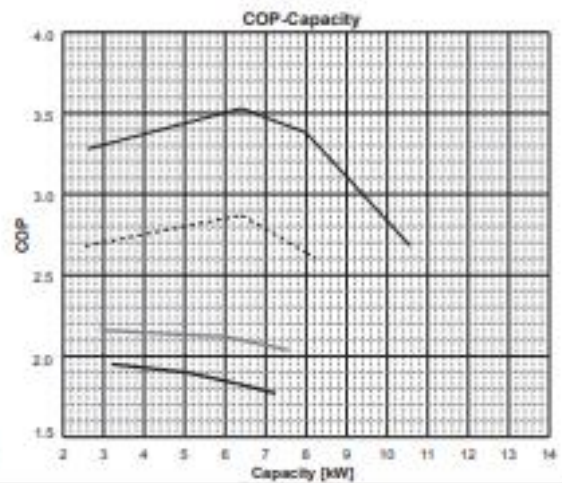
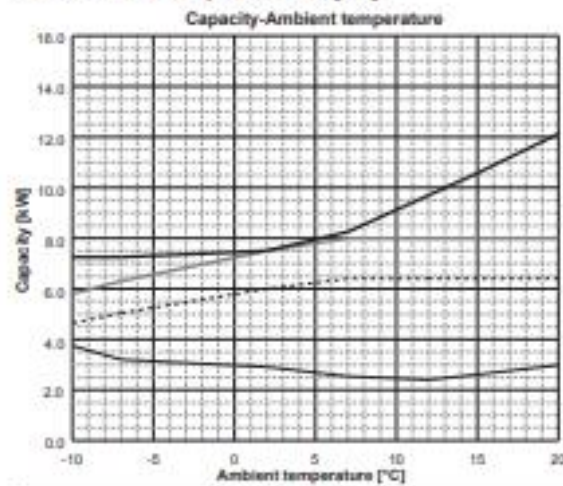
■ Water outlet temperature 35 [°C]



■ Water outlet temperature 45 [°C]



■ Water outlet temperature 55 [°C]



Slika 125. Odnos učina grijanja i vanjske temperature te COP-a i učina grijanja

Faktor grijanja (engl. *coefficient of performance*, COP) je podatak koji nam govori koliko smo topline dobili u odnosu na količinu uložene električne energije. Drugim riječima, to je omjer dobivene energije u odnosu na uloženi rad.

1.Type:

2.Model name:

3.Specification

(1) Unit mass $W =$ kg

(2) Anchor bolt

1.The total number of bolts $N =$

2.The size and shape $\phi = M$ type

3.The axis section area per one bolt $A =$ mm² = $\cdot 10^{-6}$ m²

4.The total number of bolts in one side which be pulled stronger when the unit inverted $N_b =$

(3) The height between the installing surface and the center of gravity of the unit $H_g =$ mm = m

(4) The bolt-span from the examination angle $L =$ mm = m

(5) The distance between the center of bolt and the center of gravity of the unit $L_g =$ mm ($L_g \leq L/2$) = m

4.The examination calculation (by rounding off to the first decimal place of each item)

(1) The horizontal seismic coefficient for designing $K_h =$

(2) The vertical seismic coefficient for designing $K_v = K_h/2 =$

(3) The horizontal earthquake forces for designing $F_h = K_h \cdot W \cdot 9.8 =$ N

(4) The vertical earthquake forces for designing $F_v = K_v \cdot W \cdot 9.8 =$ N

(5) The withdrawal strength of the anchor bolt $R_b = \frac{F_h \cdot 1.9 \cdot (W \cdot 9.8 + F_v) \cdot L_g}{L \cdot N}$ = N

(6) The shear forces of the anchor bolt $Q = F_h \cdot N_b =$ N

(7) The stress arising to the anchor bolt

1.The tensile stress $\sigma = F_b/A =$ MPa < $f_t = 176.4$ MPa

2.The shearing stress $\tau = Q/A =$ MPa < $f_s = 132.3$ MPa

3.The stress when affected by both the shearing and the tensile at the same time $f_{sa} = 1.4f_t - 1.0\tau =$ MPa

$\sigma =$ MPa < $f_{sa} =$ MPa

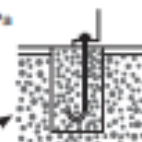
(8) The construction way of the anchor bolt

1.The construction way of the anchor bolt =

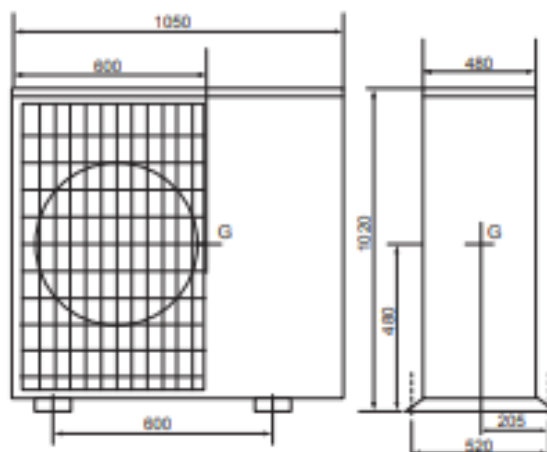
2.The thickness of the concrete = mm = m

3.The length of buried part of bolt = mm = m

4.The permissible withdrawal weight $T_w =$ N > $R_b =$ N



Since the results from the examination above, the anchor bolt has enough strength.



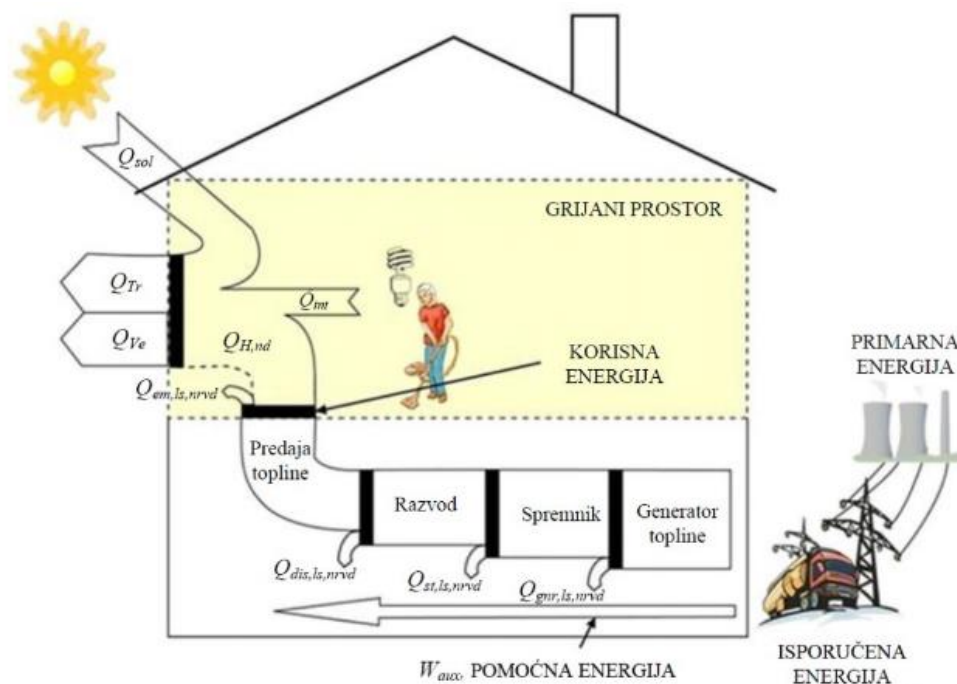
Slika 136. Tehničke karakteristike vanjske jedinice

6. PRORAČUNI ISPORUČENE I PRIMARNE ENERGIJE TE ODABIR NAJPOVOLJNIJEG TERMOTEHNIČKOG SUSTAVA

Proračun se temelji na određivanju toplinskih gubitaka i energije za pogon pomoćnih uređaja u sljedećim podsustavima na koje se dijele promatrani termotehnički sustavi (slika 18):

- podsustav predaje toplinske energije u prostor (ogrjevna tijela), uključujući regulaciju
- podsustav razvoda ogrjevnog medija i potrošne tople vode, uključujući regulaciju
- podsustav proizvodnje toplinske energije, uključujući spremnik i cjevovode primarne cirkulacije do generatora topline (dizalice topline) te regulaciju.

Proračun se vrši zbog utvrđivanja toplinskih tokova u zgradi kako bi se proračunala primarna i isporučena energija za zadanu korisnu toplinsku energiju koje je potrebno isporučiti zgradi.



Slika 17. Proračun potrebne energije [14]

Proračun se može provesti na nekoliko razina, a to su na: godišnjoj, mjesečnoj, tjednoj, dnevnoj ili satnoj razini, osim u slučajevima kad se koriste sunčevi sustav ili dizalice topline, kada ga je moguće provesti na mjesečnoj razini i razini sati tijekom godine. Proračun se vrši sukladno propisanoj normi HRN EN ISO 13790.

U KI Expert Plusu termotehnički sustav se određuje na način da se odaberu elementi predviđeni za zadani termotehnički sustav te upišu potrebne vrijednosti parametara kojima se definira rad tih elemenata unutar navedenih podsustava.

6.1. Termotehnički sustav s dizalicom topline i podnim grijanjem

U KI Expert Plusu odaberemo izbornik *Konačna energija* te u njemu termotehnički sustav. Kada se otvori izbornik potrebno je definirati od čega se sastoji termotehnički sustav. U ovome je slučaju to dizalica topline i podno grijanje. Zatim u sustavu grijanja postoje četiri podsustava u koje je potrebno upisati parametre:

- podsustavi predaje
- podsustavi razvoda
- podsustavi spremnika
- podsustavi proizvodnje.

U ovome termodinamičkom sustavu nije predviđen akumulacijski spremnik te se taj podsustav zanemaruje. Sustav je projektiran s temperaturnim režimom rada 42/35 °C jer se to pokazalo najboljim temperaturnim režimom rada kod projektiranja podnog grijanja.

U podsustavu predaje potrebno je upisati nazivni učin instaliranog sustava podnog grijanja te odrediti u izborniku visinu prostorije, vrstu grijanja i vrstu regulacije (slika 19).

Mjesec	Q _{H,em,out} [kWh]	Q _{H,em,iz} [kWh]	Q _{H,em,uti}	L _{H,m}	W _{ot} [kWh]	I _{rad} [h]	W _{ot,ot} [kWh]	W _{H,em,ogr}	Q _{H,em,asi,rad}	Q _{H,em,asi,ot}	Q _{H,em,in}
Sep/Gar	2443,74	557,52	0,00	31,00	0,00	212,25	0,00	0,00	0,00	0,00	2017,26
Veljača	1658,76	386,56	0,00	28,00	0,00	144,58	0,00	0,00	0,00	0,00	2055,43
Ožujak	942,80	218,45	0,00	31,00	0,00	81,68	0,00	0,00	0,00	0,00	1161,25
Travanj	83,93	19,45	0,00	25,00	0,00	7,27	0,00	0,00	0,00	0,00	103,38
Svibanj	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lipanj	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Srpanj	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Kolovoz	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rujan	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Listopad	170,89	39,60	0,00	30,00	0,00	14,81	0,00	0,00	0,00	0,00	210,49
Studeni	1255,85	290,99	0,00	30,00	0,00	108,81	0,00	0,00	0,00	0,00	1546,83
Prosinac	2476,21	573,76	0,00	31,00	0,00	214,54	0,00	0,00	0,00	0,00	3049,97
UKUPNO =	9048,18	2096,53	0,00	206,00	0,00	783,94	0,00	0,00	0,00	0,00	11144,71

Slika 18. Podsustav predaje termotehničkog sustava s dizalicom topline i podnim grijanjem

U podsustavu razvoda upisuju se podaci o gabaritima zone te temperaturni režim rada sustava (slika 20). Odabire se broj cijevi cijevnog razvoda i način regulacije te upisuje duljina cjevovoda.

Specifična primarna energija iznosi 37,5 kWh/m²a.

Podustav razvoda grijanja											
Razvod grijanja - Razvod PTV											
Mjesec	Q _{H,dis,net}	β _{dis}	t _{uk}	f _c	θ _m	Q _{H,dis,br}	Q _{H,dis,br}	Q _{H,dis,br}	Q _{H,dis,br}	Q _{H,dis,br}	Q _{H,dis,br}
Siječanj	3017.36	0.3514	744.00	0.00	35.00	52.76	24.55	14.73	92.05	82.80	17.67
Veljača	2055.43	0.2650	672.00	0.00	35.00	47.86	22.18	13.31	83.14	74.79	22.83
Ožujak	1161.25	0.1623	620.00	0.00	35.00	43.97	20.46	12.28	76.71	69.00	36.11
Travanj	103.38	0.0597	150.00	0.00	35.00	10.64	4.95	2.97	18.56	16.69	94.95
Svibanj	0.00	0.0000	0.00	0.00	35.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Lipanj	0.00	0.0000	0.00	0.00	35.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sipanj	0.00	0.0000	0.00	0.00	35.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kolovoz	0.00	0.0000	0.00	0.00	35.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rujan	0.00	0.0000	0.00	0.00	35.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Listopad	210.49	0.0675	270.00	0.00	35.00	19.15	8.91	5.35	33.40	30.05	84.16
Studeni	1546.83	0.1861	720.00	0.00	35.00	51.06	23.76	14.26	89.08	80.13	31.72
Prosinac	3049.97	0.3552	744.00	0.00	35.00	52.76	24.55	14.73	92.05	82.80	17.50
UKUPNO =	11144.71		3920.00			278.01	129.36	77.62	484.98	436.25	259.5

Slika 19. Podustav razvoda termotehničkog sustava s dizalicom topline i podnim grijanjem

U podustavu proizvodnje potrebno je upisati referentni grad radi definiranja meteoroloških podataka, standardnu radnu točku te karakteristike dizalice topline koje se nalaze u katalogu proizvođača čiji se uređaj koristi (slika 21). Upisuju se i učini grijanja i faktori grijanja (COP) odabrane dizalice topline.

Podustavi Proizvodnje							
Mjesec	Naziv	Q _{H,gen,net} [Sobri] [kWh]	Q _{H,gen,net} [GVK] [kWh]	Q _{H,gen,net} [kWh]	Q _{W,gen,net} [kWh]	Q _{HV,gen,net} [kWh]	Q _{gen,br} [kWh]
Siječanj	Podustav proizvodnje grijanja	3071.27	0.00	3071.27	198.46	3269.72	0.00
Veljača	Podustav proizvodnje grijanja	2105.00	0.00	2105.00	179.25	2284.25	0.00
Ožujak	Podustav proizvodnje grijanja	1207.96	0.00	1207.96	198.46	1406.42	0.00
Travanj	Podustav proizvodnje grijanja	114.92	0.00	114.92	192.06	306.97	0.00
Svibanj	Podustav proizvodnje grijanja	0.00	0.00	0.00	198.46	198.46	0.00
Lipanj	Podustav proizvodnje grijanja	0.00	0.00	0.00	192.06	192.06	0.00
Sipanj	Podustav proizvodnje grijanja	0.00	0.00	0.00	198.46	198.46	0.00
Kolovoz	Podustav proizvodnje grijanja	0.00	0.00	0.00	198.46	198.46	0.00
Rujan	Podustav proizvodnje grijanja	0.00	0.00	0.00	192.06	192.06	0.00

Generatori							
#	E _{H,sp,in} [kWh]	E _{W,sp,in} [kWh]	E _{HV,sp,in} [kWh]	Q _{H,br,net} [kWh]	Q _{W,br,net} [kWh]	Q _{HV,br,net} [kWh]	SPF _{HV,sp} [kWh]
1	3351.66	903.11	4254.77	87.00	251.26	338.26	3.16

Slika 20. Podustav proizvodnje termotehničkog sustava s dizalicom topline i podnim grijanjem

Kada su ispunjeni svi potrebni podustavi mogu se vidjeti rezultati proračuna u kojima se nalazi ukupna primana energija, potrošnja i emisija CO₂ koju sustav proizvede u godinu dana (slika 22).

Primarna energija po elementima						
Naziv	Energent	Sustav	Q _{gen,in} [kWh]	W _{aux} [kWh]	E _{del} [kWh]	E _{prim} [kWh]
Podsustav razvoda PTV	Električna energija	Termotehnički sustav	0,00	0,00	0,00	0,00
Podsustav razvoda grijanja	Električna energija	Termotehnički sustav	0,00	259,58	259,58	418,97
Fotonaponski sustav 1 (Pr...	Električna energija	Fotonaponski sustav 1	0,00	0,00	0,00	0,00
Podsustav predaje grijanja	Električna energija	Termotehnički sustav	0,00	0,00	0,00	0,00
Dizalica topline 1	Električna energija	Termotehnički sustav	13433,44	0,00	4610,83	7441,88
UKUPNO			13433,44	259,58	4870,41	7860,85

Primarna energija, potrošnja, cijena i CO ₂ po energentima										
E _{del} [kWh]	f _p	E _{prim} [kWh]	CO ₂ [kg/kWh]	CO ₂ [kg]	Ogrjevnost	Godišnja potrošnja	Jedinica mjere	Cijena [kn]	Ukupna cijena [kn]	
4870,41	1,61	7860,85	0,23481	1143,62	1,00	4870,41	kWh	0,80	3896,33	
4870,41		7860,85		1143,62					3896,33	

Slika 21. Rezultati proračuna termotehničkog sustava s dizalicom topline i podnim grijanjem

Sezonski faktor grijanja (engl. *Seasonal Coefficient of Performance*, SCOP) je pokazatelj efikasnosti rada dizalice topline tokom cijele godine. SCOP mjeri odnos između proizvedene topline i potrošene električne energije, uzimajući u obzir sezonske promjene temperature. SCOP je kod dizalica topline između 2,5 i 5, a cilj je da bude što veći. On je iščitava iz programa KI Expert Plus te za termotehnički sustav s dizalicom topline i podnim grijanjem iznosi 3,66.

6.2. Termotehnički sustav s dizalicom topline i radijatorima

Postupak termotehničkog proračuna s dizalicom topline i radijatorima je jednak kao i proračun termotehničkog proračuna s dizalicom topline i podnim grijanjem, samo je potrebno promijeniti vrstu ogrjevnih tijela u radijatore te za temperaturni režim rada uvrstiti 45/35 °C jer su prema tom temperaturnom režimu rada računati radijatori u pojedinim prostorijama.

Rezultati proračuna prikazani su na slici 23.

SCOP u termodinamičkom sustavu s dizalicom topline i radijatorima iznosi 3,02.

Primarna energija po elementima						
Naziv	Energent	Sustav	Q _{gen,in} [kWh]	W _{aux} [kWh]	E _{del} [kWh]	E _{prim} [kWh]
Dizalica topline 1	Električna energija	Termotehnički sustav	13486,79	0,00	4817,86	7776,03
Podsustav razvoda grijanja	Električna energija	Termotehnički sustav	0,00	208,23	208,23	336,08
Podsustav razvoda PTV	Električna energija	Termotehnički sustav	0,00	0,00	0,00	0,00
Podsustav predaje grijanja	Električna energija	Termotehnički sustav	0,00	0,00	0,00	0,00
Fotonaponski sustav 1 (Pr...	Električna energija	Fotonaponski sustav 1	0,00	0,00	0,00	0,00
UKUPNO			13486,79	208,23	5026,09	8112,11

Primarna energija, potrošnja, cijena i CO2 po energentima										
E _{del} [kWh]	f _p	E _{prim} [kWh]	CO ₂ [kg/kWh]	CO ₂ [kg]	Ogrjevnost vrijednost	Godišnja potrošnja	Jedinica mjere	Cijena [kn]	Ukupna cijena [kn]	
5026,09	1,61	8112,11	0,23481	1180,18	1,00	5026,09	kWh	0,80	4020,87	
5026,09		8112,11		1180,18					4020,87	

Slika 22. Rezultati proračuna termotehničkog sustava s dizalicom topline i radijatorima

Specifična primarna energija iznosi 38,8 kWh/m²a

6.3. Termotehnički sustav s dizalicom topline i ventilokonvektorima

U ovome termodinamičkom sustavu za ogrjevna tijela koriste se ventilokonvektori koji rade u temperaturnom režimu 50/40 °C. Rezultati proračuna prikazani su na slici 24.

Primarna energija po elementima						
Naziv	Energent	Sustav	Q _{gen,in} [kWh]	W _{aux} [kWh]	E _{del} [kWh]	E _{prim} [kWh]
Dizalica topline 1	Električna energija	Termotehnički sustav	13470,49	0,00	5439,75	8779,75
Podsustav razvoda grijanja	Električna energija	Termotehnički sustav	0,00	223,93	223,93	361,43
Podsustav razvoda PTV	Električna energija	Termotehnički sustav	0,00	0,00	0,00	0,00
Podsustav predaje grijanja	Električna energija	Termotehnički sustav	0,00	0,00	0,00	0,00
Fotonaponski sustav 1 (Pr...	Električna energija	Fotonaponski sustav 1	0,00	0,00	0,00	0,00
UKUPNO			13470,49	223,93	5663,68	9141,18

Primarna energija, potrošnja, cijena i CO2 po energentima										
E _{del} [kWh]	f _p	E _{prim} [kWh]	CO ₂ [kg/kWh]	CO ₂ [kg]	Ogrjevnost vrijednost	Godišnja potrošnja	Jedinica mjere	Cijena [kn]	Ukupna cijena [kn]	
5663,68	1,61	9141,18	0,23481	1329,89	1,00	5663,68	kWh	0,80	4530,94	
5663,68		9141,18		1329,89					4530,94	

Slika 23. Rezultati proračuna termotehničkog sustava s dizalicom topline i ventilokonvektorima

SCOP u termodinamičkom sustavu s dizalicom topline i ventilokonvektorima iznosi 2,65.

Specifična primarna energija iznosi 43,7 kWh/m²a

6.4. Usporedba promatranih termotehničkih sustava

Iz dobivenih rezultata možemo zaključiti kako je najefikasniji termotehnički sustav s dizalicom topline i podnim grijanjem. Potrebno je provesti i ekonomsku analizu, te utvrditi koja je izvedba ekonomski najpovoljnija.

Tablica 15. Ekonomska analiza

	Cijena dizalice topline [euro]	Cijena ogrijevnih tijela [euro]	Cijena instalacije [euro]	Cijena energenata [euro]	SCOP	Razdoblje [godina]	Ukupna cijena sustava u razdoblju od 20 godina [euro]
dizalica topline i podno grijanje	3487	2689	150	517	3,66	20	16666
dizalica topline i radijatori	3487	1976	500	543	3,02	20	16823
dizalica topline i ventilokonvektori	3487	2300	300	593	2,65	20	17947

Iz ekonomske analize (tablica 16) može se uočiti kako je investicija najmanja kod sustava s dizalicom topline i radijatorima, ali kroz razdoblje od 20 godina su ukupni troškovi manji kod sustava s dizalicom topline i podnim grijanjem. Iz ove analize možemo zaključiti da je sustav s dizalicom topline i podnim grijanjem najpovoljnije od tri ponuđena rješenja.

6.5. Fotonaponski sustav

Fotonaponski sustavi su sustavi koji izravno pretvaraju sunčevu energiju u istosmjernu električnu struju (DC) pomoću fotonaponskih ćelija. Istosmjerna struja se kasnije primjenom invertera pretvara u izmjeničnu struju koja napaja većinu električnih trošila u kući. Postoje dvije osnovne grupe fotonaponskih sustava; samostalni sustavi i mrežni sustavi. Razlika između ta dva sustava je u tome što samostalni sustavi pohranjuju energiju u baterije na samom mjestu ugradnje sustava, dok su mrežni sustavi povezani s javnom elektrodistribucijskom mrežom kojoj mogu predavati svu generiranu električnu energiju, ili samo njezin trenutni višak, te preuzimati energiju iz mreže u periodima kada fotonaponska elektrana nije dovoljna.

Uz te dvije osnovne skupine, postoji i treća tzv. hibridna varijanta, u kojoj sustavi koriste i baterije i elektrodistribucijsku mrežu kao pričuvni sustav u slučaju kada fotonaponski paneli ne mogu proizvesti dovoljno električne energije pa se dio uzima iz elektrodistribucijskog sustava.

Tablica 16. Učinkovitost solarnih sustava s obzirom na kut ugradnje te orijentaciju

KUT	SJEVEROZAPAD 135°	ZAPAD 90°	JUGOZAPAD 45°	JUG 0°	JUGOISTOK 45°	ISTOK 90°	SJEVEROISTOK 135°
0°	83,5%	83,5%	83,5%	83,5%	83,5%	83,5%	83,5%
15°	73,6%	83,5%	90,2%	93,7%	90,8%	83,0%	74,3%
30°	64,0%	79,4%	93,3%	99,3%	94,5%	81,2%	65,4%
34°	61,7%	78,4%	93,5%	100,0%	94,8%	80,4%	63,1%
45°	55,6%	75,1%	92,5%	99,9%	94,1%	77,3%	56,9%
60°	47,4%	68,7%	87,5%	95,7%	89,4%	70,7%	48,3%
90°	30,3%	49,6%	66,1%	72,6%	67,8%	50,5%	30,7%

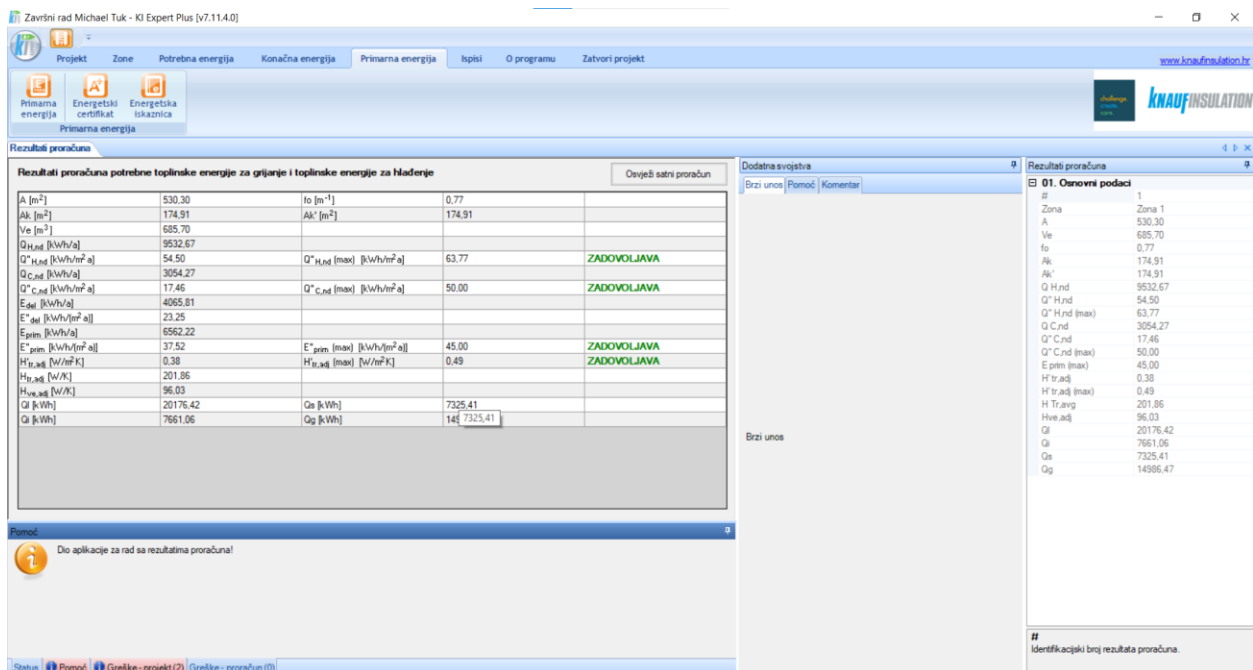
Za zadani projekt su potrebna 23 panela modela SV72 E proizvođača Solvis i nazivne snage 390 W kako bi zgrada bila potpuno energetski nulte potrošnje energije za grijanje i pripremu potrošne tople vode. Na zgradi je krov orijentiran prema jugu te je nagib krova 12°. U programu KI Expert Plus su odabrani moduli orijentirani prema jugu i nagiba 15° (nagib koji je moguće odabrati u programu). Zamišljeno je da se moduli postavljaju na krov kuće bez prilagodbe kuta nagiba. Podkonstrukcija je u kompletu s modulima koje nudi proizvođač.

Iz Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama se može uočiti kako ova zgrada zadovoljava navedene zahtjeve te nije potrebna ugradnja fotonaponskog sustava.

Ako bi se ugradio predviđeni fotonaponski sustav, godišnje bi se generirala količina energije koja bi bila dovoljna za opskrbu sustava grijanja i pripremu PTV-a, čime bi se postigla neto nulta potrošnja energije, ali uz veći početni kapital.

6.6. Energetski certifikat zgrade

Rezultati proračuna potrebne (korisne) energije za zadani projekt u kojemu su zadovoljeni i osigurani svi propisani zahtjevi, a to su ukupna godišnja potrošnja energije, transmisijski gubici kroz zgradu odnosno građevna dijelove te primarna energija prikazani su na slici 8.



Slika 24. Prikaz rezultata proračuna u KI Expert Plusu

Energetski certifikat je dokument koji sadrži energetska svojstva zgrade, a izrađuju ga ovlašteni projektanti ili energetske certifikatori. Iz energetskog certifikata se može vidjeti kako je specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje spada u energetske razred C, dok specifična godišnja primarna energija pripada u A energetske razred.

ENERGETSKI CERTIFIKAT ZGRADE			
prema Pravilniku o energetskom pregledu zgrade i energetskom certificiranju (NN 88/17, 90/20, 1/21, 45/21)			
Naziv zgrade			
Zona 1			
Naziv samostalne uporabne cjeline zgrade			
Zagreb			
Ulica i kućni broj		Poštanski broj	
Mjesto			
PODACI O ZGRADI	<input checked="" type="checkbox"/> nova <input type="checkbox"/> postojeća <input type="checkbox"/> rekonstrukcija		
Vrsta zgrade (prema Pravilniku)	Obiteljske kuće		
Vrsta zgrade prema složenosti tehničkih sustava	Zgrada s jednostavnim tehničkim sustavom		
Vlasnik / investitor			
k.č.br.		k.o.	
Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade A_k [m ²]	174,91	Godina izgradnje / rekonstrukcije	0
Građevinska (bruto) površina zgrade [m ²]	257,31	Mjerodavna meteorološka postaja	Zagreb Grič
Faktor oblika f_0 [m ⁻¹]	0,77	Referentna klima	Kontinentalna
ENERGETSKI RAZREDI ZGRADE	Specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q_{H,nd}^-$ [kWh/(m ² a)]	Specifična godišnja primarna energija E_{prim} [kWh/(m ² a)]	
Upisati „nZEB“ ako zgrada zadovoljava zahtjeve za zgrade gotovo nulte energije propisane važećim TPRUETZZ ¹	nZEB		
Pojedinačno zaštić. kulturno dobro/unutar zaštić. kult.-povijes. cjeline	Ne		
Specifična godišnja emisija CO ₂ [kg/(m ² a)] ¹	6,13		

Slika 14. Energetski certifikat zgrade

7. ODABIR OSTALIH ELEMENATA ODABRANOG SUSTAVA

7.1. Ekspanzijska posuda

Ukupan volumen vode u sustavu se računa tako da se zbroji volumen svakog pojedinog elementa i cijevnog razvoda.

To je u ovom slučaju:

Volumen vode u izmjenjivaču (kondenzatoru) dizalice topline = 7,2 l

Volumen vode u cijevima od razdjelnika do svih krugova grijanja = 139 l

Volumen vode u cijevima od dizalice topline do razdjelnika = 9,8 l

Ukupni volumen vode u cijelom sustavu = 156 l.

Za taj volumen je potrebno dimenzionirati ekspanzijsku posudu.

Tablica 17. Proračun ekspanzijske posude

Ekspanzijska posuda		
V_a	156	l
n	0,806	%
V_e	1,25736	l
V_v	3	l
P_0	1	bar
P_{st}	0,5	bar
P_e	2	bar
V_n	6,11	l

Provedenim proračunom dobiven je rezultat od 6,11 l volumnog prostora. U unutarnjoj jedinici dizalice topline se zalazi ekspanzijska posuda koja je zapremnine 8 l što je dovoljno te nije potrebna ugradnja dodatne ekspanzijske posude.

7.2. Cirkulacijske pumpe

Cirkulacijske pumpe služe da radni fluid cijelo vrijeme cirkulira u cjevovodu.

Dimenzioniranje se vrši na način da se nađe sjecište krivulje cjevovoda i krivulje pumpe.

7.2.1. Dimenzioniranje cjevovoda

Dimenzioniranje se vrši na način da se izračuna najveći pad tlaka u cjevovodu te volumni protok (tablica 19).

Tablica 18. Proračun pada tlaka u cjevovodu

Proračun pada tlaka u cjevovodu do razdjelnika 3										
Dionica	Q	m	Cu Φ	r	w	l	R	$\Sigma\zeta$	Z	p
	W	kg/h		Pa/m	m/s	m	Pa		Pa	Pa
1	11542	1390	35x1.5	66	0,4	6	331	2	123	454
2	8946	1074	28x1.5	13.33	0.48	15	202	6	673	875
3	4780	595	18x1	327	0.65	8	1926	2	133	2059
Krug grijanja										18900
										22288

Pumpa je računata za pad tlaka od 22,29 kPa te za volumni protok 1390 l/h te je zaključeno da je pumpa koja se nalazi u unutarnjoj jedinici dizalice topline dovoljno jaka.

8. TEHNIČKI OPIS

Odabran je termotehnički sustav s dizalicom topline (zrak-voda) i podnim grijanjem iz razloga što se isto pokazalo kao dugoročno najisplativiji sustav. Odabrana je dizalica topline PUAZ-SW75V/YAA(-BS) koja u normalnom režimu rada, na vanjskoj temperaturi 2 °C, isporučuje 7,5 kW snage uz COP 3,06. Unutarnja jedinica je odabrana EHSD-VM2C sa spremnikom za PTV od 200 l. Radna tvar u sustavu dizalice topline je R32, dok je u sustavu podnog grijanja voda temperaturnog režima 42/35 °C. Napajanje za dizalicu topline je jednofazno 230 V. Na svakoj etaži se nalazi po jedan razdjelni ormarić koji je spojen s dizalicom topline pomoću tvrdih bakrenih cijevi te izoliran polietilenskom pjenom 19 mm na dijelovima koji prolaze kroz negrijane prostore. Podno grijanje je projektirano tako da zadovoljava EV standarde. Ekspanzijska posuda i pumpa se nalaze u unutarnjoj jedinici dizalice topline te ih nije potrebno dodatno ugrađivati. Nakon završetka polaganja i spajanje cijevi obavezno se mora napraviti tlačna proba koja se mora vršiti na minimalno 8-10 bara, a pad tlaka u sustavu ne smije biti veći od 0,5 bara. Regulacija se vrši pomoću PI regulatora na način da se regulira temperatura dolaznog cijevovoda.

9. ZAKLJUČAK

Sustav grijanja s dizalicom topline ima velika ulaganja u samome početku naspram ostalih sustava grijanja i pripreme PTV-a, ali kroz dulje vremensko razdoblje takav sustav grijanja može se pokazati isplativim. Dizalica topline je ekološki vrlo prihvatljiv uređaj i spada u sustave za iskorištavanje obnovljivih izvora energije, pod uvjetom energetske učinkovitog rada. Dizalica topline s podnim grijanjem je najprihvatljivija varijanta jer podno grijanje radi na nižim temperaturama polaznog cjevovoda u odnosu na radijatore ili ventilokonvektore. Dizalicu topline je vrlo dobro kombinirati s fotonaponskim panelima, ali u ovome projektu je zaključeno kako oni nisu potrebni da bi se zadovoljili zahtjevi Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama zbog vrlo dobre toplinske izolacije na stambenoj jedinici od 20 cm mineralne vune. U slučaju da se ugrađuju fotonaponski paneli treba ugraditi 23 panela modela tipa SV72 E električne snage 390 W, te bi tada zgrada bila potpuno nulte neto energetske potrošnje, što Tehnički propis još ne zahtijeva. Kada bi se umjesto podnog grijanja ugradili radijatori, bilo bi potrebno dodatno zagrijati radnu tvar (vodu) polaznog voda, a ventilokonvektori su financijski skuplji te je zaključeno kako je najbolji izbor za ogrjevno tijelo podno grijanje. Pošto globalno zatopljenje sve značajnije utječe na planet te su zime svake godine sve toplije, dizalicu topline je bolje malo poddimenzionirati te će ona i dalje zadovoljavati sve uvjete. U ovome slučaju treba dugoročno razmišljati, te je za ovu zgradu ovo najbolje izabran sustav grijanja.

LITERATURA

- (2017). Preuzeto 25. 06 2024 iz Algoritam_HRN_EN_13790:
<https://mail.google.com/mail/u/0/?tab=rm&ogbl#search/igor.wolf%40riteh.uniri.hr/FMfcgzGxSRNXcrlztDFPMKtKjHMclDnD?projector=1&messagePartId=0.1>
- (2017). Preuzeto 25. 06 2024 iz Algoritam za određivanje energijskih zahtjeva i učinkovitosti:
<https://mail.google.com/mail/u/0/?tab=rm&ogbl#search/igor.wolf%40riteh.uniri.hr/FMfcgzGxSRNXcrlztDFPMKtKjHMclDnD?projector=1&messagePartId=0.2>
- (2022). Preuzeto 03. 07 2024 iz grundfos: <https://product-selection.grundfos.com/hr/size-page?sQcid=2385754441>
- (2024). Preuzeto 03. 07 2024 iz DAIKEN:
https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.daikin.hr%2Fcontent%2Fdam%2Fdace-hr%2Fliterature%2FR32_bro%25C5%25A1ura.pdf&psig=AOvVaw1dBqWOx-QqU5orX6LE-qWf&ust=1720105530921000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CAQQn5wMahcKEwi48szKkouHaxUAAAA
- centar energetske efikasnosti*. (2020). Preuzeto 25. 06 2024 iz fotonaponski sustavi:
https://www.cee.hr/suncane-elektrane/?gclid=CjwKCAjw1emzBhB8EiwAHwZZxaaPiEQxrw738N875dbjPPJ5IX0s-wjbEtRsWAujPz706MxWpdFSaOxoCAjkQAvD_BwE
- Ciucci, M. (Ur.). (03 2024). *Europski parlament*. Preuzeto 22. 06 2024 iz Energija iz obnovljivih izvora: <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/hr/sheet/70/energija-iz-obnovljivih-izvora>
- Dodić, D. (2015). Dohvaćeno iz
<https://zir.nsk.hr/islandora/object/politehnikapu%3A10/datastream/PDF/view>
- Euroval (Ur.). (06 2002). *Harreiter*. Preuzeto 22. 06 2024 iz Podna konstrukcija:
<file:///C:/Users/miha/Desktop/Zavr%C5%A1ni%20rad/Podno%20grijanje/Podna%20konstrukcija.pdf>
- klima koncept*. (2016). Preuzeto 26. 06 2024 iz podno grijanje:
https://www.klimakoncept.hr/hr/podrska-podno_grijanje__sve_sto_ste_htjeli_znati-/2577/135?gad_source=1&gclid=CjwKCAjw-O6zBhASEiwAOHeGxRFqKAYQkZlRp2cqV-8zyTx7J9ZKlgql528Dr8DUkcsprc4xExXHkRoCtskQAvD_BwE
- Knauf isolation*. (2024). Preuzeto 25. 06 2024 iz KI-Expert:
<https://www.knaufinsulation.hr/en/node/416>
- Ministarstvo prostornog uređenja, graditeljstva i državne imovine*. (2024). Preuzeto 22. 06 2024 iz Zgrade gotovo nulte energije nZEB: <https://mpgi.gov.hr/o-ministarstvu-15/djelokrug/energetska-ucinkovitost-u-zgradarstvu/zgrade-gotovo-nulte-energije-nzeb/10504>
- Solvis*. (2022). Preuzeto 22. 06 2024 iz PV moduli: <https://solvis.hr/en/>

Wolf, I. (n.d.). *Tehnika grijanja*. Preuzeto 22. 06 2024 iz Dizalice topline:

[https://moodle.srce.hr/2023-](https://moodle.srce.hr/2023-2024/pluginfile.php/8679456/mod_resource/content/6/TG_Dizalice%20topline.pdf)

[2024/pluginfile.php/8679456/mod_resource/content/6/TG_Dizalice%20topline.pdf](https://moodle.srce.hr/2023-2024/pluginfile.php/8679456/mod_resource/content/6/TG_Dizalice%20topline.pdf)

Wolf, I. (Ur.). (n.d.). *Tehnika grijanja*. Preuzeto 22. 06 2024 iz Metodologija proračuna

toplinskih gubitaka prema normi HRN EN 12831: [https://moodle.srce.hr/2023-](https://moodle.srce.hr/2023-2024/pluginfile.php/8679417/mod_resource/content/3/TG_vjezba%201_Prora%C4%8Dun%20toplinskih%20gubitaka%20prema%20normi%20HRN%20EN%2012831.pdf)

[2024/pluginfile.php/8679417/mod_resource/content/3/TG_vjezba%201_Prora%C4%8Dun%20toplinskih%20gubitaka%20prema%20normi%20HRN%20EN%2012831.pdf](https://moodle.srce.hr/2023-2024/pluginfile.php/8679417/mod_resource/content/3/TG_vjezba%201_Prora%C4%8Dun%20toplinskih%20gubitaka%20prema%20normi%20HRN%20EN%2012831.pdf)

[n%20toplinskih%20gubitaka%20prema%20normi%20HRN%20EN%2012831.pdf](https://moodle.srce.hr/2023-2024/pluginfile.php/8679417/mod_resource/content/3/TG_vjezba%201_Prora%C4%8Dun%20toplinskih%20gubitaka%20prema%20normi%20HRN%20EN%2012831.pdf)

POPIS OZNAKA I KRATICA

nZEB - 'nearly zero-energy building' - zgrada gotovo nulte energije

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

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

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

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

$\vartheta_{int,i}$ - unutarnja projektna temperatura grijana prostora, °C

ϑ_e - vanjska projektna temperatura, °C

A_k - površina k-toga građevnog elementa, m²

e_k, e_l - korekcijski faktori izloženosti

U_k - koeficijent prolaza topline k-toga građevnog elementa, W/(m²K)

l_l - duljina linearnoga toplinskog mosta između prostorije i vanjskog okoliša, m

Ψ_l - dužinski koeficijent prolaza topline linearnoga toplinskog mosta, W/(mK)

b_u - temperaturni redukcijski faktor

f_{g1} - korekcijski faktor utjecaja godišnjih promjena vanjske temperature.

f_{g2} - korekcijski faktor koji uzima u obzir razliku između srednje godišnje i projektne vanjske temperature zraka

$U_{ekv,k}$ - ekvivalentni koeficijent prolaza topline, W/(m²K)

G_w - korekcijski faktor utjecaja podzemnih voda

f_{ij} - korekcijski faktor koji uzima u obzir razliku između temperature susjedna prostora i vanjske temperature

H_{Vi} - projektni koeficijent ventilacijskih gubitaka topline, W/K

K – koeficijent proporcionalnosti

Φ_{Uk} - Ukupni toplinski gubici, W

MV količina vode koju je potrebno zagrijati, kg

cpV specifični toplinski kapacitet vode; 1,163 · 10⁻³ kWh/(kg K)

ϑ_{PTV} temperatura PTV-a, °C

ϑ_{HV} temperatura hladne vode na ulazu u spremnik, °C

C kapacitet spremnika, kWh

b faktor dodatka zbog mrtva prostora ispod grijača u spremniku (1,1 ÷ 1,2) ρ_V gustoća vode, kg/m³

GWP - potencijal globalnog zatopljenja

ODP - potencijal oštećivanje ozona

COP - coefficient of performance

SCOP - Seasonal Coefficient of Performance

PTV – potrošna topla voda

SAŽETAK I KLJUČNE RIJEČI

Evaluacija energetske učinkovitosti sustava grijanja zgrada dizalicom topline uključuje analiziranje i odabir odgovarajućih svojstva sustava u različitim režimima rada. Cilj ovoga rada je odrediti optimalni termotehnički sustav u određenim režimima rada. Dizalice topline pružaju iznimno visoku energetska učinkovitost u svim režimima rada, ali njihov stvarni učinak ovisi o vanjskim uvjetima i specifičnostima određene građevine. Ovaj rad nastoji ukazati na koji se način postiže najviša energetska učinkovitost, pri kojim uvjetima te s kojim ogrijevnim tijelima. Uzimajući u obzir sve uvjete, dizalice topline predstavljaju ekološki i ekonomski najprihvatljivije rješenje za grijanje određenih stambenih prostora.

Ključne riječi: dizalica topline, radna tvar, vanjska projektna temperatura, unutarnja projektna temperatura, toplinski gubici, potrošna topla voda, vanjska jedinica, unutarnja jedinica

SUMMARY AND KEYWORDS

The evaluation of the energy efficiency of the building heating system with a heat pump includes analyzing and selecting the appropriate properties of the system in different operating modes. The goal of this work is to determine the optimal thermotechnical system in certain operating regimes. Heat pumps provide extremely high energy efficiency in all operating modes, but their actual performance depends on external conditions and the specifics of a particular building. This work aims to show how the highest energy efficiency is achieved, under what conditions and with which heating elements. Taking into account all conditions, heat pumps represent the most ecologically and economically acceptable solution for heating certain residential spaces.

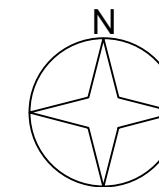
Keywords: heat pumps, refrigerants, outdoor design temperature, indoor design temperature, heat losses, domestic hot water, outdoor units, indoor units

POPIS SLIKA

Slika 1. Tijek proračuna toplinskog opterećenja grijane prostorije [14]	4
Slika 2. Transmisijski toplinski gubici [14].....	6
Slika 3. Osnovni podaci za proračun u programu KI Expert Plus.....	14
Slika 4. Definiranje toplinskih zona u programu KI Expert Plus.....	15
Slika 5. Definiranje građevnih dijelova u programu KI Expert Plus.....	16
Slika 6. Prikaz provjere kondenzacije unutar građevnog dijela u KI Expert Plusu.....	17
Slika 7. Definiranje otvora u programu KI Expert Plus	18
Slika 8. Prikaz podnog grijanja [8].....	19
Slika 9. Prikaz radijatorskog grijanja [8].....	25
Slika 10. Prikaz ventilokonvektora [10].....	27
Slika 11. Ventilokonvektori proizvođača Mitsubishi Electric	27
Slika 12. Shematski prikaz sastavnih elemenata dizalica topline [4].....	29
Slika 13. Usporedba radnih tvari R32 i R410a.....	30
Slika 14. Način rada dizalice topline [7]	31
Slika 15. Odnos učina grijanja i vanjske temperature te COP-a i učina grijanja.....	33
Slika 16. Tehničke karakteristike vanjske jedinice.....	34
Slika 17. Proračun potrebne energije [14].....	35
Slika 18. Podsustav predaje termotehničkog sustava s dizalicom topline i podnim grijanjem	36
Slika 19. Podsustav razvoda termotehničkog sustava s dizalicom topline i podnim grijanjem	37
Slika 20. Podsustav proizvodnje termotehničkog sustava s dizalicom topline i podnim grijanjem.....	37
Slika 21. Rezultati proračuna termotehničkog sustava s dizalicom topline i podnim grijanjem.....	38
Slika 22. Rezultati proračuna termotehničkog sustava s dizalicom topline i radijatorima.....	39
Slika 23. Rezultati proračuna termotehničkog sustava s dizalicom topline i ventilokonvektorima	39
Slika 24. Prikaz rezultata proračuna u KI Expert Plusu	42
Slika 25. Energetski certifikat zgrade.....	43

POPIS TABLICA




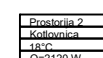


Tablica 1. Vanjska projektna temperatura za gradove i mjesta u RH [14].....	5
Tablica 2. Koeficijenti prolaza topline kroz građevne dijelove.....	9
Tablica 3. Primjer proračuna toplinskih gubitaka za jednu prostoriju.....	10
Tablica 4. Ukupni toplinski gubici za cijelu zgradu.....	11
Tablica 5. Unutarnje projektne temperature prema normi HRN EN 13790.....	15
Tablica 6. Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama za obiteljsku kuću.....	18
Tablica 7. Pregled rezultata dimenzioniranja podnog grijanja – prvi dio.....	21
Tablica 8. Pregled rezultata dimenzioniranja podnog grijanja – drugi dio.....	22
Tablica 9. Pregled rezultata dimenzioniranja podnog grijanja – treći dio.....	23
Tablica 10. Podaci za polaganje podnog grijanja.....	24
Tablica 11. Broj članaka radijatora po pojedinoj prostoriji.....	26
Tablica 13. Odabir ventilokonvektora po prostorijama.....	28
Tablica 14. Svojstva najčešće korištenih radnih tvari.....	30
Tablica 15. PUAZ-SW75V/YAA(-BS).....	32
Tablica 16. Ekonomska analiza.....	40
Tablica 17. Učinkovitost solarnih sustava s obzirom na kut ugradnje te orijentaciju.....	41
Tablica 18. Proračun ekspanzijske posude.....	44
Tablica 19. Proračun pada tlaka u cjevovodu.....	45



1617

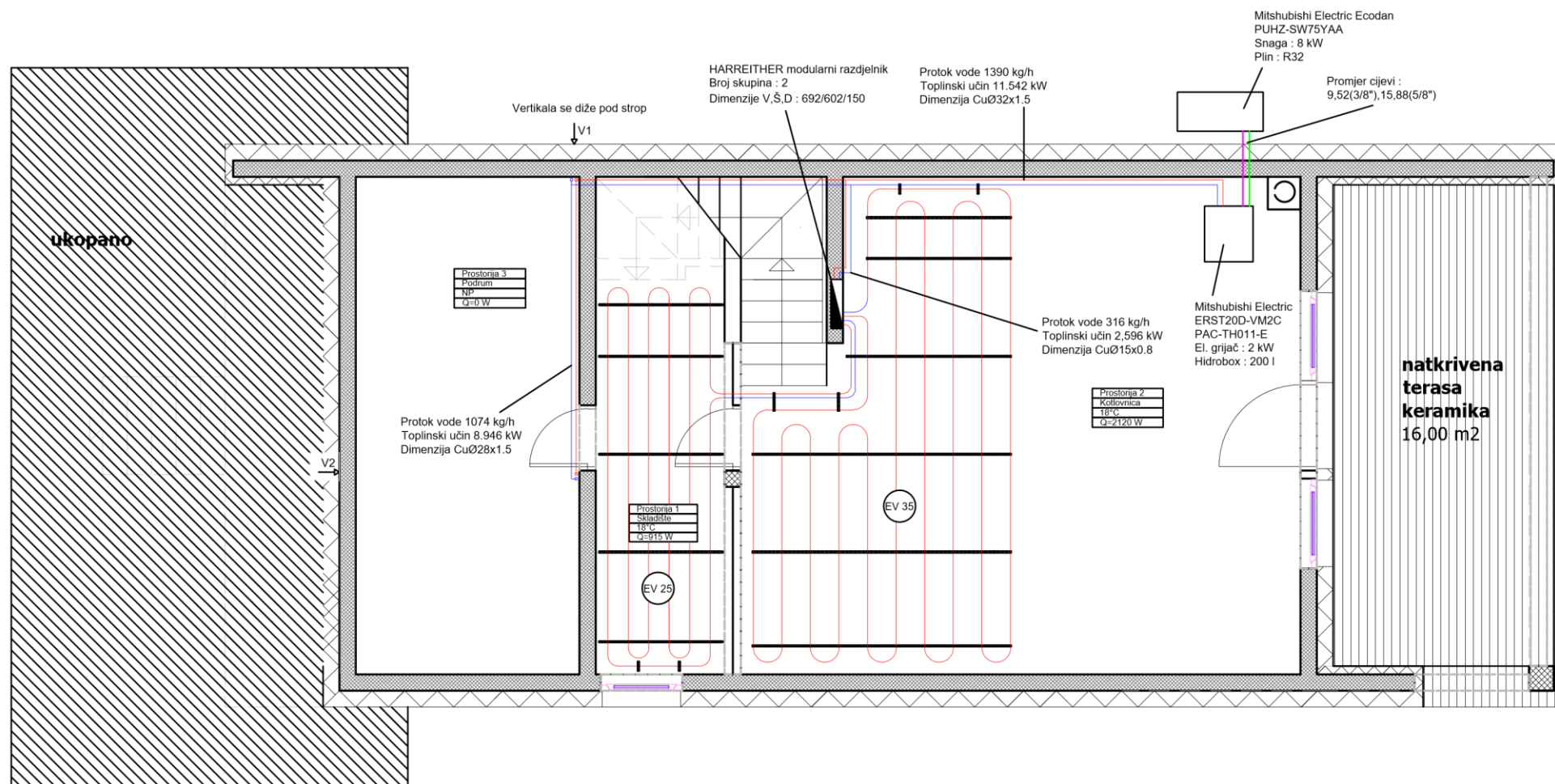
650

LEGENDA:

-  Grijanje polaz
-  Grijanje povrat
-  Oznaka razmaka cijevi
-  Oznaka prostora
Ime protora
Projektna temperatura
Toplinski gubici
-  Razdjelnik
-  Vertikala

Napomena:
Cijevi koje prolaze kroz ne grijane prostorije izolirati s Armaflexom AF 19 mm
Cijevni razvod izvesti u padu od 1% prema dizalici topline
Cijevni razvod do razdjelnika izvesti od tvrdih bakrenih cijevi

Ime i prezime: Michael Tuk	Datum: 9.7.2024.	Sklopni crtež: Tlocrt	Mjerilo: M 1:100
Pozicija: -	Materijal: -	Broj crteža: 1	
Naziv dijela: Okoliš objekta			



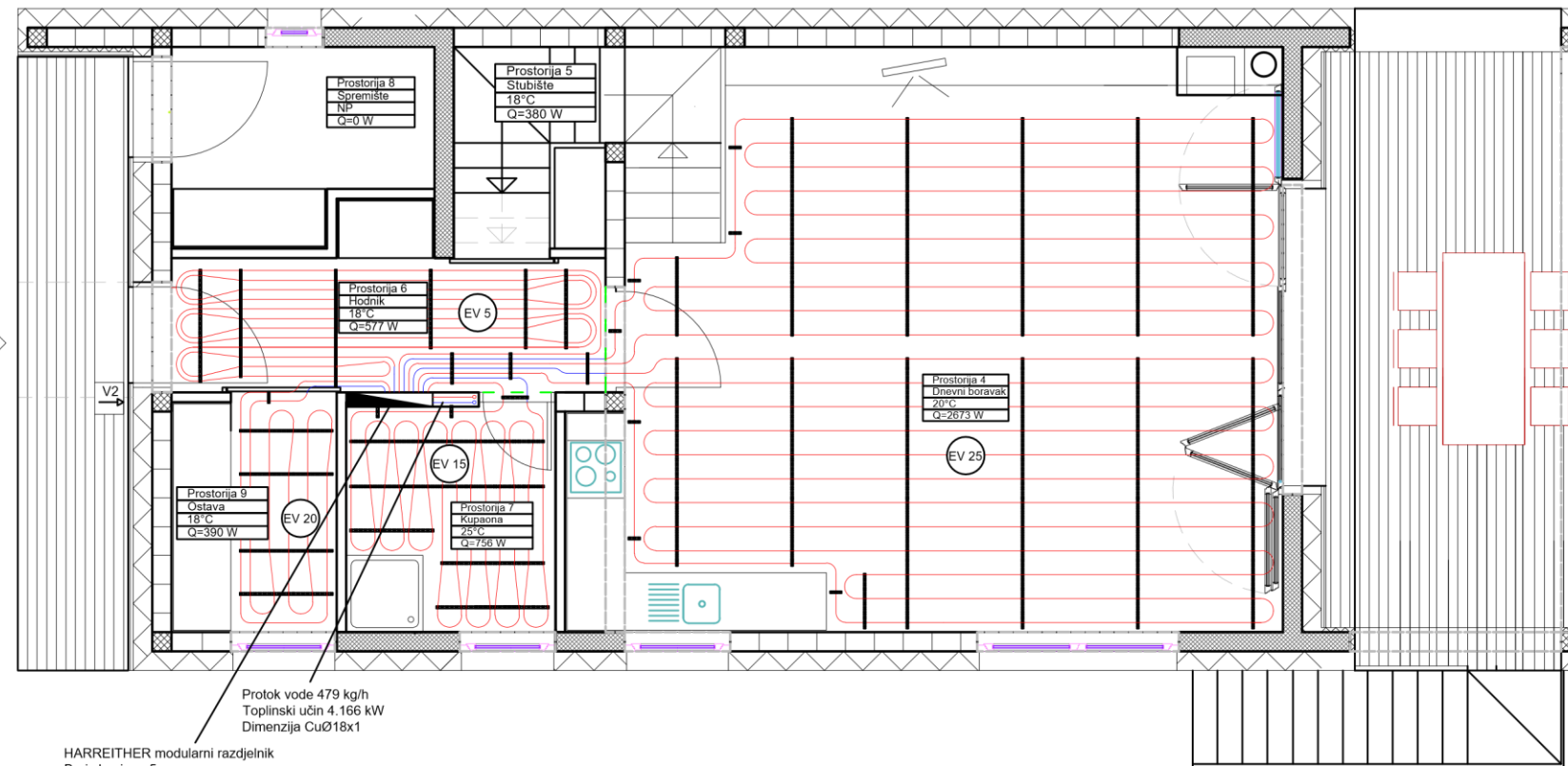
LEGENDA:

- Grijanje polaz
- Grijanje povrat
- EV 35 Oznaka razmaka cijevi
- Prostorja 2
Kotlovnica
18°C
Q=2120 W Oznaka prostora
Ime prostora
Projektna temperatura
Toplinski gubici
- Razdjelnik
- Vertikala

Napomena:

Cijevi koje prolaze kroz ne grijane prostorije izolirati s Armaflexom AF 19 mm
Cijevni razvod izvesti u padu od 1% prema dizalici topline
Cijevni razvod do razdjelnika izvesti od tvrdih bakrenih cijevi

Ime i prezime: Michael Tuk	Datum: 9.7.2024.	Sklopni crtež: Tlocrt podrum	Mjerilo:
Pozicija: -	Materijal: -	Broj crteža: 1	M 1:100
Naziv dijela: Dispozicija razvoda sustava grijanja			



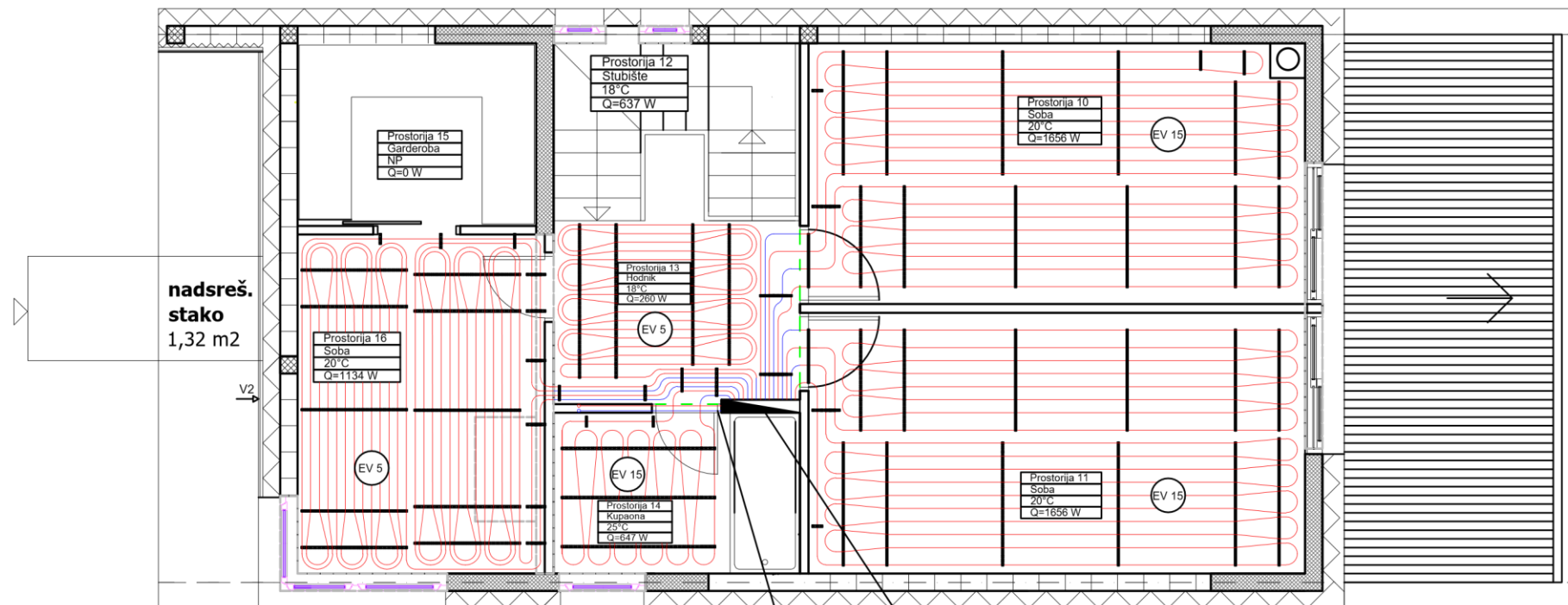
Protok vode 479 kg/h
 Toplinski učin 4.166 kW
 Dimenzija CuØ18x1
 HARREITHER modulami razdjelnik
 Broj skupina : 5
 Dimenzije V,Š,D : 692/902/150

LEGENDA:

- Grijanje polaz
- Grijanje povrat
- EV 35 Oznaka razmaka cijevi
- Prostorija 2
Kotlovnica
18°C
Q=2120 W Oznaka prostora
Ime prostora
Projektna temperatura
Toplinski gubici
- Razdjelnik
- ↑ V1 Vertikala

Napomena:
 Cijevi koje prolaze kroz ne grijane prostorije izolirati s Armaflexom AF 19 mm
 Cijevni razvod izvesti u padu od 1% prema dizalici topline
 Cijevni razvod do razdjelnika izvesti od tvrdih bakrenih cijevi

Ime i prezime: Michael Tuk	Datum: 9.7.2024.	Sklopni crtež: Tlocrt prizemlje	Mjerilo:
Pozicija: -	Materijal: -	Broj crteža: 1	M 1:100
Naziv dijela: Dispozicija razvoda sustava grijanja			



Protok vode 595 kg/h
 Toplinski učin 4.780 kW
 Dimenzija CuØ18x1

HARREITHER modularni razdjelnik
 Broj skupina : 8
 Dimenzije V,Š,D : 692/902/150

LEGENDA:

- Grijanje polaz
- Grijanje povrat
- EV 35 Oznaka razmaka cijevi
- Prostorija 2
Kotlovnica
18°C
Q=2120 W Oznaka prostora
Ime protora
Projektna temperatura
Toplinski gubici
- Razdjelnik
- ↑ V1 Vertikala

Napomena:
 Cijevi koje prolaze kroz ne grijane prostorije izolirati s Armaflexom AF 19 mm
 Cijevni razvod izvesti u padu od 1% prema dizalici topline
 Cijevni razvod do razdjelnika izvesti od tvrdih bakrenih cijevi

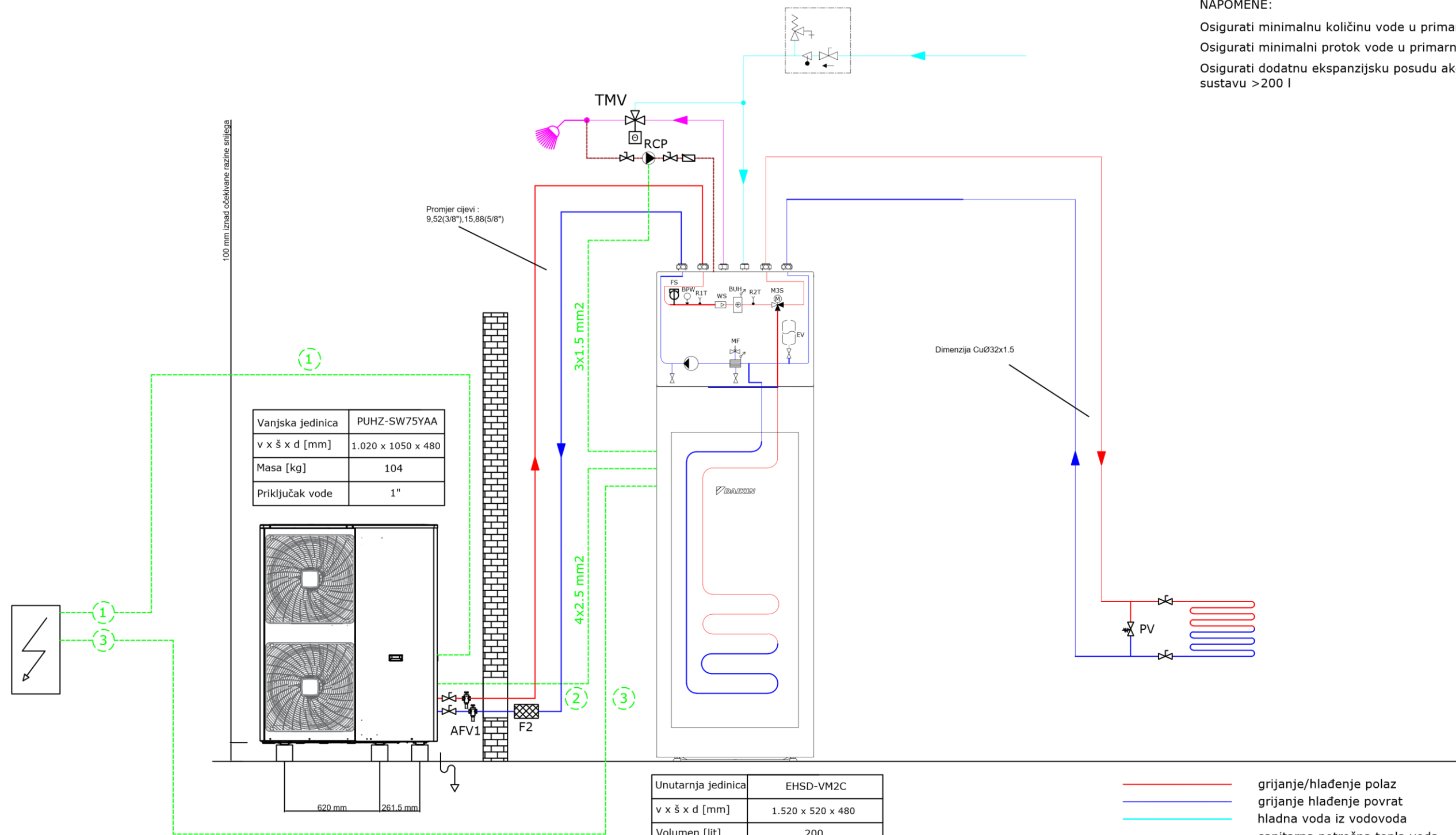
Ime i prezime: Michael Tuk	Datum: 9.7.2024.	Sklopni crtež: Tlocrt 1 kat	Mjerilo:
Pozicija: -	Materijal: -	Broj crteža: 1	M 1:100
Naziv dijela: Dispozicija razvoda sustava grijanja			

NAPOMENE:

Osigurati minimalnu količinu vode u primarnom krugu 20 litara.

Osigurati minimalni protok vode u primarnom krugu 20 l/min.

Osigurati dodatnu ekspanzijsku posudu ako je količina vode u sustavu >200 l



Vanjska jedinica	PUHZ-SW75YAA
v x š x d [mm]	1.020 x 1050 x 480
Masa [kg]	104
Priključak vode	1"

Unutarnja jedinica	EHSD-VM2C
v x š x d [mm]	1.520 x 520 x 480
Volumen [lit]	200
Masa [kg]	104
Priključak vode	1"

- grijanje/hlađenje polaz
- grijanje hlađenje povrat
- hladna voda iz vodovoda
- sanitarna potrošna topla voda
- recirkulacija (opcija)
- ožičenje

LEGENDA DAIKIN OPREME:

- AFV1 Ventil protiv smrzavanja Mitsubishi AFVALVE1
- TMV Termostatski mješajući ventil Mitsubishi 156015+156016
- F2 Mehanički hvatač nečistoća u sklopu isporuke vanjske jedinice

LEGENDA OSTALE OPREME:

- RCP Pumpa recirkulacije
- BT Buffer spremnik (opcija, ako je Vsustav < 20 litara)
- EV Ekspanzijska posuda (opcija, ako je Vsustav > 200 lit.)
- PV Prestrujni ventil

1	Vanjska jedinica	PUHZ-SW75YAA
	Napajanje	1~ / 50 Hz / 230 V
	Osigurač	32 A
	Elektro snaga	4 kW

2	Međuveza vanjska-unutarnja jedinica	4 x 2,5 mm ²
---	-------------------------------------	-------------------------

3	Unutarnja jedinica	EHSD-VM2C	
	Napajanje	1~/50 Hz/230V	
	Spremnik PTV-a	200 lit.	
	Elektrogrijač - korak 1	2 kW	
	Elektrogrijač - korak 2	4 kW	
	Maksimalna radna struja	S1	9 A
	S2	17A (26A)	

Projekt:	Stanbena zgrada	Mitsubishi electric			
Izradili:	Michael Tuk	Datum:	9.7.2024.	Mjerilo:	-
Naziv:	PUHZ-SW75YAA			Nacr. br.	1
				List br.	1