

Projekt strojarskih instalacija za kuću za odmor

Rudan, Kristijan

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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:190:008938>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-22**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U RIJECI
TEHNIČKI FAKULTET
Sveučilišni diplomski studij strojarstva

Diplomski rad

PROJEKT STROJARSKIH INSTALACIJA KUĆE ZA ODMOR

Rijeka, rujan 2022.

Kristijan Rudan

0069062748

SVEUČILIŠTE U RIJECI
TEHNIČKI FAKULTET
Sveučilišni diplomski studij strojarstva

Diplomski rad

PROJEKT STROJARSKIH INSTALACIJA KUĆE ZA ODMOR

Mentor: Izv.prof. dr. sc. Igor Wolf

Rijeka, rujan 2022.

Kristijan Rudan
0069062748

Ja, Kristijan Rudan, izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno, te da nisu na nedozvoljeni način korišteni dijelovi tuđih radova. Svi navodi, citati ili ideje koji se temelje na knjigama, naučnim radovima ili internet stranicama, pravilno su označeni i navedeni u popisu literature.

Kristijan Rudan

Zahvaljujem se svom mentoru izv. prof. dr. sc. Igoru Wolfu na pomoći i podršci te korisnim savjetima i sugestijama prilikom izrade ovog rada. Također se zahvaljujem svojoj obitelji koja me podupirala u studiranju te osigurala da mi ništa ne nedostaje.

Rijeka, 12. ožujka 2021.

Zavod: **Zavod za termodinamiku i energetiku**
Predmet: **Tehnika klimatizacije i automatska regulacija**
Grana: **2.11.02 procesno energetska strojarstvo**

ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD

Pristupnik: **Kristijan Rudan (0069062748)**
Studij: **Diplomski sveučilišni studij strojarstva**
Modul: **Termotehnika**

Zadatak: **Projekt strojarskih instalacija za kuću za odmor / HVAC System Design for a Holiday Home**

Opis zadatka:

Izraditi glavni projekt strojarskih instalacija grijanja, hlađenja i ventilacije, pripreme potrošne tople vode te grijanja vode u vanjskome i unutarnjem bazenu za kuću za odmor na području Istre, čije su arhitektonske podloge sastavni dio ovoga zadatka. Uz grijanje i hlađenje svih prostorija u stambenom dijelu objekta, potrebno je projektirati instalacije grijanja, hlađenja, tlačne i odsisne ventilacije podrumskih prostorija s vinskim podrumom, saunom i unutarnjim bazenom, te instalacije grijanja vode u bazenima. Predvidjeti i središnji akumulacijski sustav pripreme potrošne tople vode. U izradi projekta valja se pridržavati važećih tehničkih normativa za slične objekte. Projekt mora obuhvaćati sve potrebne proračune, odabir opreme, nacrtu dokumentaciju i troškovnik.

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

Zadatak uručen pristupniku: 15. ožujka 2021.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

Izv. prof. dr. sc. Igor Wolf

Prof. dr. sc. Kristian Lenić

SADRŽAJ

SADRŽAJ	6
1. UVOD	6
1.1. Ugodnost boravka u prostoru	6
1.2. Projektiranje strojarskih sustava	7
1.3. Sustav površinskog grijanja i hlađenja	8
1.4. Sustav grijanja, ventilacije i klimatizacije (GVIK)	10
1.5. Dizalice topline	11
2. TOPLINSKI ZAHTJEVI ZGRADE	13
2.1. Proračun toplinskog opterećenja zgrade	16
2.1.1. Toplinsko opterećenje za grijanje prema normi EN 12831	17
2.1.2. Toplinsko opterećenje za hlađenje prema smjernici VDI 2078	19
2.2. Proračun godišnje potrebne toplinske energije za grijanje	21
2.2.1. Proračun godišnje potrebne toplinske energije za grijanje $Q_{H,nd}$	21
2.2.2. Proračun godišnje potrebne toplinske energije za hlađenje $Q_{C,nd}$	21
3. TOPLINSKI ZAHTJEVI VANJSKOG I UNUTARNJEG BAZENA	24
3.1. Proračun vanjskog bazena	24
3.1.1. Ulazni parametri	24
3.1.2. Gubici topline ishlapljivanjem	26

3.1.3.	Gubici topline konvekcijom.....	28
3.1.4.	Gubici topline zračenjem	30
3.1.5.	Gubici topline transmisijom.....	31
3.1.6.	Gubici zbog dovođenja svježe vode	33
3.1.7.	Dobici topline od sunčevog zračenja	34
3.2.	Bilanca topline vanjskog bazena	36
3.3.	Proračun unutarnjeg bazena	36
3.3.1.	Ulazni parametri.....	36
3.3.2.	Gubici topline ishlapljivanjem.....	37
3.3.3.	Transmisija.....	38
3.3.4.	Gubitak zbog dovođenja svježe vode	38
3.4.	Bilanca topline unutarnjeg bazena	39
3.5.	Početno zagrijavanje unutarnjeg bazena	40
4.	DIMENSIONIRANJE SUSTAVA VENTILACIJE WELLNESSA	42
4.1.	Određivanje potrebne količine zraka za prostor.....	42
4.2.	Dimenzioniranje razvoda kanala ventilacije	45
4.3.	Odabir otvora i balansiranje sustava	49
4.4.	Dimenzioniranje i odabir bazenske klima-komore	59
5.	DIMENSIONIRANJE OGRJEVNIH I RASHLADNIH TIJELA	63

5.1.	Podno grijanje	63
5.2.	Podno i zidno hlađenje	69
5.3.	Balansiranje instalacije podnog grijanja i hlađenja	70
5.4.	Dodatna ogrjevna i rashladna tijela	74
6.	DIMENZIONIRANJE SUSTAVA POTROŠNE TOPLE VODE (PTV)	76
6.1.	Proračun sustava PTV-a	76
6.2.	Odabir spremnika PTV-a	81
7.	ODABIR DIZALICE TOPLINE I INERCIJSKOG SPREMNIKA	85
7.1.	Ukupna potrebna energija za grijanje i hlađenje sustava	87
7.2.	Odabir dizalice topline	89
7.3.	Odabir inercijskog spremnika	90
8.	DIMENZIONIRANJE CIJEVOVODA GRIJANJA I HLAĐENJA	95
8.1.	Određivanje protoka za svaku granu glavnog razdjelnika	95
8.2.	Dimenzioniranje cjevovoda	96
8.3.	Dimenzioniranje razdjelnika	98
9.	BALANSIRANJE SUSTAVA I ODABIR CIRKULACIJSKIH PUMPI	100
9.1.	Odabir troputnih motornih regulacijskih ventila	100
9.2.	Određivanje pada tlaka bez balansiranja za pojedinu granu	103
9.3.	Odabir balansirajućih ventila pojedinoj grani cijevnog razvoda	107

9.4.	Proračun padova tlaka u pojedinim cirkulacijskim krugovima.....	108
9.5.	Odabir cirkulacijskih pumpi pojedinih krugova grijanja	111
9.6.	Odabir troputnih ventila i cirkulacijskih pumpi u krugu dizalice topline	112
10.	DIMENZIONIRANJE I ODABIR EKSPANZIJSKE POSUDE	113
10.1.	Proračun volumena ekspanzijskih posuda prema DIN 4807.....	113
11.	TEHNIČKI OPIS SUSTAVA.....	116
11.1.	Dizalica topline.....	116
11.2.	Cijevna mreža sustava	116
11.3.	Podno grijanje.....	117
11.4.	Podno i zidno hlađenje	117
11.5.	Ventilokonvektori.....	117
11.6.	Ventilacija.....	118
11.7.	Način regulacije.....	118
12.	ZAKLJUČAK.....	120
	LITERATURA	121
	SAŽETAK	123
	SUMMARY	124
	POPIS OZNAKA I KRATICA.....	125
	POPIS SLIKA.....	130

POPIS TABLICA	133
DODATAK.....	136

1. UVOD

Tema ovog rada je izrada projekta strojarskih instalacija za kuću za odmor. U radu se, osim prilaganja rezultata proračuna, opisuje postupak proračuna s izvodima, te specijalnim programima za proračun prema važećim propisima i normama. Osim same izrade i razrade projekta koja će biti prikazana kasnije u tekstu, u nastavku su ukratko opće stavke na koje je potrebno obratiti pozornost prilikom projektiranja ovakvog sustava.

Prije svega projektant mora biti upoznat s propisima i normama koji su na snazi za regiju i državu za koju se sustav projektira. Jedan od najvažnijih propisa je *Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama* [1] kojeg svaki projektant treba znati. Ovim se propisom propisuju:

- tehnički zahtjevi u pogledu racionalne uporabe energije i toplinske zaštite građevinskog dijela zgrade, tehničkih sustava grijanja, ventilacije, hlađenja, klimatizacije, pripreme potrošne tople vode i rasvjete koje treba ispuniti prilikom projektiranja i građenja novih zgrada, te tijekom uporabe zgrada koje se griju na unutarnju temperaturu višu od 12 °C,
- tehnički zahtjevi u pogledu racionalne uporabe energije i toplinske zaštite koje treba ispuniti prilikom projektiranja rekonstrukcije i veće rekonstrukcije postojećih zgrada koje se griju na unutarnju temperaturu višu od 12 °C,
- ostali tehnički zahtjevi za racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu u zgradama,
- sadržaj projekta zgrade u odnosu na racionalnu uporabu energije te toplinsku zaštitu,
- sadržaj Iskaznice energetske svojstava zgrade,
- održavanje zgrade u odnosu na racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu. [hrv komora arhitekata]

1.1. Ugodnost boravka u prostoru

Svaki arhitekt ili strojarski inženjer mora osigurati udobnost u svojim zgradama. Toplinsku udobnost, američko udruženje inženjera za grijanje hlađenje i ventilaciju (engl. American Society of Heating Refrigerating and Air-conditioning Engineers, ASHRAE) definira kao stanje uma koje izražava zadovoljstvo toplinskim okruženjem. Sustavi grijanja, ventilacije i klimatizacije (GVIK) imaju ulogu stvoriti ugodnu toplinsku okolinu, pa je tako toplinska udobnost posljedica toplinske ravnoteže između zgrade i stanara.

Primjeri radnji koje bi ljudi mogli poduzeti da bi promijenili okolinu su korištenje kontrola (uglavnom ventilatori) ili kretanje unutar prostora ili između prostora kako bi se pronašli ugodniji uvjeti. Sposobnost zgrade da omogući prilagodbu naziva se adaptacijska mogućnost zgrade. Veća mogućnost prilagodbe omogućuje korisnicima zgrade da se osjećaju udobno i u promjenjivim uvjetima. Primjeri radnji koje ljudi mogu poduzeti kako bi se osjećali ugodno u određenom okruženju su skidanje odjeće, prilagodba držanja ili promjena aktivnosti.

Uvjeti koje ljudi smatraju "uobičajenim" varirat će s njihovom klimom, godišnjim dobom, aktivnostima i kulturom. Budući da temperatura koju ljudi smatraju ugodnom varira s vanjskom temperaturom, energija potrebna za osiguravanje ugodnih temperatura može smanjiti. To je još jedan razlog za preispitivanje adaptivnog modela tj. korištenja ljudske prirodne sposobnosti za promjenu može smanjiti energiju korištenu za grijanje i hlađenje.

Možemo zaključiti da je, u svrhu postizanja što ugodnijeg okruženja u stambenom prostoru, bitno razmotriti mogućnost izrade sustava koji daje mogućnosti korisniku da dijelom upravlja njime (npr. temperaturom u pojedinim prostorima, ili nekom vrstom upozorenja da željena temperatura nije ekonomičan odabir) jer na taj način može i uštedjeti.

1.2. Projektiranje strojarskih sustava

Bez obzira na veličinu, popunjenost i namjenu, zgrada se oslanja na brojne strojarske i električne sustave kako bi osigurala sigurnost i udobnost svojih stanovnika ili korisnika. Zbog toga će prilikom gradnje ili adaptacije zgrade ponajprije biti potrebno projektirati sustave koji će osigurati da zgrada ispunjava prethodno uvjetovane kriterije.

Inženjeri strojarstva odgovorni su za projektiranje, izgradnju i servisiranje različitih vrsta sustava u nekom objektu, te ovisno o projektu mogu uključivati:

- sustav grijanja, ventilacije i klimatizacije (u daljnjem tekstu: GVIK)
- razvod ventilacijskih kanala
- razvod cijevi za toplu/hladnu vodu
- razvod cijevi za potrošnu toplu vodu (u daljnjem tekstu: PTV)
- kotlovi, pumpe, dizalice topline.

Strojarski inženjeri, štoviše, moraju osigurati da se sve strojarske komponente adekvatno integriraju u arhitektonski i strukturni raspored zgrade, te u tu svrhu moraju koordinirati svoj

rad sa svim ostalim strukama koje sudjeluju u projektu. Kada gradnja započne, potrebno je popratiti montažu strojarskih sustava, te predvidjeti relevantne zahtjeve za izmjenama na projektu. Uz to, potrebno je osigurati da ugradnja izmijenjenih komponenti u potpunosti komplementira primarnu funkciju projekta.

Loše projektiran sustav grijanja i hlađenja može imati ozbiljan utjecaj na udobnost boravka, raspoloženje i troškove energije. Uobičajeni učinci neprikladne GVIK opreme mogu uključivati svrbež kože, suho grlo, alergije i neravnomjernu raspodjelu topline u objektu. Isto tako, nepropisno projektirani sustavi klimatizacije mogu rezultirati nepotrebno visokim operativnim troškovima.

Zato, prije svega, GVIK sustav mora biti pravilno dimenzioniran. Potrebno je odrediti odgovarajuća opterećenja grijanja i hlađenja zbog odabira prikladne strojarske opreme kako bi unutrašnjost zgrade bila udobna, a da pritom troši što manje energije. Kad su vidljivi, GVIK kanali prilično su upadljivi zbog svojih velikih dimenzija, zato je potrebno pažljivo formiranje razvoda kanala koji funkcionira u skladu sa strukturnim i arhitektonskim značajkama zgrade.

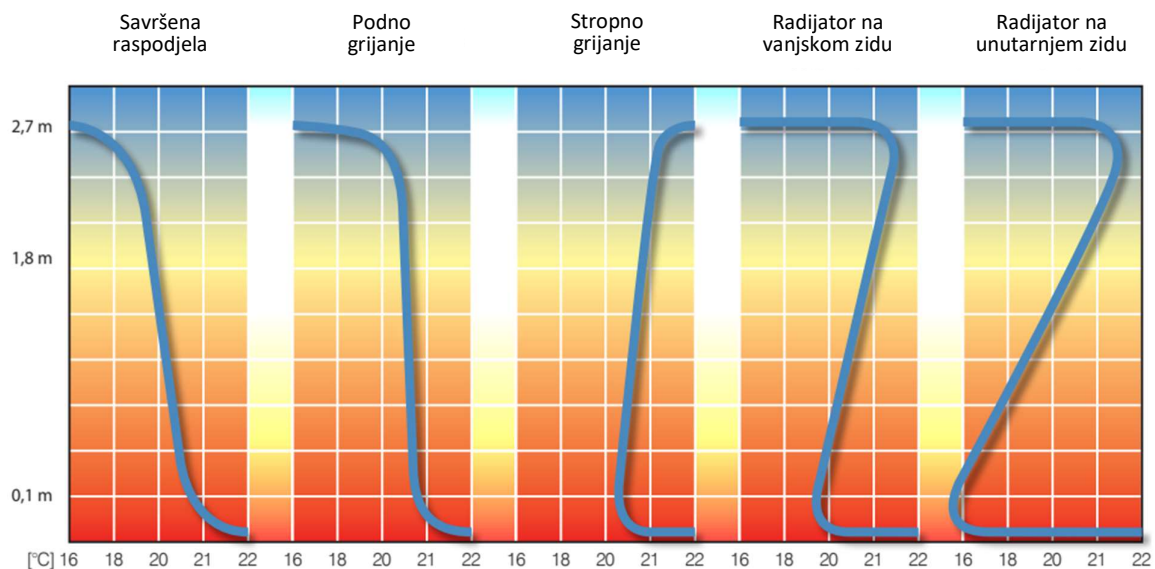
1.3. Sustav površinskog grijanja i hlađenja

Sustavi niskotemperaturnog površinskog grijanja i hlađenja, koji kao izvor (ili ponor) topline koriste površine podova ili zidova, postaju sve popularniji u zgradama novijih izvedbi. Povećanje cijene energije primorava korisnike na korištenje instalacija koje su suvremene, pogonski jeftine, te proizvedene u skladu sa zahtjevima zaštite okoliša. Odabir ovog načina grijanja prvenstveno je vođen energetsom učinkovitošću i udobnošću. Ispravno projektiran sustav, s optimalnom raspodjelom temperature, rezultira toplinskom udobnošću koja može biti postignuta i uz nižu srednju temperaturu prostora, što rezultira smanjenjem količine isporučene topline. Niska temperatura dovedenog medija također smanjuje i gubitak topline. U nekim slučajevima dovoljne su dvije godine za puni povrat investicije zbog čega sustav površinskog grijanja može biti jedan od jeftinijih rješenja grijanja.

Druge prednosti su u estetici instalacije. Površinsko zagrijavanje je nevidljivo, što omogućuje fleksibilan dizajn interijera. Takvo rješenje je ujedno i "čisto" rješenje, zbog smanjenja strujanja zraka uzrokovanog konvekcijom, koje eliminira kruženje i taloženje prašine.

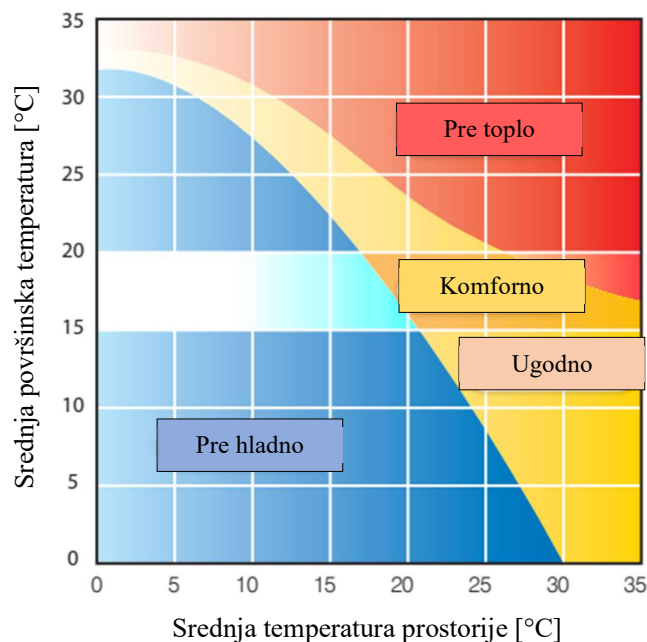
Posljednja, ali ne manje važna prednost je pouzdanost i izdrživost, pri čemu je jedino ograničenje trajnost izvora topline. Još jedna neosporna vrlina površinskog grijanja je njegov niski ugljični otisak kao sustav u kombinaciji s alternativnim izvorom topline (dizalica topline, geotermalna energija, solarna energija, itd.).

Sustavi površinskog grijanja i hlađenja značajno poboljšavaju percipiranu toplinsku udobnost unutar zatvorenog prostora. Za ovaj sustav grijanja većina topline prenosi se zračenjem. Prosječna temperatura ogrjevnice/rashladne površine samo je malo viša (ili niža za hlađenje) od temperature zraka unutar prostora. Za površinsko grijanje, prostorija temperature od 20 °C pruža istu toplinsku udobnost kao prostorija temperature 21-22 °C postignutu tradicionalnim radijatorima ili konvektorima, rezultirajući uštedom energije od 5-10%.



Slika 1.1. Raspodjela temperatura po visini prostorije za različite ogrjevnice sustave [2]

Površinsko grijanje, a posebno podno grijanje, nudi najpovoljniji raspored temperature za čovjeka, tj. najbliži je idealnom rasporedu temperature. To znači ugodnu toplinu u razini nogu i povoljnu malo hladniju temperaturu u razini glave. Odnos između percipirane temperature i temperature pregradnih zidova kao i temperature zraka opisan je Koenigovim dijagramom.



Slika 1.2. Koenigov dijagram [3]

Sustavi podnog grijanja ravnomjerno zrače toplinu, pa su od posebne važnosti za grijanje prostorija s visokim stropovima. U slučaju konvekcijskih grijača topli zrak u visokim prostorijama skuplja se u gornjem dijelu, te se za održavanje temperature prostora mora potrošiti više energije.

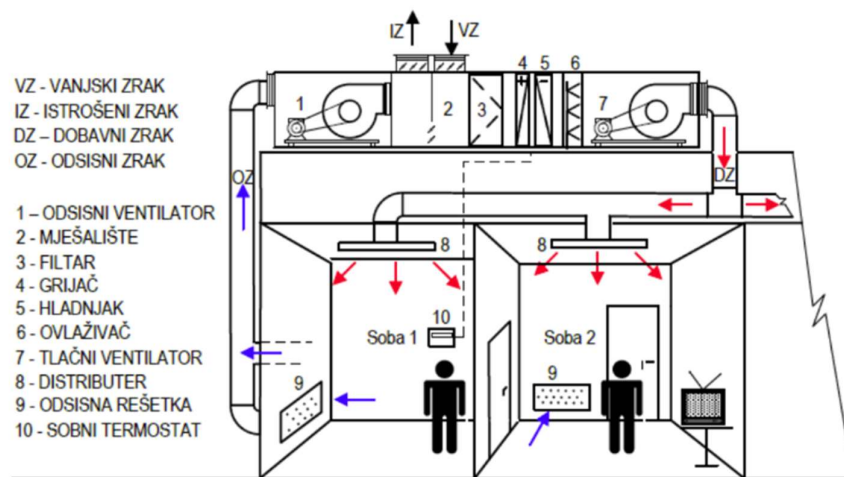
Možemo zaključiti da u suvremenim objektima, u svrhu ugodnijeg boravka, manjih operativnih troškova, te zaštite okoliša, pribjegava korištenju površinskog sustava grijanja i hlađenja u kombinaciji s dobro toplinski izoliranom kućom i iskorištavanjem obnovljivih izvora energije pomoću npr. dizalice topline.

1.4. Sustav grijanja, ventilacije i klimatizacije (GVIK)

Kod sustava s ventilacijom, dimenzioniranje i postavljanje otvora je od kritične važnosti, a protok zraka od ulaza do izlaza ne smije biti ometan (npr. zatvorenim perimetralnim prostorijama). Projektanti bi trebali razmotriti korištenje prirodne ventilacije kao dopunu mehaničkoj ventilaciji naročito pri projektiranju ventilacije za objekte s dugim radnim vremenom, no takvo rješenje treba dobro razmotriti zbog količine izvora zagađivača i vanjske buke.

Zrak u zatvorenom prostoru može biti 2 do 5 puta zagađeniji od vanjskog zraka, stoga većina inženjera projektira GVIK sustave s povećanom količinom vanjskog zraka jer se time postiže veća kvaliteta unutrašnjeg zraka. Ipak, postoji zabrinutost zbog implikacija koje ova dodatna količina dovedenog vanjskog zraka ima na operativne troškove GVIK sustava, kao i na kontrolu vlage u objektu (previše vlažno ili pre suho). Problem operativnih troškova može se riješiti ugradnjom neke vrste povrata energije, npr. rekuperatorom.

Kako bi se osigurao ispravan rad i održavanje komponenti GVIK sustava, ključno je da projektant komponente učini lako dostupnima. Označavanje GVIK komponenti je jeftina i učinkovita metoda za pomoć osoblju u objektima da ispravno upravlja i održava GVIK sustav. Oznake bi trebale biti lako čitljive kada stoje pored opreme i izdržljive kako bi odgovarale vijeku trajanja opreme na koju su pričvršćene. Na slici 2.3 prikazana je shema jednokanalnog jednozonskog GVIK sustava.



Slika 1.3. Jednokanalni jednozonski GVIK sustav sa stalnim volumnim protokom zraka [4]

1.5. Dizalice topline

Veliki se dio populacije za grijanje svojih domova još uvijek oslanja na korištenje fosilnih goriva, kao na primjer korištenje lož ulja i prirodnog plina za grijanje ili za proizvodnju električne energije s kojom će se napajati kućna električna grijalica ili klima-uređaji. Sustavi grijanja i hlađenja su jedni od najvećih potrošača u većini kuća diljem svijeta. U Europi su 2019. godine oni predstavljali 64% ukupne kućne potrošnje. Tipični elektrootporni grijači imaju efikasnost 100%, to znači da za svaki 1 W koji uđe u grijaći element dobiva se 1 J topline.

Implementacija obnovljivih izvora energije (u daljnjem tekstu "OIE") u objekte je već neko vrijeme u planu za mnoge investitore, budući da nastoje integrirati održivost u strukturu dizajna svojih građevinskih projekata. Dok su početni izdaci za implementaciju obnovljivih izvora energije na građevinski objekt često visoki, nagrade se često uzdižu mnogo više. Ne samo da smanjuju potrebu za toplinskom energijom dobivenom zagađujućim fosilnim gorivima, već nude niže račune, uz potencijal bespovratnih sredstava za kompenzaciju i nadoknadu početnih troškova.

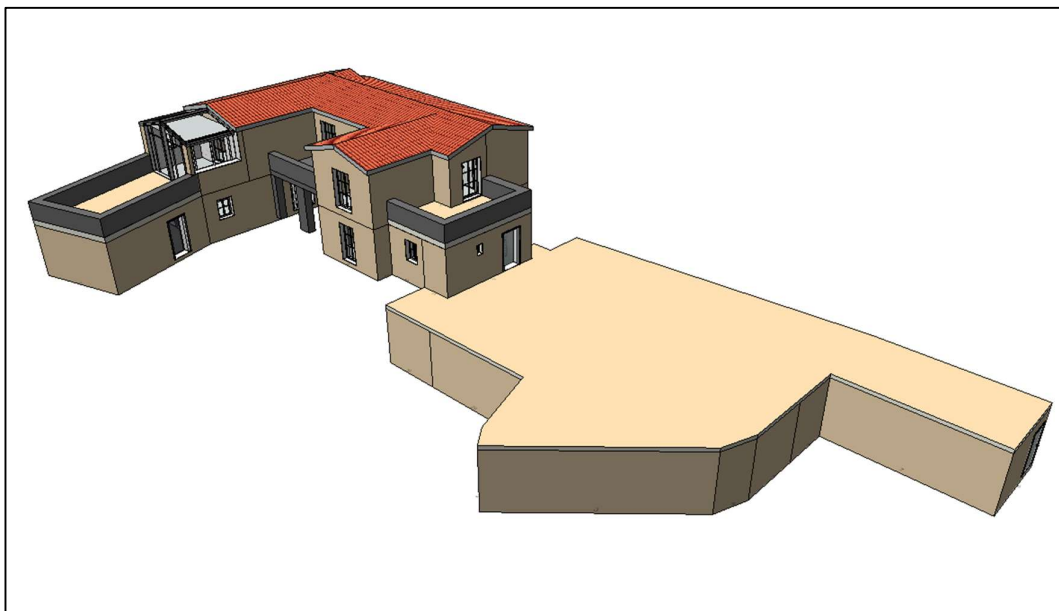
Dizalice topline pretvaraju toplinsku obnovljivu energiju dostupnu i na nižim temperaturama iz prirodnog okruženja u toplinsku energiju na višim temperaturama. Ciklus dizalice topline također se može koristiti za hlađenje. Dizalice topline koriste aerotermalnu, hidrotermalnu i geotermalnu energiju, a može se kombinirati s toplinom iz drugih obnovljivim izvorima energije u hibridnim sustavima. Navedeni izvori energije mogu biti obnovljivi ili otpadna energija iz industrijskih procesa, otpadni zrak iz ventilacije zgrada i slično. Grijanje/hlađenje prostora i opskrba toplom vodom čine otprilike polovicu globalne potrošnje energije u zgradama, a potražnja posebno brzo raste u gospodarstvima u razvoju. Ipak, većina te potražnje i dalje se zadovoljava izgaranjem fosilnih goriva koji emitiraju stakleničke plinove.

Više o tim uređajima biti će opisano u poglavlju odabira dizalice topline i popratnih sadržaja.

2. TOPLINSKI ZAHTJEVI ZGRADE

Najjednostavniji, najisplativiji i najlakši način uštede energije u zgradi je isključivanje sve rasvjete, svih sustava grijanja i hlađenja, svih uređaja i opreme. Takva zgrada ne bi trošila nikakvu energiju, ali bi u njoj bilo neugodno hladno ili vruće, neadekvatno prozračeno, slabo osvijetljeno svjetlošću koja dolazi kroz prozore, te na koncu vrlo neugodno mjesto za rad.

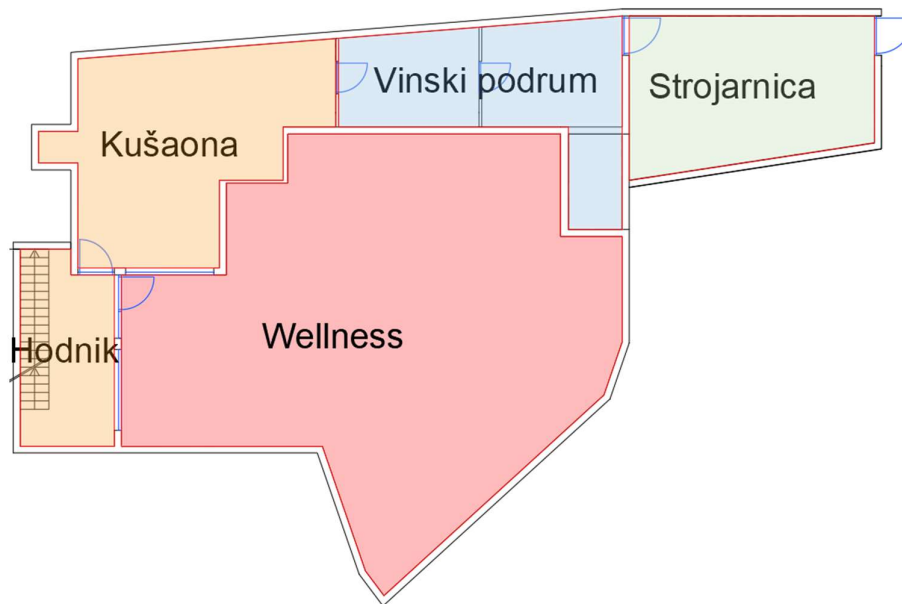
Cilj uštede energije je korištenje minimalne količine energije potrebne za obavljanje rada u zgradi na siguran i učinkovit način. Količina energije koju zgrada koristi ovisi o njenoj veličini, lokaciji, vrsti zgrade, te o projektnim parametrima zgrade kao što su orijentacija zgrade, orijentacija prozora, odabir GVIK sustava i karakteristika vanjske ovojnice grijanog prostora. U slučaju iste arhitekture zgrade, zgrada s većom potrebnom količinom zraka trošiti će više energije od zgrade s nižom potrebnom količinom zraka, zgrada s višom razinom osvjetljenja će trošiti više energije nego zgrada s nižom razinom osvjetljenja, te će zgrada s višom zadanom temperaturom u sezoni grijanja i nižom zadanom temperaturom u sezoni hlađenja trošiti više energije nego od suprotnog. Na slici 2.1 prikazan je objekt unesen u softver za BIM modeliranje "DDS-CAD", te je iz slike vidljivo da se radi o zgradi s tri etaže (suteran, prizemlje i kat).



Slika 2.1. Prikaz 3D modela predmetnog objekta

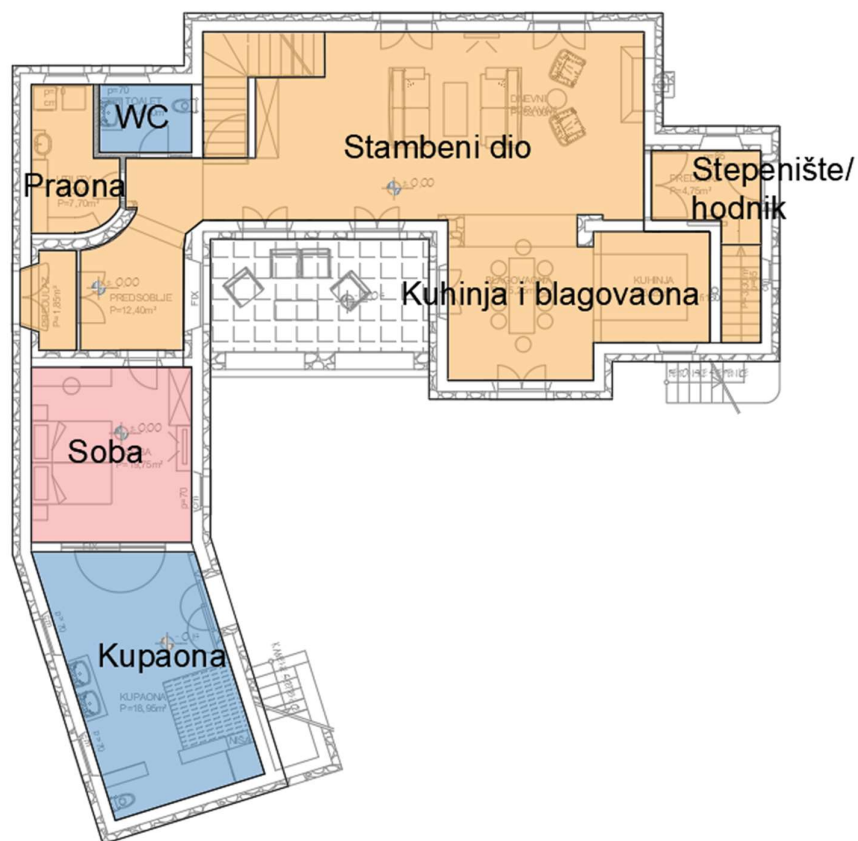
Kuća se nalazi u selu Fabci na području Višnjana, te se meteorološki podaci uzimaju iz najbliže meteorološke postaje koja je u ovom slučaju postaja Poreč.

Na slici 2.2 prikazan je tlocrt podruma podijeljen na njegove dijelove prema namjeni. Hodnik predstavlja toplu vezu s prizemljem objekta te sadržava stepenice kojim se korisnik diže na razinu prizemlja. Iz hodnika se može pristupiti *wellnesu* i kušaoni iz koje se dalje može pristupiti vinskom podrumu, te nakon njega i strojarnici.



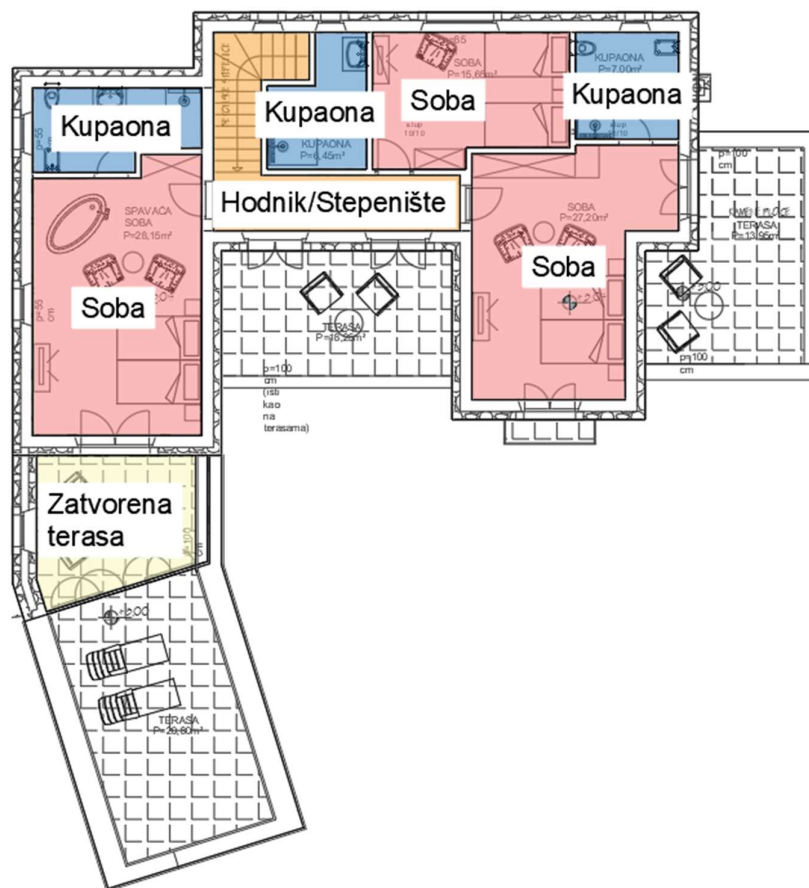
Slika 2.2. Tlocrt podruma podijeljen prema namjeni

Na slici 2.3 prikazano je prizemlje koje se sastoji od prostora hodnika koji sadrži ulaz i izlaz iz objekta, te stepenište prema suterenu. Hodnik i stambeni dio, tj. dnevni boravak, blagovaona i ostalo obojeno je u istu boju zato što ti prostori spadaju u stambeni dio objekta. Radi bolje preglednosti, iako spadaju u stambeni dio objekta, sobe, toaleti i kupaone, obojani su u crvenu i plavu boju.



Slika 2.3. Tlocrt prizemlja s namjenama prostora

Na sljedećoj slici (slika 2.4) prikazan je tlocrt kata koji se sastoji od hodnika/stepeništa koji spaja prizemlje i kat, te triju soba sa svojim kupaonama. Dodatna prostorija na katu je zatvorena terasa koja se ne grije, već je tu za vrijeme prijelaznog razdoblja u godini, tj. razdoblja kada su vanjske temperature malo niže od onih ugodnih, pa ju u to razdoblje grije insolacija prolaskom kroz stakleni krov i veliki dio ostakljene južne strane pregrade.



Slika 2.4. Tlocrt kata s namjenama prostora

2.1. Proračun toplinskog opterećenja zgrade

IntegraCAD 2011 je softverski alat namijenjen rješavanju svih problema projektiranja cjevovoda pitke vode i odvodnje, cjevovoda grijanja, odabira radijatora (za dvocijevni i jednocijevni sustav), odabira ventilokonvektora i cjevovoda ventilokonvektora, podnog i zidnog grijanja i hlađenja. U struci se najviše koristi za izračun projektnog toplinskog opterećenja pojedinih prostorija u zgradi na temelju kojih projektant može odabrati adekvatno ogrjevno tijelo. Nakon izračuna potrebnog opterećenja moguće je izravno ispisati rezultate izračuna i popis materijala ili ih izvesti u nekoliko .xls datoteka.

Proračun toplinskog opterećenja provodi se za stambenu zgradu u selu Fabci na području Višnjana, a vanjski projektni podaci uzimaju se za Poreč. Vrijednost unutarnje temperature varira ovisno o namjeni prostora. U *wellnesu* je temperatura zraka 28 °C, u stambenom prostoru

22 °C, u fizički odvojenim hodnicima i stepeništu 18 °C, u spavaćim sobama 20 °C, te u toaletima 24 °C.

2.1.1. Toplinsko opterećenje za grijanje prema normi EN 12831

Norma EN 12831, koja je na snazi od 2003. godine, sadrži postupak proračuna toplinskog opterećenja koji je dijelom obavezan za sve zemlje, a dijelom različit kao nacionalni dodatak za pojedinu zemlju.

Dodatak (aneks na normu) je neophodan za cjelokupni proračun, a različit je za pojedine zemlje zbog različitih karakterističnih uvjeta u zemlji. Dijeli se na dva postupka proračuna, jednostavni i detaljni. U jednostavni postupak proračuna ulaze objekti s ne više od tri stambene jedinice čija je nepropusnost ovojnice manja od 3 h⁻¹.

U proračun toplinskog opterećenja objekta ulaze gubici transmisijom i gubici ventilacijom. A prikazano je sljedećim izrazom:

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} [W] \quad (2.1)$$

gdje je:

$\Phi_{T,i}$ – transmisijski toplinski gubici [W]

$\Phi_{V,i}$ – ventilacijski toplinski gubici [W].

Transmisijski toplinski gubici računaju se prema sljedećem izrazu:

$$\Phi_{T,j} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) [W] \quad (2.2)$$

gdje je:

$H_{T,ie}$ – koeficijent transmisijskih toplinskih gubitaka prema okolini [W/K]

$H_{T,iue}$ – koeficijent transmisijskih toplinskih gubitaka prema negrijanim prostorijama [W/K]

$H_{T,ig}$ – koeficijent transmisijskih toplinskih gubitaka prema tlu [W/K]

$H_{T,ij}$ – koef. transmisijskih toplinskih gubitaka između susjednih grijanih prostorija [W/K]

$\theta_{int,i}$ – temperatura prostorije [°C]

θ_e – vanjska projektna temperatura – nacionalni dodatak [°C].

Ventilacijski toplinski gubici prikazani su sljedećom formulom:

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) [W] \quad (2.3)$$

gdje je:

$H_{V,i}$ – koeficijent ventilacijskog toplinskog gubitka [W/K]

$\theta_{int,i}$ – temperatura prostorije [°C]

θ_e – vanjska projektna temperatura – nacionalni dodatak [°C]

Rezultati proračuna toplinskog opterećenja grijanja za svaku prostoriju prikazani su u tablici 2.1.

Tablica 2.1. Rezultati proračuna toplinskog opterećenja grijanja za objekt

Oznaka	Prostorija	A (m ²)	t _u (°C)	Φ _T (W)	Φ _V (W)	Φ _n (W)
S1	Stepenište	17	18	139	189	328
S2	Blagovaona	46	22	319	569	888
S3	Vinski podrum	29	18	148	308	456
S4	Strojarnica	31	18	585	329	914
S5	Rashladna komora	5	18	25	53	78
S6	Wellness	149	28	1451	2253	3704
P1	Predulaz Istok	8	20	557	210	767
P2	Blagovaona	88	22	2863	1141	4004
P3	WC	4	22	165	170	335
P4	Garderoba	7	20	275	91	366
P6	Spavaća soba	19	20	281	236	517
P7	WC	28	24	1211	1165	2376
P8	Stepenište	6	22	90	84	174
K1	Hodnik	14	22	898	190	1088
K2	Spavaća soba	15	20	368	188	556
K3	WC	7	24	218	295	513
K4	Spavaća soba	27	20	978	328	1306
K5	WC	7	24	304	295	599
K6	Spavaća soba	28	20	920	346	1266
K7	WC	8	24	499	337	836
	Ukupno:			12294	8777	21071

2.1.2. Toplinsko opterećenje za hlađenje prema smjernici VDI 2078

Proračun rashladnog opterećenja prema smjernici VDI 2078 uzima u obzir projektne uvjete za lokaciju objekta, unutrašnju temperaturu promatranih prostorija, tip i količinu rasvjete, broj osoba i njihov uobičajeni fizički rad prema namjeni prostorije, itd.

U *wellnesu* je temperatura zraka 28 °C, u stambenom prostoru 24 °C, u fizički odvojenim hodnicima i stepeništu 18 °C, u spavaćim sobama 22 °C, te u toaletima 24 °C.

U proračun ukupnog toplinskog opterećenja objekta za hlađenje ulazi unutarnje i vanjsko toplinsko opterećenje prikazano sljedećim izrazom:

$$\phi_{uk} = \phi_{un} + \phi_{vanj} \quad (2.4)$$

gdje je:

ϕ_{un} – unutarnje toplinsko opterećenje [W]

ϕ_{vanj} – vanjsko toplinsko opterećenje [W] .

Unutarnje toplinsko opterećenje određuje se sljedećim izrazom:

$$\phi_{un} = \phi_{os} + \phi_{ras} + \phi_{SUO} + \phi_{u,zid} + \phi_{prol} + \phi_{ost} \quad (2.5)$$

gdje je:

ϕ_{os} – toplina koju odaju osobe [W]

ϕ_{ras} – toplina koju odaju rasvjetna tijela [W]

ϕ_{SUO} – toplina koju odaju strojevi, uređaji i oprema [W]

$\phi_{u,zid}$ – toplina dovedena iz susjednih prostorija provođenjem i konvekcijom kroz unutarnji zid, strop ili pod [W]

ϕ_{prol} – toplina koju odaju predmeti pri prolasku kroz prostoriju [W]

ϕ_{ost} – ostali izvori topline (npr. razni procesi, biljke i sl.) [W] .

Vanjsko toplinsko opterećenje dano je izrazom 2.6.

$$\phi_{vanj} = \phi_{v_zid} + \phi_{proz_konv} + \phi_{proz_zr} + \phi_{vent} \quad (2.6)$$

gdje je:

ϕ_{v_zid} – toplina dovedena iz okolice provođenjem i konvekcijom kroz vanjski zid [W]

ϕ_{proz_konv} – toplina dovedena iz okolice provođenjem i konvekcijom kroz ostakljene plohe [W]

ϕ_{proz_zr} – toplina dovedena iz okolice zračenjem kroz ostakljene plohe [W]

ϕ_{vent} – toplina dovedena uslijed prirodne ventilacije (npr. kroz zazore) [W].

Rezultati proračuna toplinskog opterećenja hlađenja za svaku prostoriju prikazani su u tablici 2.2.

Tablica 2.2. Rezultati proračuna toplinskog opterećenja hlađenja za objekt

Oznaka		ϕ suho (W)	ϕ vlažno (W)	ϕ ukupno (W)
S1	P3 Stepenište	162	28	190
S2	P4 Blagovaona	912	383	1295
S3	P5 Vinski podrum	427	124	551
S4	P6 Strojarnica	517	28	545
S5	P7 Rashladna komora	24	0	24
S6	P8 Wellness	854	215	1069
P1	P1 Predulaz Istok	352	28	380
P2	P2 Blagovaona	5651	303	5954
P3	P3 WC	254	28	282
P4	P4 Garderoba	275	28	303
P6	P6 Spavaća soba	629	55	684
P7	P7 WC	5562	37	5599
P8	P9 Stepenište	127	28	155
K1	P1 Hodnik	2820	28	2848
K2	P2 Spavaća soba	542	56	598
K3	P3 WC	195	37	232
K4	P4 Spavaća soba	1813	54	1867
K5	P5 WC	214	37	251
K6	P6 Spavaća soba	2027	56	2083
K7	P7 WC	670	37	707
	Ukupno:	24027	1590	25617

2.2. Proračun godišnje potrebne toplinske energije za grijanje

Za proračun godišnje potrebne toplinske energije za grijanje zgrade koristimo se softverom "Ki Expert Plus". Program je namijenjen projektantima i energetske certifikatorima, te je u potpunosti usklađen s Tehničkim propisom o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama („Narodne novine“ broj 128/2015 i dopune), Algoritmom za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790 te najnovijim Pravilnikom o energetske pregledu zgrade i energetske certificiranju („Narodne novine“ broj 88/17 i dopune.).

2.2.1. Proračun godišnje potrebne toplinske energije za grijanje $Q_{H,nd}$

U proračun uzima vrijednosti samo onih mjeseci za koje su vrijednosti mjesečne potrebne toplinske energije za grijanje pozitivne, a računa se prema sljedećem izrazu.

$$Q_{H,nd,cont} = Q_{Tr} + Q_{Ve} - \eta_{H,gn}(Q_{int} + Q_{sol}) \text{ [kWh]} \quad (2.7)$$

gdje je:

Q_{Tr} – izmjenjena toplinska energija transmisijom za proračunsku zonu [kWh]

Q_{Ve} – potrebna toplinska energija za ventilaciju/klimatizaciju za proračunsku zonu [kWh]

$\eta_{H,gn}$ – faktor iskorištenja toplinskih dobitaka [-]

Q_{int} – unutarnji toplinski dobitci zgrade (ljudi, uređaji, rasvjeta) [kWh]

Q_{sol} – toplinski dobitci od Sunčeva zračenja [kWh].

2.2.2. Proračun godišnje potrebne toplinske energije za hlađenje $Q_{C,nd}$

Proračun godišnje potrebne toplinske energije za hlađenje provodi se pomoću sljedećeg izraza.

$$Q_{C,nd} = Q_{int} + Q_{sol} - \eta_{C,ls}(Q_{Tr} + Q_{Ve}) \text{ [kWh]} \quad (2.8)$$

gdje je:

Q_{int} – unutarnji toplinski dobici zgrade: ljudi, rasvjeta i uređaji [kWh]

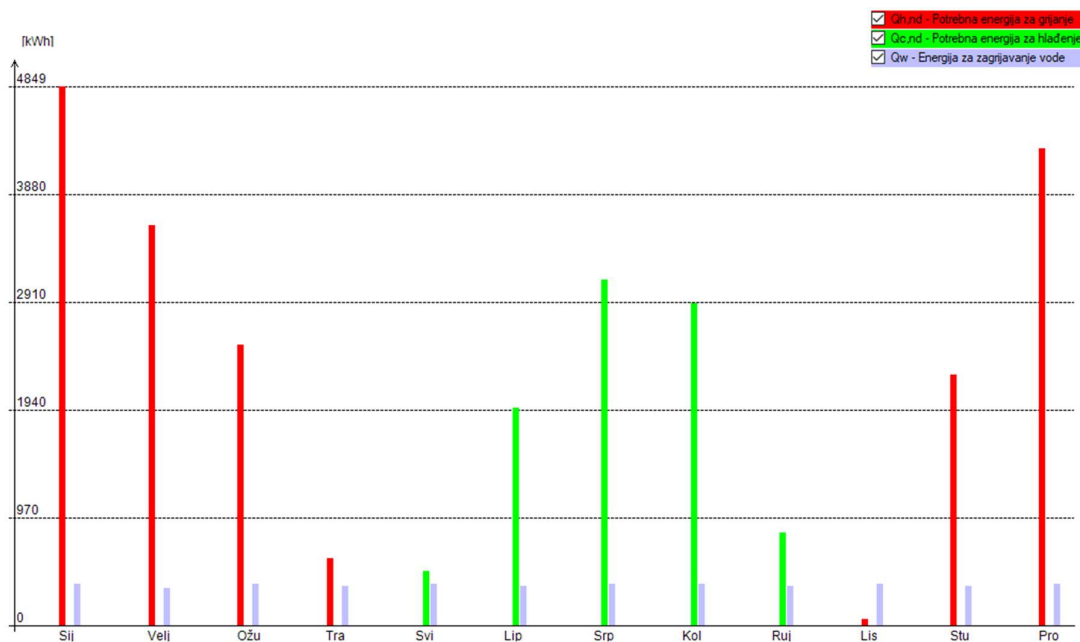
Q_{sol} – toplinski dobici od Sunčeva zračenja [kWh]

$\eta_{C,ts}$ – faktor iskorištenja toplinskih gubitaka kod hlađenja [-]

Q_{Tr} – izmjenjena toplinska energija transmisijom za proračunsku zonu [kWh]

Q_{Ve} – potrebna toplinska energija za ventilaciju/klimatizaciju za proračunsku zonu [kWh]

Na slici 2.5 prikazan je graf s vrijednostima mjesečnih potrošnji za grijanje i hlađenje stambenog djela objekta, te pripremu PTV-a.



Slika 2.5. Prikaz mjesečne toplinske energije za grijanje, hlađenje i pripremu PTV-a

Na tablici 2.3 prikazana je mjesečna potreba za grijanje i hlađenje stambenog djela zgrade.

Tablica 2.3. Mjesečna potrebna toplinska energija za grijanje i hlađenje

Mjesec	Q H,nd,m [kWh]	Q C,nd,m [kWh]
Siječanj	4849,47	0,00
Veljača	3606,75	0,00
Ožujak	2527,37	0,00
Travanj	606,80	0,00
Svibanj	0,00	492,68
Lipanj	0,00	1965,79
Srpanj	0,00	3117,97
Kolovoz	0,00	2900,68
Rujan	0,00	840,70
Listopad	59,04	0,00
Studen	2261,38	0,00
Prosinac	4300,04	0,00
UKUPNO =	18210,85	9317,81

Q Tr,H [kWh]	Q Ve,H [kWh]	Q int [kWh]	Q sol [kWh]	y H,1 [-]	y H,2 [-]	y H [-]	y H,lim
4942,42	2172,12	1830,29	1216,64	0,44	0,50	0,43	1,32
4469,86	1949,21	1653,17	1955,00	0,50	0,65	0,56	1,32
4054,92	1732,32	1830,29	2445,69	0,65	0,95	0,74	1,32
2657,75	1108,15	1771,25	2616,65	0,95	2,10	1,17	1,32
1180,31	366,40	1830,29	2857,51	2,10	501,52	3,03	1,32
-124,35	-185,28	1771,25	2801,46	501,52	1000,00	1000,00	1,32
-940,47	-528,50	1830,29	2956,18	1000,00	1000,00	1000,00	1,32
-880,32	-469,78	1830,29	2842,13	502,57	1000,00	1000,00	1,32
613,23	240,93	1771,25	2616,20	3,36	502,57	5,14	1,32
1799,09	823,95	1830,29	2310,54	1,14	3,36	1,58	1,32
3059,08	1378,09	1771,25	1320,11	0,58	1,14	0,70	1,32
4439,11	1981,27	1830,29	1100,89	0,44	0,58	0,46	1,32
	11752,44						

Slika 2.7. Mjesečna potrebna toplinske energija po vrsti gubitaka i karakteristični koeficijenti y_H

3. TOPLINSKI ZAHTJEVI VANJSKOG I UNUTARNJEG BAZENA

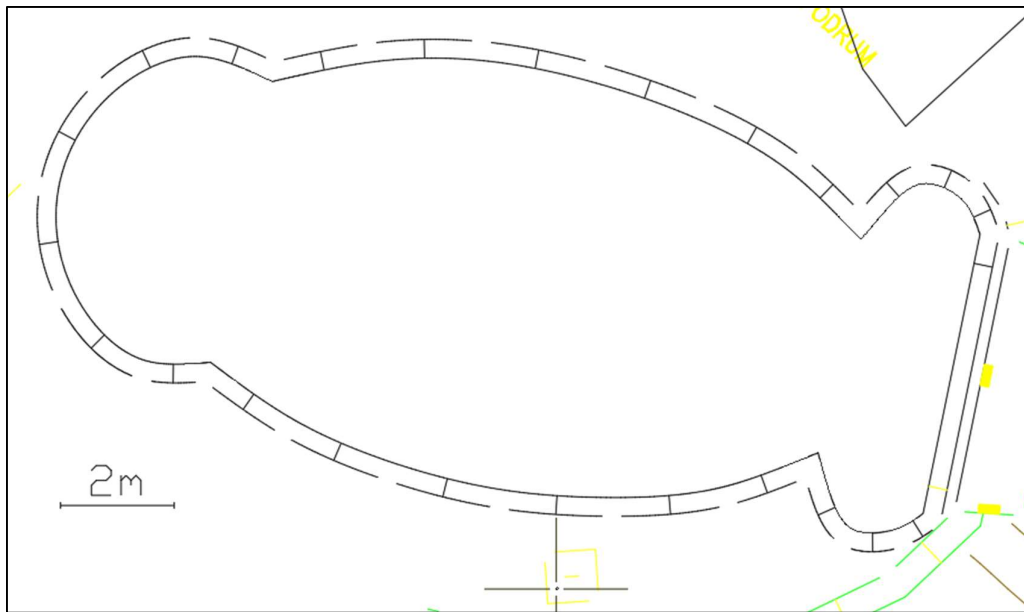
Kako bismo odredili snagu i dimenzije izmjenjivača topline preko kojeg će se održavati stalna temperatura u unutarnjem i vanjskom bazenu, moramo računski odrediti sve toplinske gubitke bazena. Parametri o kojim će ovisiti potrebna snaga razlikovati će se za unutarnji i vanjski bazen zbog različitih uvjeta okoline. Najveća razlika javljat će se zbog većeg strujanja vanjskog zraka preko površine vode vanjskog bazena, te zbog zračenja topline u okolinu preko noći.

3.1. Proračun vanjskog bazena

3.1.1. Ulazni parametri

Bazen je zakrivljenog oblika te je prikazan na slici 1.3. Podaci o duljini, širini, i dubini dobiveni su aproksimacijom na način da se dobije realni obujam i površine preko 3 navedene varijable.

Dimenzije bazena:	15 m x 5,2 m x 1,3 m
Volumen bazena:	$V_{baz} = 101,4 \text{ m}^3$
Površina vode bazena:	$F_{baz} = 78 \text{ m}^2$
Oplošje bazena:	$F_{opl} = 130,5 \text{ m}^2$
Temperatura bazenske vode:	$\theta_w = 25^\circ\text{C}$

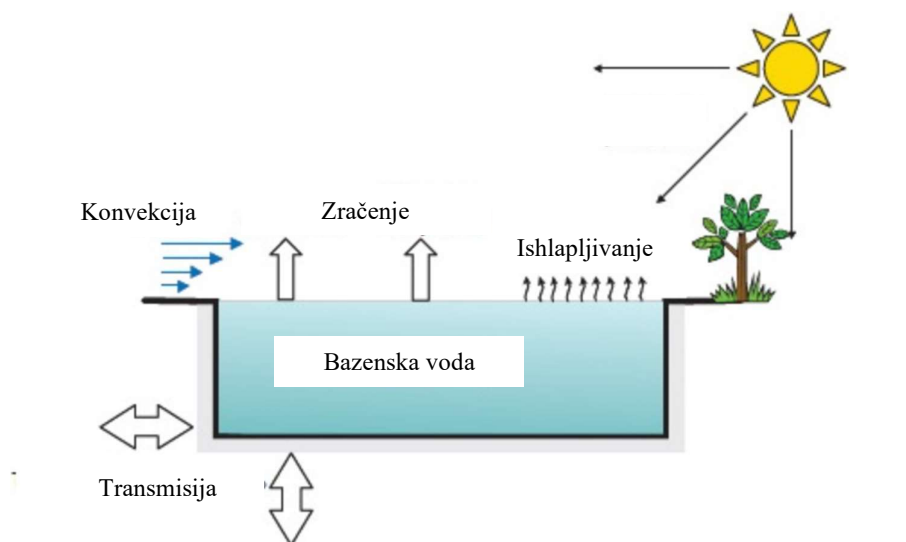


Slika 3.1. Tlocrt vanjskog bazena

Tablica 3.1. Klimatsko meteorološki podaci za Poreč

RELATIVNA VLAŽNOST					
mjesec	5	6	7	8	9
ϕ_{mm} [%]	72,0	70,0	67,0	69,0	74,0
TEMPERATURA ZRAKA					
mjesec	5	6	7	8	9
θ_{zr} [°C]	17,5	21,3	23,6	23,2	18,3
BRZINA VJETRA					
mjesec	5	6	7	8	9
w_{mm} [m/s]	2,7	2,4	2,1	2,1	2,5
DOZRAČENA SUNČEVA ENERGIJA NA VODORAVNU PLOHU					
mjesec	5	6	7	8	9
G [MJ/m ²]	681	707	737	626	467
TLAK OKOLIŠNOG ZRAKA					
mjesec	5	6	7	8	9
p_{zr} , mbar	1011,7	1011,1	1011	1011,9	1012,9

Za određivanje gubitaka vanjskog bazena potrebno je znati glavne tokove energije otvorenog bazena. Na slici 3.2 prikazani su glavni gubici i dobici vanjskog bazena čija će vrijednost biti izračunata u nastavku poglavlja.



Slika 3.2. Prikaz tokova energije za vanjski bazen

U nastavku je prikazan postupak izračuna svakog prikazanog dobitka/gubitka energije bazena.

3.1.2. Gubici topline ishlapljivanjem

Ishlavljanje se javlja pri proticanju, vodom nezasićenog zraka, po površini bazena. Tako se zrak s mogućnošću apsorpcije vode miješa sa zasićenim slojem zraka na površini bazenske vode te ga odnosi sa sobom. Stalnim dolaskom novog i suštijeg zraka na površinu bazenske vode stvara se pojačano vezivanje ishlavljene vode na njega. Prema tome ovaj je gubitak veliki na suhim i vjetrovitim područjima.

Kako bi se odredio gubitak zbog ishlavljanja važno je što točnije izračunati koliko se ishlavljene vode odvodi vjetrom, pa je potrebno znati srednje mjesečne brzine vjetra, vlažnost zraka, parcijalne tlakove vodene pare na površini bazenske vode, te srednje tlakove okolišnog zraka.

Najprije je potrebno odrediti parcijalni tlak vodene pare na graničnoj površini p_g [Pa] što se očitava iz termodinamičkih tablica i dijagrama [5].

Sljedi određivanje parcijalnog tlaka vodene pare dalje od granične površine, a računamo ga sljedećim izrazom:

$$p_d = \frac{\phi_{mm} [\%]}{100} \cdot p_g [\text{Pa}] \quad (3.1)$$

Sada se određuje temperatura graničnog sloja pomoću koje se očitava apsolutna vlažnost graničnog sloja, a određuje se sljedećim izrazom:

$$\vartheta_g = \vartheta_w - \frac{1}{8}(\vartheta_w - \vartheta_{vl}) [^{\circ}\text{C}] \quad (3.2)$$

gdje je:

ϑ_w – temperatura vode u bazenu [$^{\circ}\text{C}$]

ϑ_{vl} – temperatura vlažnog termometra za stanje okolnog zraka [$^{\circ}\text{C}$]

ϑ_g – korekcijska temperatura graničnog područja vode u bazenu [$^{\circ}\text{C}$].

Slijedi određivanje koeficijenta ishlapljivanja:

$$\sigma = 25 + 19w \text{ [kg/m}^2\text{h]} \quad (3.3)$$

gdje je:

σ – koeficijent ishlapljivanja [kg/m²h]

w – brzina vjetra [m/s].

Sad kad su određene apsolutne vlažnosti i koeficijent ishlapljivanja moguće je odrediti količinu ishlapljene vode po jedinici vremena:

$$W = \sigma(x_g - x_0)F_{baz} \text{ [kg/h]} \quad (3.4)$$

gdje je:

x_g – apsolutna vlažnost graničnog sloja [g/kg]

x_0 – apsolutna vlažnost okolnog zraka [g/kg]

F_{baz} – površina bazena [m²].

Ostaje samo određivanje topline ishlapljivanja r_{ϑ_g} [kJ/kg] za temperaturu graničnog sloja ϑ_g [°C].

$$\phi_\sigma = W r_{\vartheta_g} \frac{1}{3600} \text{ [kW]} \quad (3.5)$$

Rezultati su prikazani u tablicama 3.2, 3.3, 3.4:

Tablica 3.2. *Parcijalni tlakovi i apsolutna vlažnost zraka*

mjesec	ϑ_{zr} [°C]	ϕ_{mm} [%]	p_{zr} [mbar]	p_{zr} [Pa]	p_g [Pa]	p_d [Pa]	x_{zr} [g/kg]
5	17,5	72,0	1011,7	101170,0	1989,8	1432,7	8,9
6	21,3	70,0	1011,1	101110,0	2521,3	1764,9	11,0
7	23,6	67,0	1011	101100,0	2903,2	1945,1	12,2
8	23,2	69,0	1011,9	101190,0	2833,2	1954,9	12,3
9	18,3	74,0	1012,9	101290,0	2092,2	1548,2	9,7

Tablica 3.3. *Parcijalni tlakovi i apsolutna vlažnost graničnog sloja*

Temperatura graničnog sloja							
mjesec	ϑ_{bazen} [°C]	ϑ_l [°C]	ϑ_g [°C]	r [kJ/kg]	p_g [Pa]	p_{zr} [Pa]	x_g [g/kg]
5	25	14,7	23,7	2444,9	2923,1	101170	18,5
6	25	17,5	24,1	2444,1	2986,0	101110	18,9
7	25	19,1	24,3	2443,6	3022,4	101100	19,2
8	25	19,3	24,3	2443,6	3027,0	101190	19,2
9	25	15,4	23,8	2444,7	2938,7	101290	18,6

Tablica 3.4. *Koeficijent ishlapljivanja, ishlapljena voda i energija ishlapljivanja*

Koeficijent ishlapljivanja		Količina ishlapljene vode na sat		
mjesec	σ , [kg/m ² h]	W [kg/h]	r [kJ/kg]	Q_σ [kW]
5	75,4	73,2	2444,9	49,7
6	69,9	55,8	2444,1	37,9
7	64,3	45,4	2443,6	30,8
8	64,3	45,2	2443,6	30,7
9	72,1	65,3	2444,7	44,3

3.1.3. Gubici topline konvekcijom

Na gubitak konvekcijom utjecat će brzina zraka koji struji iznad površine bazenske vode i razlika između temperature zraka i graničnog sloja površine vode.

Najprije je potrebno odrediti koeficijent prijelaza topline s vode na zrak:

$$\alpha = \sigma c_p \text{ [W/m}^2\text{K]} \quad (3.6)$$

$$\alpha = \left(\frac{25 + 19w}{3600} \right) c_p \text{ [W/m}^2\text{ K]} \quad (3.7)$$

gdje je:

α – koeficijent prijelaza topline [W/m²K]

c_p – specifični toplinski kapacitet zraka [kJ/kgK] .

Nakon toga koristi se klasični postupak računanja toplinskog toka izmijenjenog konvekcijom.

$$\phi_\alpha = \alpha(\vartheta_g - \vartheta_{zr})F_{baz} \text{ [kW]} \quad (3.8)$$

gdje je:

ϕ_α – toplina odvedena konvekcijom [W/m²K]

ϑ_g – korekcijska temperatura graničnog područja vode u bazenu [°C]

ϑ_{zr} – temperatura zraka [°C].

Na tablici 3.5 prikazani su rezultati proračuna gubitaka topline konvekcijom

Tablica 3.5. Gubici topline konvekcijom

mjesec	θ_{zr} [°C]	ϑ_l [°C]	ϑ_g [°C]	α [W/m ² K]	ϕ_α [kW]
5	17,5	14,7	23,7	21,0	10,2
6	21,3	17,5	24,1	19,5	4,2
7	23,6	19,1	24,3	18,0	0,9
8	23,2	19,3	24,3	18,0	1,5
9	18,3	15,4	23,8	20,1	8,6

3.1.4. Gubici topline zračenjem

Izmjena topline zračenjem javlja se između dviju površina različitih temperatura. Kad uzmemo u obzir da je bazen vanjski te da gleda prema "nebu" prva misao koja dolazi je da nema izmjene topline pošto nema objekta u atmosferi. No to je krivi zaključak jer u ovom slučaju atmosfera predstavlja objekt. Najveći gubitak zračenja javlja se noću jer je i atmosfera hladnija noću. Za proračun izmjene topline zračenjem koristi se Stefan-Boltzmannov zakon sa usvojenim emisijskim koeficijentom $\varepsilon = 0,95$:

$$q_{zr} = \varepsilon C_C \left[\left(\frac{T_g}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_0}{100} \right)^4 \right] [\text{W/m}^2] \quad (3.9)$$

gdje je:

q_{zr} – specifična toplina odvedena zračenjem [W/m^2]

ε – emisijski koeficijent [-], $\varepsilon = 0,95$

C_C – konstanta zračenja crnog tijela [$\text{W/m}^2 \text{K}^4$], $C_C = 5,667 [\text{W/m}^2 \text{K}^4]$

T_g – korekcijska temperatura graničnog područja vode u bazenu [K]

T_0 – temperatura okolnog zraka [K].

Uvrštavanjem specifične odzračene toplinske energije u sljedeći izraz, moguće je odrediti ukupnu odzračenu energiju.

$$\phi_{zr} = F_{baz} q_{zr} [\text{kW}] \quad (3.10)$$

Tablica 3.6. Gubici topline zračenjem

mjesec	θ_{zr} [°C]	ϕ_{mm} [%]	θ_R [°C]	T_{zr} [K]	T_{neba} [°C]	θ_g [°C]	T_g [K]	ϕ_{zr} [kW]
5	17,5	72,0	12,0	290,7	272,8	23,7	296,9	8,9
6	21,3	70,0	15,3	294,5	278,5	24,1	297,2	7,1
7	23,6	67,0	16,3	296,8	281,4	24,3	297,4	6,2
8	23,2	69,0	16,0	296,4	280,8	24,3	297,4	6,4
9	18,3	74,0	13,7	291,5	274,7	23,8	297,0	8,3

3.1.5. Gubici topline transmisijom

Gubici transmisijom nastaju prijenosom topline s bazenske vode kroz stijenku bazena prema hladnijoj zemlji koja ga okružuje. Stoga će veličina tog gubitka ovisiti o godišnjem dobu, tj. o razlici temperature vode i tla.

Prema tome, prva potrebna varijabla bit će temperatura zemlje po dubini za pojedini mjesec koja se računa po Kasuda-inoj jednadžbi:

$$\vartheta_{zem} = \vartheta_{zr} - \vartheta_{amp} \cdot e^{-D \sqrt{\frac{\pi}{365 \cdot a}}} \cdot \cos \cdot \left[\frac{2\pi}{365} \cdot \left(n_{tren} - n_{min} - \frac{D}{2} \cdot \sqrt{\frac{365}{\pi \cdot a}} \right) \right] \quad (3.11)$$

gdje je:

ϑ_{zem} – temperatura na traženoj dubini tla [°C]

ϑ_{zr} – prosječna temperatura okolnog zraka, $\vartheta_{zr} = [13,6^{\circ}\text{C}]$

ϑ_{amp} – amplituda promjene površinske temperature tla, $\vartheta_{amp} = 17,6$ [°C]

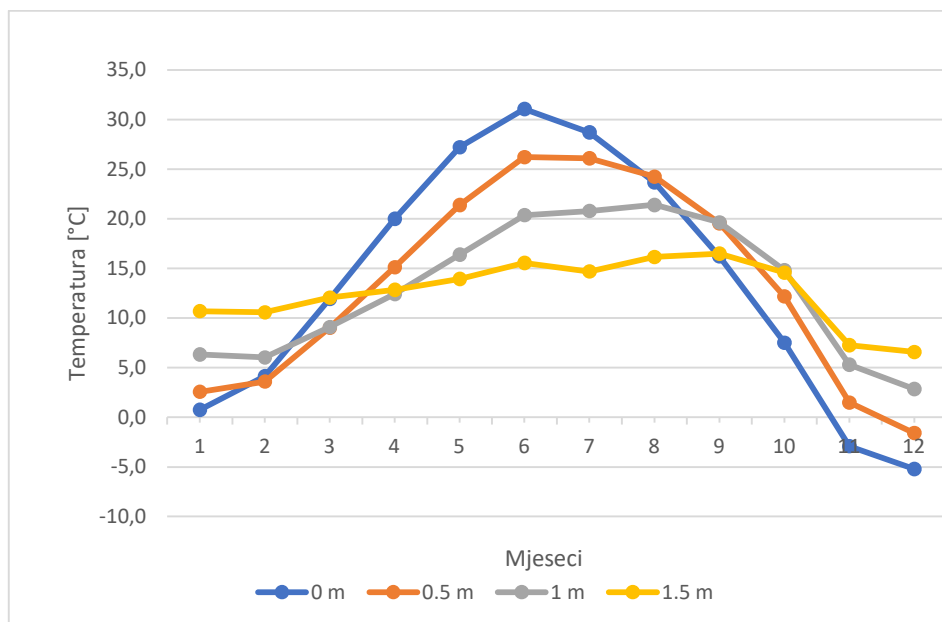
D – dubina tla [m]

a – temperaturna difuzivnost tla, $a = 0,006$ [cm²/s]

n_{tren} – trenutni redni broj dana u godini

n_{min} – redni broj dana u godini s minimalnom površinskom temperaturom (6. siječnja).

Na slici 3.3 prikazan je graf koji uspoređuje temperaturu na dubini tla za mjesece u godini.



Slika 3.3. Prikaz temperature tla po dubini za svaki mjesec

Kad je određena temperatura po dubini tla, može se odrediti srednja površinska temperatura stjenke bazena koja se dalje uvrštava u sljedeću formulu:

$$\phi_T = kF_{opl}(\vartheta_w - \vartheta_{zem})[W] \quad (3.12)$$

gdje je:

ϕ_T – toplina izmjenjena transmisijom [W]

k – koeficijent prolaza topline, $k = 3 [W/m^2K]$

ϑ_w – temperatura vode u bazenu, $\vartheta_w = 25 [^{\circ}C]$

ϑ_{zem} – temperatura zemljišta koje okružuje bazen [$^{\circ}C$].

Tablica 3.7. Gubuci topline transmisijom

mjesec	0.5 m	1 m	1.5 m	θ_{sr} [°C]	ϕ_T [kW]
5	21,4	16,4	14,0	19,7	3,4
6	26,2	20,4	15,6	23,3	2,5
7	26,1	20,8	14,7	22,6	2,8
8	24,3	21,4	16,2	21,4	2,6
9	19,5	19,6	16,5	18,0	3,1

3.1.6. Gubici zbog dovođenja svježje vode

Za vrijeme rada bazena postoje određeni gubici bazenske vode koje treba nadoknaditi hladnom vodom, što znači da će biti potrebna dodatna toplinska energije za zagrijavanje te vode.

Već spomenuto ishlapljivanje vode uzrokuje značajne gubitke vode, pogotovo ako se ne koristi pokrivač za bazene za vrijeme noći. Osim ishlapljivanja, za očekivati je da će se dio vode odnijeti izvan bazena na kupaćima i prelijevanjem bazena zbog nastanka valova. Također, potrebno je obratiti pozornost na *Pravilnik o sanitarno - tehničkim i higijenskim uvjetima bazenskih kupališta, te o zdravstvenoj ispravnosti bazenskih voda NN107/12 i 88/14* [6].

Odabiremo dnevno dovođenje 2% svježje vode od ukupnog volumena bazena.

$$V_{svj} = 0,02 \cdot V_{baz} \text{ [m}^3\text{]} \quad (3.13)$$

Sada se može odrediti protok svježje vode s obzirom da bazen radi 24h dnevno.

$$\dot{m}_{svj} = \frac{V_{svj} \cdot \rho_w}{t_R \cdot 3600} \text{ [kg/s]} \quad (3.14)$$

gdje je:

$\dot{m}_{svj}$ – maseni protok svježe vode dovedene u bazen [kg/s]

V_{svj} – volumen dnevno dovedene svježe vode [m³]

ρ_w – gustoća vode [kg/m³]

t_R – dnevno radno vrijeme bazena [h].

Konačni gubitak topline zbog dovođenja svježe vode javit će se zbog temperaturne razlike između bazenske i svježe vode, a računa se sljedećim izrazom:

$$\phi_{svj} = \dot{m}_{svj}(\vartheta_w - \vartheta_{svj}) \text{ [kW]} \quad (3.15)$$

gdje je:

$\dot{m}_{svj}$ – maseni protok svježe vode dovedene u bazen [kW]

ϑ_w – Temperatura bazenske vode [°C]

ϑ_{svj} – temperatura dovedene svježe vode [°C].

Tablica 3.8. Gubitak zbog dovođenja svježe vode

mjesec	θ_{zem} [°C]	ϑ_{vode} [°C]	ϕ_{svj} [kW]
5	16,4	16,7	1,2
6	20,4	21,2	0,6
7	20,8	22,9	0,3
8	21,4	24,2	0,1
9	19,6	22,3	0,4

3.1.7. Dobici topline od sunčevog zračenja

Osim gubitaka, u bilanci topline vanjskog bazena treba uzeti u obzir i jedini dobitak topline uslijed zračenja Sunca. Postoje sustavi, npr. solarni kolektori, preko kojih možemo bolje iskoristiti zračenje Sunca no u ovom slučaju ih nemamo. To znači da će se izmjena topline

odvijati samo preko površine bazena i takav dobitak zovemo pasivni. Formula preko koje se računa pasivni dobitak zračenja Sunca je sljedeća.

$$\phi_{dob} = a\dot{G}F_{baz} \text{ [kW]} \quad (3.16)$$

gdje je:

ϕ_{dob} – iskorištena toplina apsorpcijom Sunčevog zračenja [kW]

a – faktor apsorpcije, usvojeno $a = 0,48$ [–]

$\dot{G}$ – dozračena sunčeva energija na vodoravnu plohu [W/m^2]

F_{baz} – površina bazena [m^2].

$$\dot{G} = \frac{G \cdot 1000}{Z \cdot t_s} \text{ [MJ/m}^2\text{]} \quad (3.17)$$

$\dot{G}$ – globalno sunčevo zračenje [MJ/m^2]

Z – broj dana u mjesecu [–]

t_s – efektivni sati sijanja sunca dnevno [h].

Tablica 3.9. Dobici zbog zračenja Sunca

mjesec	t_s [h]	n	G , [W/m^2]	ϕ_{dob} [kW]
5	8,7	31	701,4	25,7
6	9,6	30	681,9	25,0
7	10,9	31	605,9	22,2
8	10	31	560,9	20,6
9	7,9	30	547,4	20,1

3.2. Bilanca topline vanjskog bazena

Na kraju proračuna gubitaka i dobitaka vanjskog bazena može se napraviti usporedba u tablici. Bazen je u pogonu od 5. do 9. mjeseca, koji su ujedno i najzahtjevniji za održavanje konstantne temperature bazena.

Tablica 3.10. Sumarni prikaz toplinskih gubitaka i dobitaka

mjesec	ϕ_{σ} [kW]	ϕ_{α} [kW]	ϕ_{zr} [kW]	ϕ_{τ} [kW]	ϕ_{svj} [kW]	ϕ_{dob} [kW]	ϕ_{gub} [kW]
5	49,7	10,2	8,9	3,4	1,2	25,7	47,7
6	37,9	4,2	7,1	2,5	0,6	25,0	27,2
7	30,8	0,9	6,2	2,8	0,3	22,2	18,8
8	30,7	1,5	6,4	2,6	0,1	20,6	20,8
9	44,3	8,6	8,3	3,1	0,4	20,1	44,7

Odabrani je izmjenjivač Longtherm RLG-07-20.

3.3. Proračun unutarnjeg bazena

Potrebno je provesti proračun potrebne energije za zagrijavanje bazenske vode zatvorenog bazena koji se nalazi u suterenu u prostoru wellnessa. Bazenska voda zagrijava se na temperaturu od 27°C dok se unutrašnji zrak održava na temperaturi od 28°C, te relativnoj vlažnosti od 55%. Radno vrijeme je od 0-24h. Potrebno je odrediti kapacitet izmjenjivača topline.

3.3.1. Ulazni parametri

Bazen je pravokutnog oblika, te je prikazan na slici x. Podaci o duljini, širini, i dubini prikazani su u nastavku.

Dimenzije bazena:	6,9 m x 3,22 m x 1,3 m
Volumen bazena:	$V_{baz} = 28,9 \text{ m}^3$
Površina vode bazena:	$F_{baz} = 22,2 \text{ m}^2$
Oplošje bazena:	$F_{opl} = 48,5 \text{ m}^2$
Temperatura bazenske vode:	$\theta_w = 27^\circ\text{C}$

3.3.2. Gubici topline ishlapljivanjem

U ishlapljivanju bazenske vode unutarnjeg bazena sudjeluje bazenska voda različite temperature nego u slučaju vanjskog bazena, te zrak drugačijih parametara. Zrak je manje relativne vlažnosti što znači da ima veći kapacitet apsorpcije vodene pare. Zbog te činjenice za očekivati je veću količinu ishlapljene vode po jedinici vremena, no osim relativne vlažnosti zraka veliku ulogu u krajnjem rezultatu ima brzina strujanja zraka po površini vode. Ako nema strujanja zraka, suhi zrak iznad površine vode zasiti se vodenom parom, nakon čega ju više ne može apsorbirati, pa ishlapljene vode staje. Proračun ishlapljivanja bazenske vode izrađen je prema smjernici VDI 2089.

Količina ishlapljene vode računa se prema sljedećem izrazu:

$$W = \frac{\sigma \cdot (p_s - p_d) \cdot F_{baz}}{3600} \text{ [kg/s]} \quad (3.18)$$

gdje je:

W – količina ishlapljene vode [kg/s]

σ – koeficijent ishlapljivanja – 20 [kg/m²h] – za vodu sa umjerenim kretanjem [7]

p_s – tlak zasićenja vodene pare – 33,9 [hPa] [5]

p_d – parcijalni tlak vodene pare – 20,8 [hPa] [5]

F_{baz} – površina bazena [m²].

Toplinsku energiju ishlapljene vode računa se preko topline ishlapljivanja r_{ϑ_g} [kJ/kg] za temperaturu graničnog sloja ϑ_g [°C].

$$\phi_{\sigma} = W r_{\vartheta_g} \frac{1}{3600} \text{ [kW]} \quad (3.19)$$

Tablica 3.11. Proračun ishlapljene energija unutarnjeg bazena

Koeficijent ishlapljivanja		Količina ishlapljene vode na sat		
mjesec	σ , [kg/m ² h]	W [kg/h]	r [kJ/kg]	ϕ_σ [kW]
1	20,0	1,6	2439,2	1,1

3.3.3. Transmisija

Transmisijski gubici bazena javljaju se provođenjem kroz oplošje bazena koje ovisi o razlici temperature bazenske vode i oplošja. Temperatura tla pretpostavljena je i iznosi $\vartheta_{zem} = 15^\circ\text{C}$. Toplina izmijenjena transmisijom računa se prema sljedećem izrazu:

$$\phi_T = kF_{opl}(\vartheta_w - \vartheta_{zem})[\text{W}] \quad (3.20)$$

gdje je:

ϕ_T – toplina izmijenjena transmisijom [W]

k – koeficijent prolaza topline, $k = 3$ [W/m²K]

ϑ_w – temperatura vode u bazenu, $\vartheta_w = 25$ [°C]

ϑ_{zem} – temperatura zemljišta koje okružuje bazen [°C].

Tablica 3.12. Gubici transmisijom

ϑ_{sr} [°C]	ϕ_T [kW]
15,0	1,7

3.3.4. Gubitak zbog dovođenja svježe vode

Razlika se javlja u volumenu vode unutarnjeg bazena koji je manji, pa je i potreba za izmijenjenom vodom manja. Osim volumena razlika u temperaturi svježe vode i bazenske vode biti će veća zbog veće temperature unutarnjeg bazena.

Tablica 3.13. Gubitak zbog dovoda svježe vode

Gubitak zbog dovoda svježe vode				
mjesec	θ_{mora} [°C]	θ_{zem} [°C]	θ_{vode} [°C]	ϕ_{svj} [kW]
1	12,5	6,3	9,4	0,7
2	11	6,0	8,5	0,8
3	11	9,1	10,0	0,7
4	12	12,4	12,2	0,6
5	17	16,4	16,7	0,4
6	22	20,4	21,2	0,2
7	25	20,8	22,9	0,2
8	27	21,4	24,2	0,1
9	25	19,6	22,3	0,2
10	22	14,8	18,4	0,4
11	17	5,3	11,2	0,7
12	15	2,9	8,9	0,8

3.4. Bilanca topline unutarnjeg bazena

Na kraju proračuna gubitaka i dobitaka unutarnjeg bazena može se napraviti usporedba u tablici kao i na proračunu vanjskog bazena. Bazen je u pogonu cijelog ljeta, a uvjeti su uglavnom kontrolirani. Mala razlika se javlja kod gubitaka zbog dovoda svježe vode, a javlja se zbog različite temperature svježe vode u toku godine. Na tablici 3.14 prikazani su rezultati proračuna unutarnjeg bazena.

Tablica 3.14. Sumarni prikaz toplinskih gubitaka i dobitaka

mjesec	ϕ_{σ} [kW]	ϕ_{τ} [kW]	ϕ_{svj} [kW]	ϕ_{gub} [kW]
1	1,1	1,7	0,7	3,6
2	1,1	1,7	0,8	3,6
3	1,1	1,7	0,7	3,6
4	1,1	1,7	0,6	3,5
5	1,1	1,7	0,4	3,3
6	1,1	1,7	0,2	3,1
7	1,1	1,7	0,2	3,0
8	1,1	1,7	0,1	3,0
9	1,1	1,7	0,2	3,0
10	1,1	1,7	0,4	3,2
11	1,1	1,7	0,7	3,5
12	1,1	1,7	0,8	3,6

3.5. Početno zagrijavanje unutarnjeg bazena

Potrebna energija za zagrijavanje unutarnjeg bazena nije toliko velika, no kako se radi o kući za odmor kojoj može zatrebati iznenadno uključivanje u pogon nakon što neko vrijeme nije bila u funkciji, treba predvidjeti grijač bazena takvog kapaciteta da bazen može zagrijati u 48 sati. Kapacitet takvog izmjenjivača topline računa se sljedećom formulom:

$$Q = m \cdot c_p \cdot \Delta\vartheta \text{ [kJ]} \quad (3.21)$$

$$Q = 2056582 \text{ [kJ]}$$

gdje je:

Q – toplina izmijenjena transmisijom [kJ]

m – količina vode u bazenu [kg]

c_p – specifični toplinski kapacitet vode - $c_p = 4,186 \text{ [kJ/kgK]}$

$\Delta\vartheta$ – razlika temperatura prije i nakon zagrijavanja bazena - $\Delta\vartheta = 27 - 10 = 17 \text{ [K]}$.

Ako je potrebno zagrijati bazen u 48 sati, dobiveni rezultat podijelimo s željenim vremenom zagrijavanja bazena (u sekundama).

$$\phi = \frac{2056582}{24 \cdot 3600} = 23,8 \text{ [kW]} \quad (3.22)$$

Proračunom je određeno da učin grijača mora iznositi 23,8 kW.

Odabrani izmjenjivač je Longtherm RMG-07-10.

4. DIMENZIONIRANJE SUSTAVA VENTILACIJE WELLNESSA

U suterenu kuće nalazi se prostor *wellnessa* koji se prostire na površini od 149 m². U tom prostoru su smješteni teretana, tuš, jacuzzi, sauna i grijani bazen. Pri dimenzioniranju sustava ventilacije prva najvažnija stvar je odrediti minimalnu potrebnu količinu svježeg zraka određenih parametara kako bi se zadovoljila potreba za izmjenama zraka prema namjeni prostora, te potrebna količina zraka za odvodnju ishlapljene vode sa površine bazena i jacuzzi-a.

4.1. Određivanje potrebne količine zraka za prostor

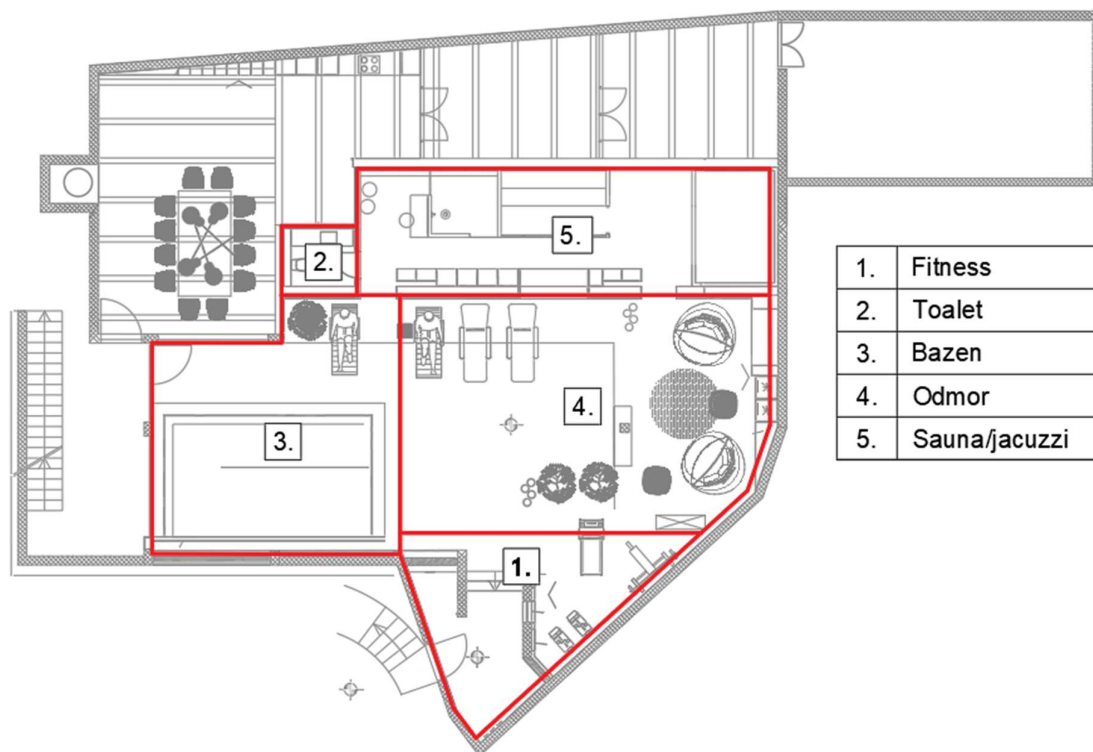
Kako bismo izračunali ukupnu potrebnu količinu zraka za prostor *wellnessa* moramo podijeliti taj prostor na dijelove prema namjeni prostora, te svakom podijeljenom volumenu pridružiti minimalni broj izmjena zraka u satu. U tablici 4.1 prikazani su volumeni koji zauzimaju pojedini prostor *wellnessa*.

Tablica 4.1. Minimalna potrebna količina svježeg zraka prema namjeni prostora

Količina zraka po namjeni prostora				
Prostorija	V_{pros}	V_{izm}	ΣV_{pros}	$\Sigma V_{pros, usv}$
[-]	[m ³]	[h ⁻¹]	[m ³ /h]	[m ³ /h]
Fitness	39,4	10,00	394	400
WC	9	8	72	80
Bazen	74,5	6	447	450
Odmor	182,5	3	547,5	550
Tuš + Sauna	73,00	6	438	450
			1898,50	1930,00

Prostori navedeni u tablici 4.1 nalaze se u prostoru *wellnessa* te nisu međusobno ograđeni, izuzev toaleta. Tim prostorima potrebno je dovoditi količinu zraka navedenu u prethodnoj tablici, no nije neophodno da odsis dovedenog zraka bude u istom prostoru. Zbog skupih fitness sprava koje stoje u istom prostoru gdje se nalazi bazen i *jacuzzi*, te čija je konstrukcija uglavnom izvedena od metala, potrebno je na neki način osigurati strujanje zraka prema prostoru bazena i *jacuzzia*. Takvo je strujanje zraka postignuto stvaranjem podtlaka na području bazena i *jacuzzia* na način da se većina zraka odvodi iznad bazena.

Na slici 4.1 prikazan je tlocrt *wellnessa* podijeljen na prostore fitnesa, toaleta, bazena, odmora i saune/jacuzzija.



Slika 4.1. Podjela prostora prema namjeni

Uz minimalnu potrebnu izmjenu zraka prema namjeni prostora, potrebno je odrediti i minimalnu količinu svježeg zraka potrebnog za odvođenje ishlapljene bazenske vode. Ta će količina zraka ovisiti o vlažnosti dovedenog zraka jer će vlažniji zrak na sebe moći primiti manje ishlapljene vode s površine bazena. Na stranicama tvrtke Proklima nalazi se alat koji prema normi VDI 2089 računa potreban svježi zrak zadanih parametara koji prolazom po površini bazena odnosi ishlapljenu vodu, te na taj način program preporučuje najprikladniju klima-komoru s potrebnim protokom zraka.

Novi izračun

Bazen bez dodatnih atrakcija

Temperatura prostora bazena

28

°C

Relativna vlaga

55

%

Temperatura bazenske vode

27

°C

Vodena površina bazena

22,2

m2

Slika 4.2. Proklima - online proračun potrebnog dovedenog zraka za prostor s bazenom [8]

Osim potrebne količine svježeg zraka za odvodnju ishlapljene vode s površine bazena, kalkulator nudi i unos volumena prostora bazena za dodatno računanje minimalne potrebne količine zraka za minimalnu izmjenu zraka s obzirom na namjenu prostora. Pošto je minimalna potrebna količina zraka prema namjeni prostora već određena, unašamo volumen i izmjenu zraka na način da umnožak dviju varijabli daje već određenu minimalnu izmjenu zraka, u ovom slučaju $1930 \text{ m}^3/\text{h}$.

Rezultati - protok zraka

Min. maseni protok dobavnog zraka

1.251

kg/h

Min. volumni protok dobavnog zraka

1.042

m3/h

Rezultat - Provjera min. potrebnog broja izmjena zraka

Min. volumni protok dobavnog zraka

1.930

m3/h

Protok dobavnog zraka

1.930

m3/h

Min. potrebni broj izmjena zraka valjan isključivo za usporedbu s izračunatim min. protokom zraka

Za odabir preporučene veličine uređaja koristi se isključivo VDI izračun min. protoka dobavnog zraka.

Preporučena veličina klima komore: ProkPOOL 20GC

Min. protok zraka	Naz. protok zraka	Maks. protok zraka	
1300	2000	2100	m3/h

Slika 4.3. Proklima - prikaz rezultata dobivenih u online proračunu [8]

Osim navedenog online kalkulatora, može se koristiti i kalkulator GEA-e, jedne od najvećih kompanija proizvođača specijaliziranih za strojeva, postrojenja, procesne tehnologije i pripadajućih komponenti. Sučelje softvera prikazano je na slici 4.4.

Fricostar

GEA

**Calculation of dehumidifiers for indoor pools and
calculation of required air volume flow**

Technical data:
Project ...

acc. VDI 2089 Bl.1 / January 2010

Technical data of the pool:
Pool:
Room volume: **R ca.** 380 m³
Pool water surface: **A** 22,20 m²
Pool water temperature: **t_w** 27,00 °C
Steam pressure: Water 100% re **P_s** 35,64 mbar
Air temperature: **t_a** 28,00 °C
Relative humidity: **rel.F.** 55,00 %
Steam pressure: Air **P_d** 20,78 mbar = X Ist 13,03 g/kg (Soll X lt. VDI 14,3 g/kg)
Empiric scale of operation mode: **β_{ges}=Δβ_{Amax}+β_b** 30,00
Empiric scale of idle mode: **β_i** 21,00

β - factor = Water/Air changing coefficient (m/h)
0,7 = Idle mode with water cover
7 = Idle mode without water cover
21 = Private pool, smal water surface, less number of poeple per water surface
28 = Public pool, water depth > 1,35 m
40 = Public pool, water depth < 1,35 m
50 = Wave pool, whirl-pool
50 = Row and row basin

Calculation of evaporation :
Max. quantity of evaporation : **W max =** 7,13 kg/h W= 0,321 kg/m2h **W max/d =** 57,0 kg/d
Min. quantity of evaporation: **W min =** 5,00 kg/h W= 0,225 kg/m2h **W min/d =** 80,0 kg/d

W average/d 5,7 kg/h

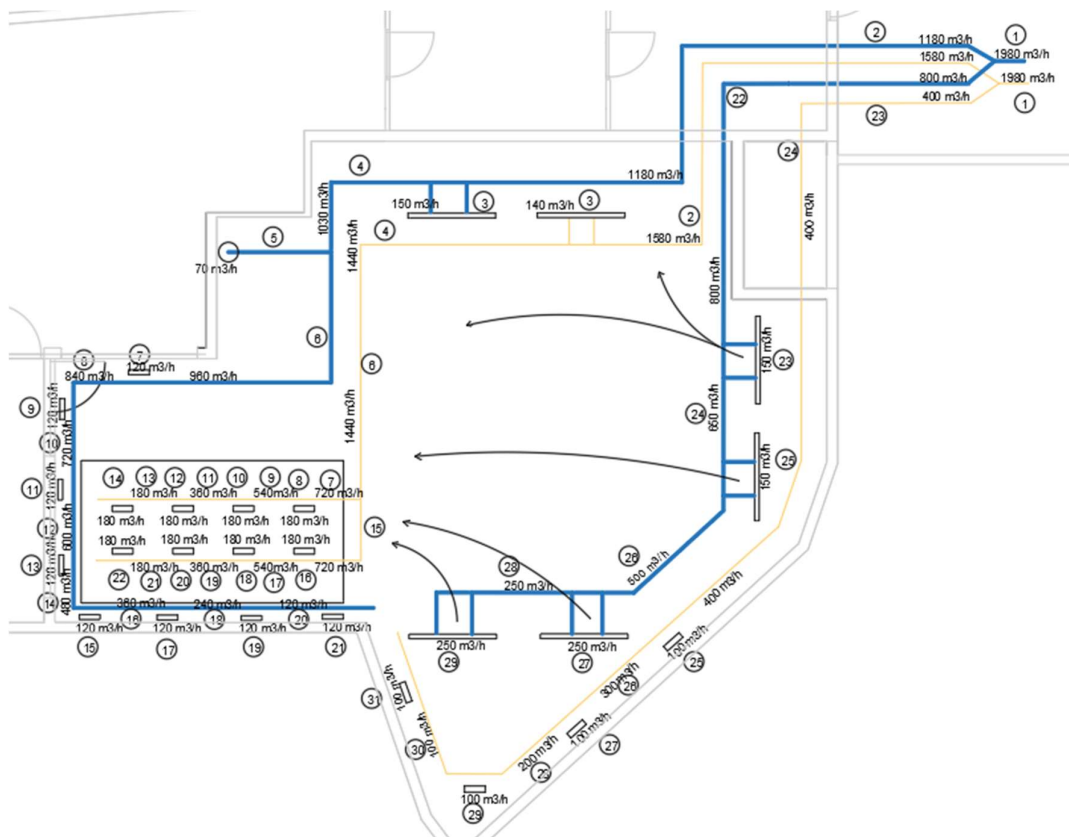
Air volume flow for dehumidification:
Max. air volume flow: **max. VL =** 1.538 m³/h According to data, mixed air operation

Slika 4.4. GEA - proračun potrebnog dovedenog zraka prostor s bazenom

Usporedbom minimalne potrebne količine zraka prema broju izmjene zraka i prema količini ishlapljene vode, usvajamo rezultat s većom količinom potrebnog svježeg zraka, u ovom slučaju je to rezultat minimalne potrebne količine zraka prema namjeni prostora.

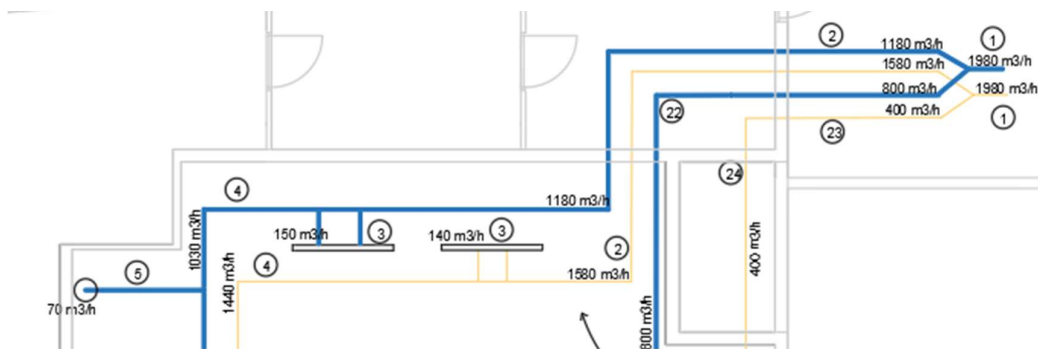
4.2. Dimenzioniranje razvoda kanala ventilacije

Dovod zraka treba biti postavljen tako da se u svaki dio *wellnessa*, ovisno o namjeni, dovodi dovoljna količina svježeg zraka. Kako bismo izbjegli utjecaj ishlapljene bazenske vode(klorirane vode) na metalne elemente u *wellnessu*, treba osigurati strujanje dovedenog zraka prema bazenu. Na sljedećoj slici prikazan je tlocrt *wellnessa* na kojeg je linijom skiciran razvod ventilacijskih kanala te strelicama iscrtan željeni tok zraka.



Slika 4.5. Prikaz skice razvoda ventilacijskih kanala na tlocrtu wellnessa

Sustav kanala se dijeli na dionice na svakom mjestu gdje se mijenja protok, dimenzije presjeka kanala ili oblik presjeka kanala. Slijedi numeriranje svake dionice kanala i upisivanje protoka zraka kroz svaku dionicu.



Slika 4.6. Detalj numeriranja dionica s upisanim protocima

Standardne dimenzije presjeka kanala se mogu naći u literaturi vezanoj za izradu ventilacijskih kanala kao npr. Gregurić, Aleksandar "Smjernice za projektiranje i izradu NISKOTLAČNIH

LIMENIH KANALA za ventilaciju i klimatizaciju. U literaturi se navodi kako su duljine stranica pravokutnih kanala i nazivni promjeri okruglih kanala odabrani prema "ISO red20" te u mm iznose: 50, 63, 71, 80, 90, 100, 112, 125, 140, 160, 180, 200, 224, 250, 280, 315, 355, 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800, 900, 1000, 1120, 1250, 1400, 1600, 1800, 2000, 2240, 2500, 2800, 2150. [9]

Osim duljina stranica, pri dimenzioniranju kanala potrebno je obratiti pozornost i na standardne kombinacije tih duljina (slika 4.7.).

PRAVOKUTNI KANAL		PRAVOKUTNI KANAL	
dimenzije mm	debljina lima mm	dimenzije mm	debljina lima mm
250x250	0,6	160x100	0,5
315x250	0,6	250x100	0,6
500x250	0,75	200x160	0,5
630x250	0,75	250x160	0,6
500x315	0,75	400x160	0,6
710x315	0,75	200x200	0,6
400x400	0,6	315x200	0,6
630x400	0,75	500x200	0,75
710x400	0,75	630x200	0,75

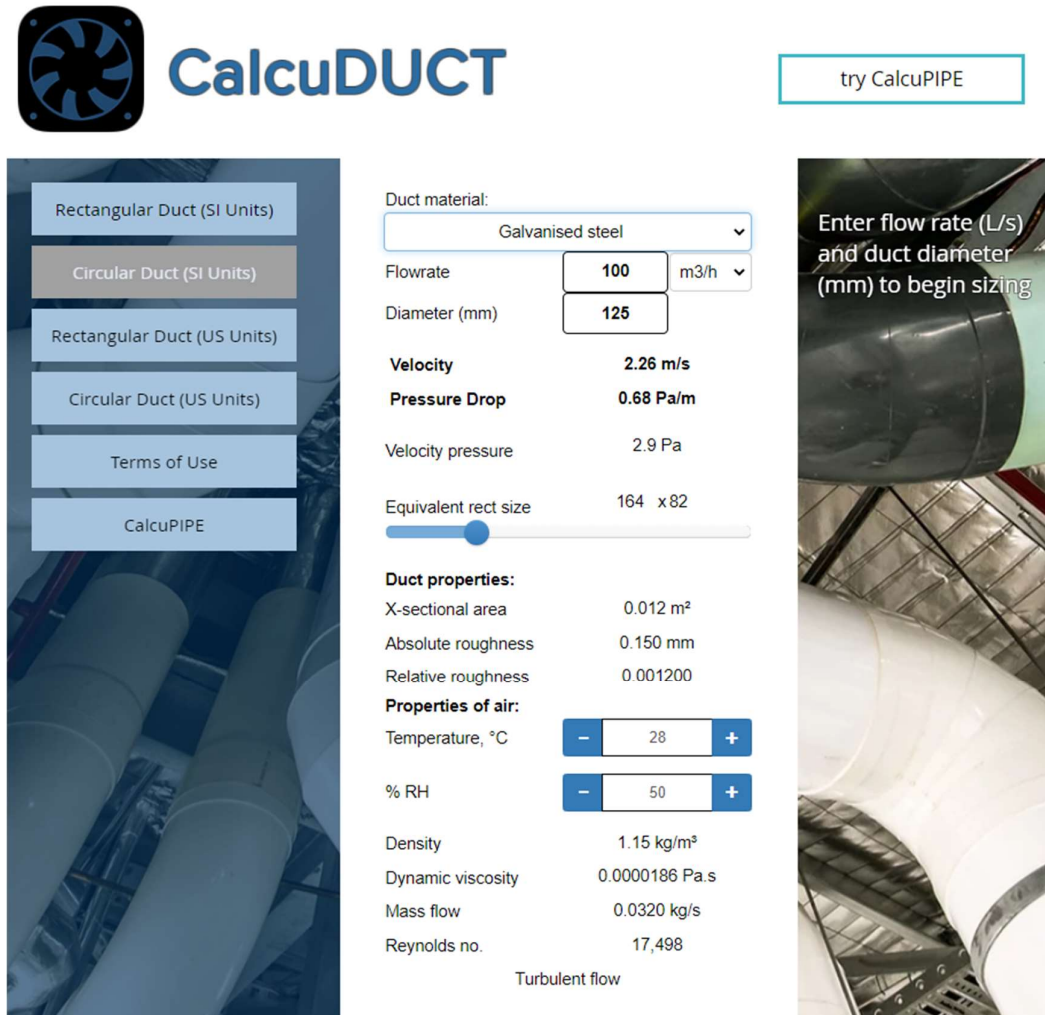
Slika 4.7. Standardne veličine i debljine lima pravokutnih kanala [9]

Za dimenzioniranje presjeka kanala koriste se proračunske metode od kojih razlikujemo:

- Metodu konstantnog pada tlaka
- Metodu konstantne brzine
- Metodu povrata statičkog tlaka
- T metodu

Odabrana je metoda konstantnog pada tlaka gdje se pri određivanju presjeka kanala uzima pad tlaka kao konstantna vrijednost po jedinici duljine. Odabran je pad tlaka od 0.8 Pa/m, no takav pad tlaka se nije moglo uvijek postići zato jer su odabrani kanali standardnih dimenzija. Kada bi se projektant striktno držao uvijek istog pada tlaka (bez odstupanja), presjek kanala bio bi različit za svaku dionicu, te bi se kanali morali raditi po narudžbi što drastično povećava početnu cijenu investicije.

Za proračun pada tlaka kroz kanal po jedinici duljine mogu se koristiti razni online kalkulatori dok je za ovaj proračun korišten "CalcDUCT" [10]. Potrebno je odabrati vrstu presjeka kanala (pravokutni/kružni), materijal, temperaturu i relativnu vlažnost zraka, protok i dimenzije kanala, nakon čega kalkulator, između ostalog, računa i pad tlaka u Pa/m. Sučelje online kalkulatora prikazano je na sljedećoj slici.



CalcDUCT

try CalcuPIPE

Rectangular Duct (SI Units)
Circular Duct (SI Units)
Rectangular Duct (US Units)
Circular Duct (US Units)
Terms of Use
CalcuPIPE

Duct material: Galvanised steel

Flowrate: 100 m³/h

Diameter (mm): 125

Velocity 2.26 m/s

Pressure Drop 0.68 Pa/m

Velocity pressure 2.9 Pa

Equivalent rect size 164 x 82

Duct properties:

X-sectional area 0.012 m²

Absolute roughness 0.150 mm

Relative roughness 0.001200

Properties of air:

Temperature, °C 28

% RH 50

Density 1.15 kg/m³

Dynamic viscosity 0.0000186 Pa.s

Mass flow 0.0320 kg/s

Reynolds no. 17,498

Turbulent flow

Enter flow rate (L/s) and duct diameter (mm) to begin sizing

Slika 4.7. Kalkulator pada tlaka u ventilacijskim kanalima [10]

Pad tlaka je izračunat za svaku dionicu ventilacijskog razvoda, te ubačen u tablicu za daljnje korištenje. Tablica jednog dijela ventilacijskog razvoda s padovima tlaka pridruženim svakoj dionici prikazana je na tablici 4.2.

Tablica 4.2. Tablica padova tlaka po dionici ventilacijskog razvoda

oblik	V(m ³ /h)	a(d)(mm)	b(mm)	Ekvivalentni promjer (mm)	w(m/s)	Δp(Pa/m)
kvadratni	800	250,00	250,00	273,29133	3,555556	0,64
kružni	150	140,00		140,00000	2,70809	0,84
kružni	650	250,00		250,00000	3,680113	0,72
kružni	150	140,00		140,00000	2,70809	0,84
kružni	500	224,00		224,00000	3,526158	0,76
kružni	250	180,00		180,00000	2,730378	0,62
kružni	250	180,00		180,00000	2,730378	0,62
kružni	250	180,00		180,00000	2,730378	0,62

4.3. Odabir otvora i balansiranje sustava

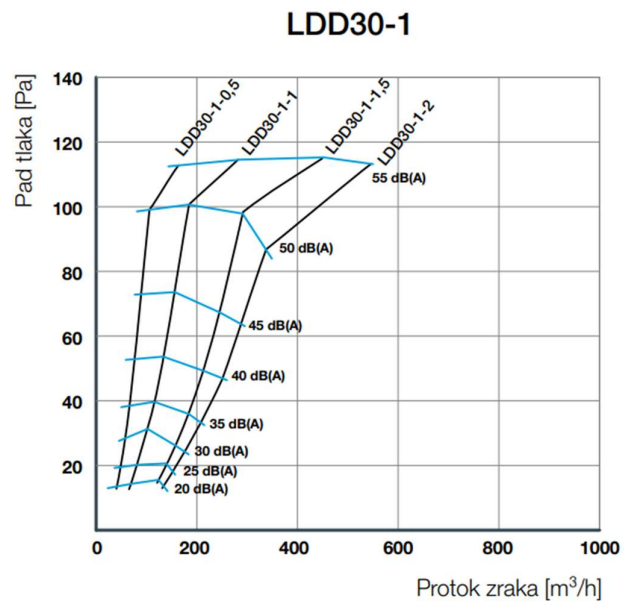
Kada je određen razvod kanala, te kada su određeni protoci za pojedini prostor mogu se odabrati izlazne/ulazne rešetke i distributeri zraka. Kod odabira otvora potrebno je obratiti pozornost na njegove dimenzije s obzirom na protok, buku koju otvor stvara, područje reguliranja protoka, te estetski utjecaj na prostor u kojem je instaliran. Zbog specifičnosti prostora i izlaznih rešetki, protok je povećan od 1850 na 1980 m³/h.

Na dovodnom dijelu ventilacije odabrane su 3 vrste otvora:

- Linijski distributer zraka LDD 30-1



Slika 4.8. Linijski distributer LDD



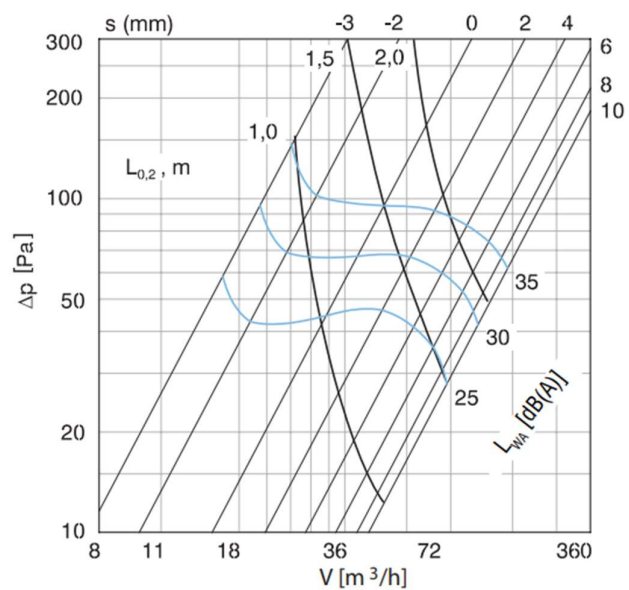
Slika 4.9. Pad tlaka i buka na rešetki LDD 30-1

- Specijalni distributer za sanitarne prostorije ZOT 100



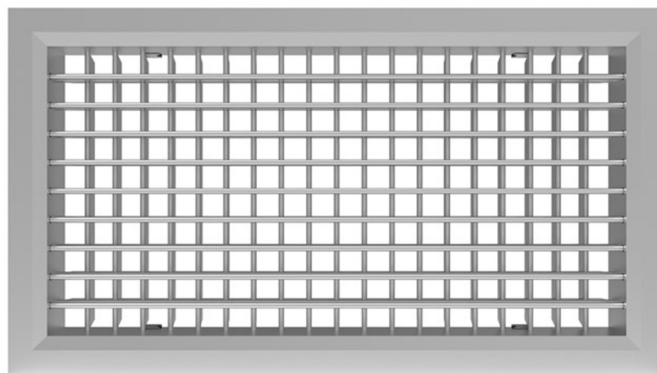
Slika 4.10. Distributer ZOT

ZOT - 100



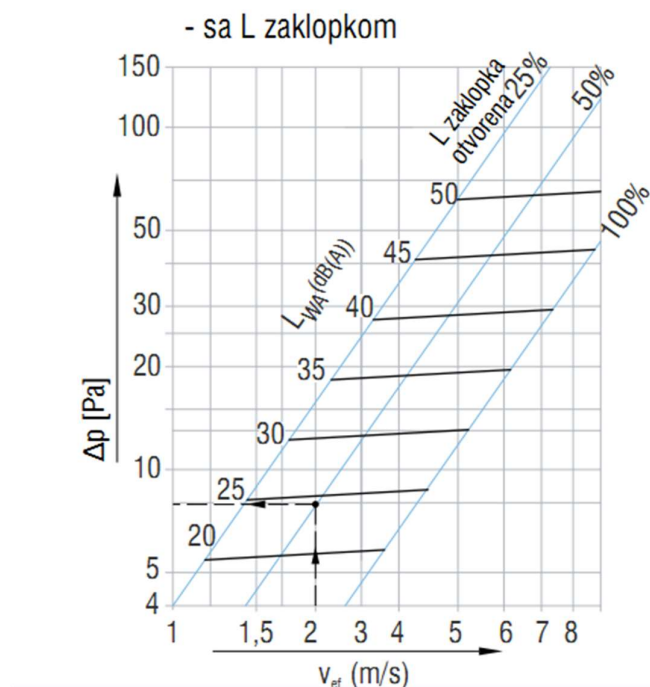
Slika 4.11. Pad tlaka i buka na distributeru ZOT 100

- Rešetka OAH-2-L-425x75



Slika 4.12. Rešetka OAH

1.3 Pad tlaka i razina zvučne snage OAH, OAV, CCH, CCV



Slika 4.13. Pad tlaka i buka na rešetki OAH

Najveći izvor buke u cijelom ventilacijskom sustavu je ventilator klima-komore, te se obično prigušivači zvuka postavljaju na ventilacijske kanale koji idu od klima-komore prema stambenom prostoru. Na slici 4.14 prikazana je tablica jačine zvuka iz kataloga proizvođača klima-komore koju generira ventilator, u kojoj je zvuk podijeljen na karakteristične frekvencije.

	Octave bands [Hz]								Total
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
Sound power level	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB(A)]
Supply	80	71	72	72	70	66	59	52	74
Outdoor	74	70	64	59	54	50	44	37	62
Return	74	68	60	58	53	47	36	28	60
Exhaust	75	72	69	69	68	63	53	44	71
Surrounding	61	62	64	55	48	48	46	43	59

Slika 4.14. Jačina zvuka ventilatora razvrstana po karakterističnim frekvencijama

Prema namjeni prostora kojeg klima-komora snabdijeva svježim zrakom, dopuštena buka na izlazu iz rešetke je 35dB. Prilikom odabira prigušivača zvuka treba uzeti u obzir da se jačina buke gubi svakim metrom cijevi do prve rešetke. Dakle bit će potreban prigušivač zvuka koji

će smanjiti buku dovoljno da ju, potpomognut duljinom ventilacijskog kanala, smanji na 35 dB do rešetke. Na tablici 4.15. prikazano je prigušenje zvuka u kanalu.

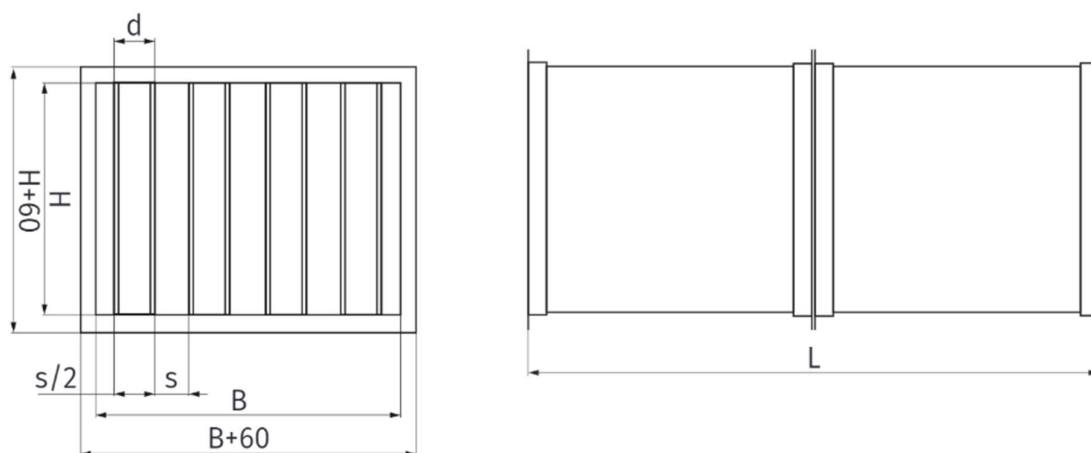
Gušenje u kanalu bez zvukopojnog materijala s metalnim stjenkama (u dB/m kanala)						
Bočne dimenzije kanala (mm)	O.B.C.F.(Hz)					
	63	125	250	500	1k	≥ 2k
Promjer-okrugli presjek 100 – 300	0.1	0.1	0.1	0	0	0
Promjer-okrugli presjek > 300	0	0	0	0	0	0
Pravokutni presjek 150 x 150	0.65	0.65	0.5	0.35	0.35	0.35
Pravokutni presjek 600 x 600	0.65	0.65	0.35	0.15	0.15	0.15
Pravokutni presjek 1800 x 1800	0.35	0.35	0.15	0.03	0.03	0.03

Slika 4.15. Gušenje zvuka različitih konfiguracija kanala ventilacijskog sustava

Odabran je prigušivač zvuka proizvođača Proklima PZ - 200/100 - 500x300x1600 - RS, kao najprikladniji prema prigušenju zvuka i prema dostupnom prostoru u koji ga se može smjestiti (slika 4.16.).



Slika 4.16. Sekcija odabranog prigušivača zvuka



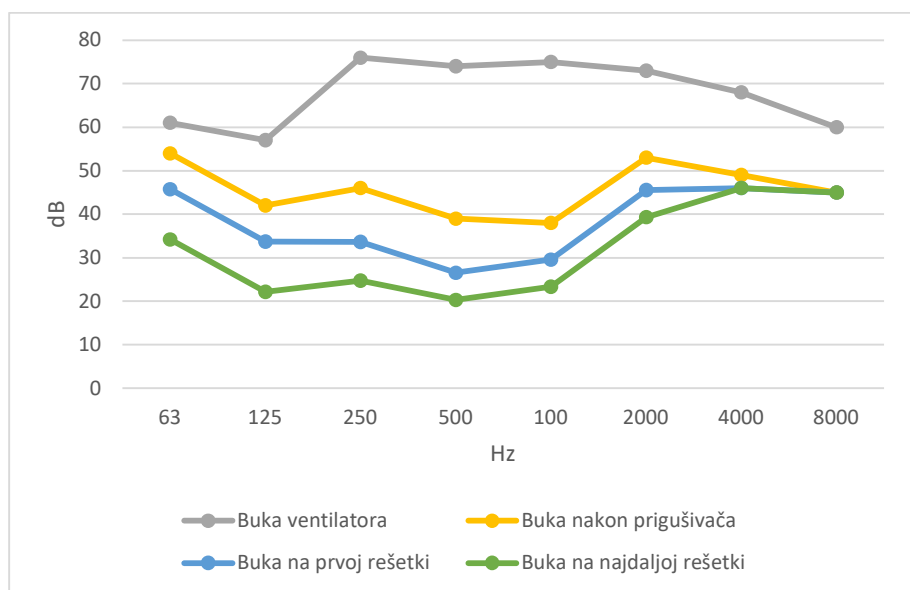
Slika 4.17. Nacrt prigušivača sa dimenzijskim oznakama

(1) Model prigušivača	(2) Kulisna širina/razmak	(3) Dimenzija	(4) Obloga kulise
PZ	d/s	B x H x L	S
(1) Model - PZ (2) Kulisna širina/razmak (3) Dimenzija (4) Obloga (kaširanje) kulise: S - Staklena svila RS - Refleksni lim i staklena svila PS - Perforacija i staklena svila			

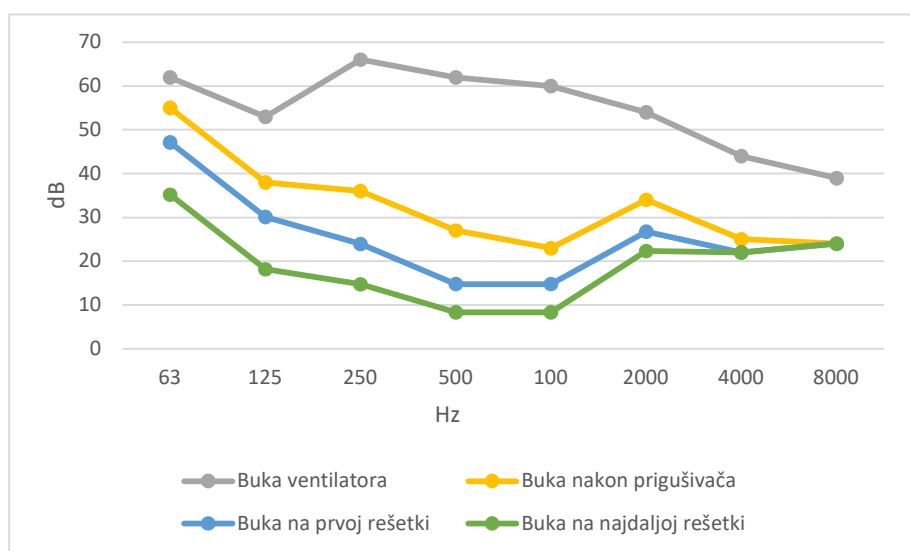
Slika 4.18. Način imenovanja modela prigušivača zvuka

Prema prethodnoj slici, o odabranom prigušivaču zvuka "Proklima PZ - 200/100 - 500x300x1600 – RS" odmah je poznato da je to model "PZ", širi i razmak kulise iznose 200/100, dimenzije prigušivača su (šxvxd) 500x300x1600 i obloga kulise je refleksi lim i staklena svila.

Na sljedećim slikama prikazani su grafovi intenziteta buke prije prigušivača, nakon prigušivača, na prvoj rešetki, te na zadnjoj rešetki.



Slika 4.19. Graf intenziteta buke dobavnog razvoda ventilacije



Slika 4.20. Graf intenziteta buke odsisnog razvoda ventilacije

Kad su odabrani otvori može se odrediti padove tlaka za sve moguće puteve struje zraka u kanalu, tj. skup dionica od bilo kojeg ulaza do bilo kojeg izlaza zraka u sustav ventilacije. Nakon zbrajanja padova tlaka za svaki skup dionica, svakom skupu se dodaju lokalni padovi tlaka, tj. padovi tlaka na koljenima, račvama, itd.

Pad tlaka na fazonskim komadima u razvodu ventilacije računa se preko sljedeće jednadžbe:

$$\Delta p = \zeta \cdot \frac{\rho}{2} \cdot w^2 \quad (4.1)$$

Gdje je:

ζ – koeficijent otpora za fazonski komad

ρ – gustoća zraka [kg/m³]

w – brzina zraka kroz fazonski komad [m/s]

Nakon što su određeni padovi tlaka po jedinici duljine, množe se s duljinom dionice te se dobiva ukupni dužinski pad tlaka po dionici. Sada zbrajamo sve padove tlaka za pojedini skup dionica što uključuje pad tlaka same dionice, pad tlaka na fazonskim komadima, i pad tlaka na otvorima.

Tablica 4.3. Određivanje pada tlaka za svaku dionicu dobavnog kanala

Dionica	Duljina	Protok	Jedinični dužinski pad tlaka	Dužinski pad tlaka	Koeficijent otpora	Lokalni pad tlaka	Pad tlaka na rešetki	Pad tlaka na prig.zvuka	Ukupni pad tlaka	Potreban dodatni pad tlaka
[-]	[m]	[m ³ /h]	[Pa/m]	[Pa]	[ζ]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]
1	0,08	1980	1,13	0,09	0,3	5,45		36	41,54	
2	11,48	1160	0,72	8,26	1,06	10,65			18,91	
3	1,11	140	1,26	1,39	1,4	8,44	20		40,84	11,00
4	4,28	1020	1	4,28	0,32	3,95			8,23	
5	0,55	70	1,07	0,58	1,53	5,63	16		33,22	11,00
6	5,74	950	0,87	5,00	0,35	3,74			8,74	
7	0,15	125	0,04	0,01	1,05	0,76	4		23,77	19,00
8	1,45	825	1,08	1,56	0,33	4,32			5,88	
9	0,15	125	0,04	0,01	1,05	0,76	4		17,77	13,00
10	1,23	700	0,8	0,98	0,02	0,19			1,17	
11	0,15	125	0,04	0,01	1,05	0,76	4		16,77	12,00
12	1,21	575	0,96	1,16	0,02	0,20			1,36	
13	0,15	125	0,04	0,01	1,05	0,76	4		15,77	11,00
14	0,88	450	1,06	0,93	0,35	2,11			3,04	
15	0,15	125	0,04	0,01	1,05	0,76	4		12,77	8,00
16	1,36	375	0,76	1,04	0,02	0,13			1,17	
17	0,15	125	0,04	0,01	1,05	0,76	4		11,77	7,00
18	1,35	250	1,08	1,46	0,01	0,07			1,53	
19	0,15	125	0,04	0,01	1,05	0,76	4		9,77	5,00
20	1,33	125	1,03	1,37	0,04	0,19			1,56	
21	0,15	125	0,04	0,01	1,1	0,80	4		8,80	4,00
22	10,24	800	0,64	6,56	1,99	15,09			21,65	
23	1,40	150	0,84	1,18	1,4	6,16	20		38,34	11,00
24	1,79	650	0,72	1,29	0,06	0,49			1,78	
25	1,40	150	0,84	1,18	1,25	5,50	20		36,68	10,00
26	4,06	500	0,76	3,09	0,416	3,10			6,19	
27	1,40	250	0,62	0,87	1,4	6,26	23		30,13	
28	1,89	250	0,62	1,17	0,278	1,24			2,42	
29	1,40	250	0,62	0,87		0,00	23		27,87	4,00

Na tablici 4.4, vidi se slijed određivanja ukupnog pada tlaka za pojedinu dionicu, te potrebni parametri za određivanje ukupnog pada tlaka. Plavim slovima su označeni padovi tlaka dionice do otvora(rešetke ili distributera).

Osim određivanja pada tlaka za pojedinu dionicu, u zadnjem stupcu određen je dodatni potreban pad tlaka za dionicu zbog uravnoteženja ventilacijskog sustava. Zelenom bojom su označeni potrebni padovi tlaka koji se uspiju postići namještanjem zaklopke na otvoru. Na sljedećoj slici prikazana je tablica ukupnog pada tlaka za skupove dionica.

Tablica 4.4. Određivanje ukupnog pada tlaka za skupove dionica dobavnog kanala

1 2 3	1 2 4 5	1 2 4 6 7	1 2 4 6 8 9	1 2 4 6 8 10 11	1 2 4 6 8 10 12 13	1 2 4 6 8 10 12 14 15	1 2 4 6 8 10 12 14 16 17	1 2 4 6 8 10 12 14 16 18 19	1 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 21	1 2 2 2 3	1 2 2 2 4 2 5	1 2 2 2 4 2 6 27	1 2 2 2 4 2 6 28 29
[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]
41,54	41,54	41,54	41,54	41,54	41,54	41,54	41,54	41,54	41,54	41,54	41,54	41,54	41,54
18,91	18,91	18,91	18,91	18,91	18,91	18,91	18,91	18,91	18,91				
40,84													
	8,23	8,23	8,23	8,23	8,23	8,23	8,23	8,23	8,23				
	33,22												
		8,74	8,74	8,74	8,74	8,74	8,74	8,74	8,74				
		23,77											
			5,88	5,88	5,88	5,88	5,88	5,88	5,88				
			17,77										
				1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17				
				16,77									
					1,36	1,36	1,36	1,36	1,36				
					15,77								
						3,04	3,04	3,04	3,04				
						12,77							
							1,17	1,17	1,17				
							11,77						
								1,53	1,53				
								9,77					
									1,56				
									8,80				
										21,65	21,65	21,65	21,65
										38,34			
											1,78	1,78	1,78
											36,68		
												6,19	6,19
												30,13	
													2,42
													27,87
101,29	101,89	101,18	101,07	101,24	101,59	101,64	101,81	101,34	101,94	101,52	101,64	101,28	101,44

U prvom redu tablice 4.4 upisani su redni brojevi dionica koje ulaze u pojedini skup dionica. Pad tlaka pojedinog skupa dionica je zbroj ukupnih padova tlaka dionica koje ga čine. Pad tlaka skupa dionica prikazan je u zadnjem redu, slični rezultati padova tlaka znak su dobro izbalansiranog sustava. Taj sustav bit će dobro izbalansiran samo ako se na zaklopkama otvora postigne potreban pad tlaka koji je prikazan u zadnjem retku tablice 4.4.

Isti postupak primijenio se i za sustav odsisne ventilacije prikazan u tablici 4.5. Veći padovi tlaka upućuju na drugačiju raspoređenost otvora, te drugačiji razvod ventilacijskih kanala. Balansiranje sustava se opet mora provesti kako bi se osigurao projektirani protok zraka u sustavu ventilacije. Na tablici 4.5. prikazano je određivanje pada tlaka po dionicama. U slučaju balansiranja sustava odsisne ventilacije javlja se problem nedovoljne mogućnosti regulacije protoka kroz rešetke na dionicama 25, 27, 29 i 31. To znači da je na dionice potrebno dodati regulacijsku zaklopku. Potreban dodatni pad tlaka na svakoj od navedenih dionica je takav jer su padovi tlaka skupova dionica, kojih sačinjavaju navedene problematične dionice (25, 27, 29 i 31), premali u odnosu na ostale dionice. Problematične dionice nalaze se na jednom kanalu i to jedna za drugom, što znači da bi se problem mogao riješiti dodavanjem samo jedne regulacijske zaklopke na zajednički kanal prije njih. Taj kanal je označen kao dionica 24, i na njega je potrebno dodati regulacijsku zaklopku koja treba imati mogućnost podizanja pada tlaka za 41 Pa, koja je u tablici 4.5. obojena u rozu boju. Na dionicama obojenim u zeleno je moguće podesiti pad tlaka (regulirati protok) preko zaklopki na otvoru.

Tablica 4.5. Određivanje padova tlaka za svaku dionicu odsisnog kanala

Dionica	Duljina	Protok	Brzina	Jedinični dužinski pad tlaka	Dužinski pad tlaka	Koeficijent otpora	Lokalni pad tlaka	Pad tlaka na rešetki	Buka	Pad tlaka na prig.zvuka	Ukupni pad tlaka	Potreban dodatni pad tlaka
[-]	[m]	[m³/h]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	[ζ]	[Pa]	[Pa]	[dB]	[Pa]	[Pa]	[Pa]
1	0,78	1980	5,5	1,13	0,88479	0,54	9,801			36	46,69	
2	10,95	1580	4,9	0,96	10,50912	1,35	19,80877				30,32	
3	0,35	140	3,2	1,26	0,441	1,25	7,539334	20	25		37,98	10
4	4,09	1440	5,1	1,08	4,4172	0,01	0,1548				4,57	
6	4,32	1440	5,1	1,08	4,6656	0,3	4,6818				9,35	
7	0,74	680	3,8	0,76	0,56544	1,47	13,0732				13,64	
8	0,15	170	0,9	0,07	0,0105	1,05	0,497778	2	17		10,51	8
9	1,03	510	3,6	0,77	0,79618	0,02	0,155233				0,95	
10	0,15	170	0,9	0,07	0,0105	1,1	0,521481	2	17		9,53	7
11	0,96	340	3,0	0,64	0,61504	0,02	0,108561				0,72	
12	0,15	170	0,9	0,07	0,0105	1,1	0,521481	2	17		9,53	7
13	0,90	170	3,1	0,54	0,48762	0,07	0,395631				0,88	
14	0,15	170	0,9	0,07	0,0105	1,1	0,521481	2	17		8,53	6
15	1,56	680	3,8	0,76	1,18788	0,35	3,112668				4,30	
16	0,15	170	0,9	0,07	0,0105	1,05	0,497778	2	17		20,51	18
17	1,03	510	3,6	0,77	0,79618	0,02	0,155233				0,95	
18	0,15	170	0,9	0,07	0,0105	1,1	0,521481	2	17		19,53	17
19	0,96	340	3,0	0,64	0,61504	0,02	0,108561				0,72	
20	0,15	170	0,9	0,07	0,0105	1,1	0,521481	2	17		18,53	16
21	0,90	170	3,1	0,54	0,48762	0,07	0,395631				0,88	
22	0,15	170	0,9	0,07	0,0105	1,1	0,521481	2	17		17,53	15
23	3,14	400	1,8	0,64	2,00896	0,18	0,341333				2,35	
24	13,48	400	2,8	0,86	11,59452	0,588	2,807451				55,40	41
25	0,15	100	0,7	0,05	0,0075	1,1	0,308569	3	14		10,32	7
26	2,11	300	3,3	0,85	1,7918	0,06	0,386465				2,18	
27	0,15	100	0,7	0,05	0,0075	1,05	0,294543	3	14		8,30	5
28	2,33	200	2,8	0,72	1,67904	0,3929	1,801644				3,48	
29	0,15	100	0,7	0,05	0,0075	1,1	0,308569	3	14		4,32	1
30	1,59	100	2,3	0,68	1,07916	0,06	0,184637				1,26	
31	0,15	100	0,7	0,05	0,0075	1,1	0,308569	3	14		3,32	

Tablica 4.6. prikazuje izračunate padove tlaka za sve skupove dionica sustava odsisne ventilacije. Sličnost vrijednosti ukupnih padova tlaka za pojedini skup dionica upućuje na dobru balansiranost sustava, te samim time na sigurnost o vjerodostojnosti projektiranih vrijednosti protoka kroz pojedine otvore.

Tablica 4.6 Određivanje ukupnog pada tlaka za skupove dionica odsisnog kanala

1 2 3	1 2 4 6 7 8	1 2 4 6 7 9 10	1 2 4 6 7 9 11 12	1 2 4 6 7 9 11 13 14	1 2 4 6 15 16	1 2 4 6 15 17 18	1 2 4 6 15 17 19 20	1 2 4 6 15 17 19 21 22	1 2 3 24 25	1 2 3 24 26 27	1 2 3 24 26 28 29	1 2 3 24 26 28 30 31
[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]
46,69	46,69	46,69	46,69	46,69	46,69	46,69	46,69	46,69	46,69	46,69	46,69	46,69
30,32	30,32	30,32	30,32	30,32	30,32	30,32	30,32	30,32				
37,98												
	4,57	4,57	4,57	4,57	4,57	4,57	4,57	4,57				
	9,35	9,35	9,35	9,35	9,35	9,35	9,35	9,35				
	13,64	13,64	13,64	13,64								
	10,51											
		0,95	0,95	0,95								
		9,53										
			0,72	0,72								
			9,53									
				0,88								
				8,53								
					4,30	4,30	4,30	4,30				
					20,51							
						0,95	0,95	0,95				
						19,53						
							0,72	0,72				
							18,53					
								0,88				
								17,53				
									2,35	2,35	2,35	2,35
									55,40	55,40	55,40	55,40
									10,32			
										2,18	2,18	2,18
										8,30		
											3,48	3,48
											4,32	
												1,26
												3,32
114,98	115,07	115,05	115,77	115,65	115,73	115,71	115,43	115,31	114,75	114,92	114,41	114,68

4.4. Dimenzioniranje i odabir bazenske klima-komore

Na odabir klima-komore (u daljem tekstu KK), kao glavna stavka, utječe minimalni potreban protok zraka. Protok zraka potreban za ventilaciju *wellnessa* je 1980 m³/h. Osim protoka, važan je smještaj KK kako bi servisiranje i održavanje bilo što lakše, a sam uređaj bio na mjestu sigurnom od vanjskih utjecaja.

Tvrtka Systemair Global nudi široki asortiman GVIK proizvoda koji obuhvaćaju energetske učinkovite ventilatore, klima-komore i popratne elemente, proizvode vezane za distribuciju zraka, klima uređaja, zračnih zavjesa, itd.

Osim navedenih proizvoda, tvrtka je razvila softver "SystemairCAD" za odabir klima-komore prema određenim parametrima dostupnog rashladnog i grijevnog medija, te prema zahtjevima obrađenog dobavnog zraka. Sličan softver ima i u online verziji (Slika 4.21.).

The screenshot shows the 'Topvex' configuration page in the SystemairCAD online software. The interface includes a sidebar with navigation icons (home, settings, etc.) and a main configuration area. At the top, there's a search bar and a 'systemair Add product' link. The configuration is divided into several sections: 'Installation type' with buttons for 'False ceiling', 'Side', and 'Above' (selected); 'Heat exchanger' with buttons for 'Rotating', 'Counter flow' (selected), and 'None (supply unit)'; 'Installation' with buttons for 'Indoor' (selected) and 'Outdoor'. Below these are input fields for 'Air flow' (Supply: 1,980, Return: 1,980 m³/h) and 'External pressure' (Supply: 110, Return: 120 Pa). A 'Temperature and Humidity' section is also present. Under 'Heater options', there are dropdowns for 'Heater type' (Water coil), 'Calculation based on' (Fluid and Out...), and input fields for 'Entering Fluid Temperature (EFT)' (45 °C), 'Leaving Fluid Temperature (LFT)' (40 °C), and 'Leaving Air Temperature (LAT)' (28 °C). The 'Options' section has dropdowns for 'Impeller type' and 'Defrosting', both set to 'All'. The 'Efficiency requirements' section has input fields for 'Min. Temperature efficiency (wet)' (in %) and 'SFPv limit' (in kW/(m³/s)). At the bottom right, there are 'Reset' and 'Search' buttons.

Slika 4.21. Sučelje online softvera systemair-a [11]

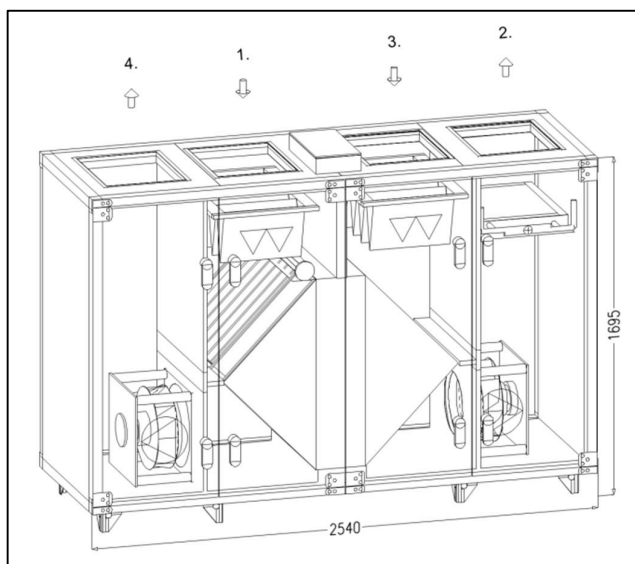
Temperature and Humidity ×

	Outdoor		Indoor		Building	
	Winter Conditions	Summer Conditions	Winter Conditions	Summer Conditions	Winter Conditions	Summer Conditions
Temperature	-6 °C	35 °C	28 °C	28 °C	28 °C	28 °C
Humidity	90 %	60 %	55 %	55 %	55 %	55 %

Save as default

Slika 4.22. Prozor za unos ulaznih parametara za odabir KK

Odabrana je klima-komora "Topvex TC35-R-HWH-S", kompaktna klima-komora koja ima otvore za ventilacijske kanale na gornjoj strani kućišta što u strojarnici male površine štedi prostor.



Slika 4.23. Prikaz 3D modela odabrane KK

Tablica 4.7. Tehničke karakteristike KK

Oznaka	KK1	[-]
Protok	1980,00	[m³/h]
Eksterni pad tlaka	120,00	[Pa]
Q_{gr}	4,45	[kW]
Protok grijač	1045	[l/h]
Protok grijač	1,05	[m ³ /h]
Pad tlaka grijač	10,6	[kPa]
Priključak grijač	1"	[-]
dT	40/35	[°C]
Q_{hl}	9,86	[kW]
Protok hladnjak	2043,00	[l/h]
Protok hladnjak	2,04	[m ³ /h]
Pad tlaka hladnjak	18,74	[kPa]
Priključak hladnjak	1"	[-]
dT	9/14	[°C]

5. DIMENZIONIRANJE OGRJEVNIH I RASHLADNIH TIJELA

Za dimenzioniranje podnog grijanja korišten je softver "LoopCAD". U softveru se izrada tlocrta odvija brzo zbog mogućnosti korištenja unaprijed definiranih prostorija, vrata, prozora i drugih objekata. Prostoriji se može promijeniti veličina povlačenjem zidova ili kutova, a krugovi podnog grijanja se jednostavno spajaju kako bi se stvorilo složeni tlocrt. Oblici sobe mogu se brzo uređivati kako bi se stvorili složeni oblici krugova grijanja, a također je moguće koristiti alate za prostoručno crtanje za stvaranje složenijih oblika krugova grijanja.

Nakon unosa tlocrta prostorije, LoopCAD može automatski generirati krugove podnog grijanja u prostoriji na način da zaobilazi prepreke (stepenice, ormari, itd...) koje je korisnik ucrtao u tlocrtu. U postavkama pojedinog kruga grijanja moguće je urediti vrstu uzorka kruga grijanja, smjer postavljanja cijevi, razmak između cijevi i drugo. Za složenije prostorije automatsko generiranje kruga može biti prezahtjevno za algoritam automatskog generiranja, pa u tom slučaju postoji alat za ručno crtanje kruga grijanja.

Softver sadrži i hidrauličke izračune koji su ključni za dimenzioniranje podsustava razvoda ogrjevnog medija do perifernog razdjelnika krugova podnog grijanja, a sadrži i sljedeće analize:

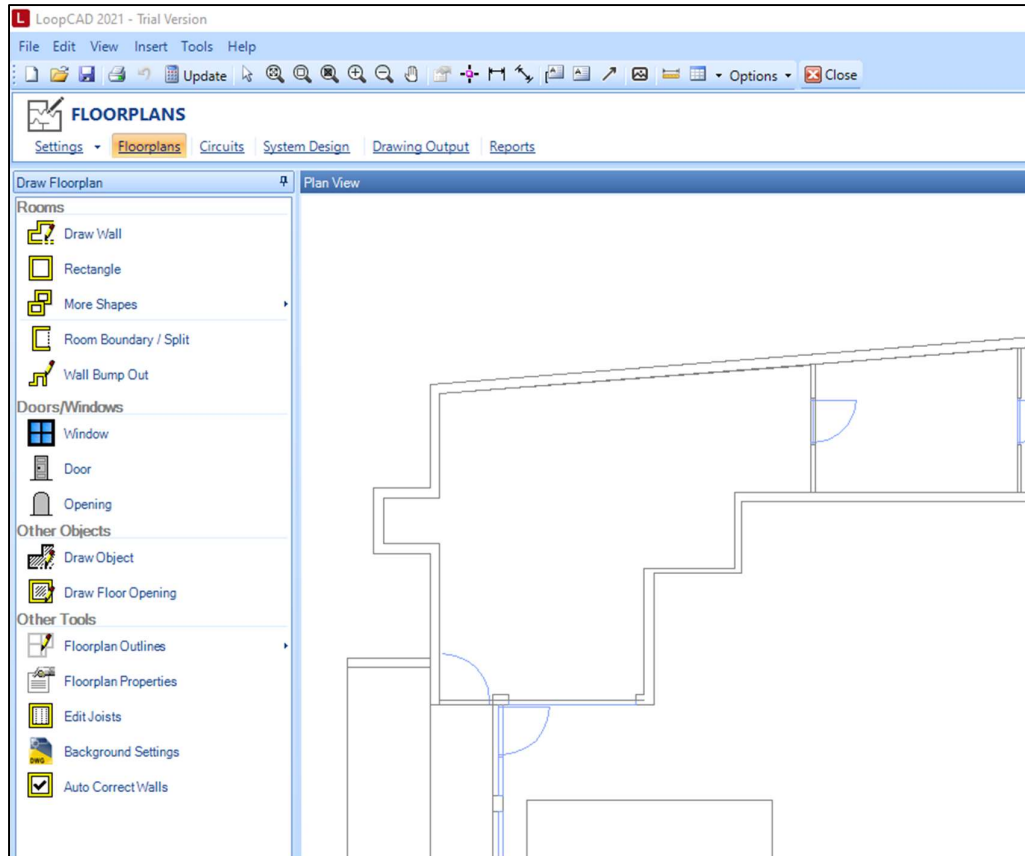
- toplinski učin površine obuhvaćene krugom grijanja
- temperaturu površine obuhvaćene krugom grijanja
- temperaturu medija(polaz, povrat, razlika)
- protok i pad tlaka kroz krug grijanja.

5.1. Podno grijanje

Kod projektiranja sustava podnog grijanja, za početak je potrebno znati projektna toplinska opterećenja prostora pošto će o tome ovisiti gustoća (korak) postavljanja krugova grijanja u tlo. Korisnik softvera postepeno unosi podatke potrebne za proračun te naposljetku dobiva relevantne informacije o dimenzioniranom sustavu.

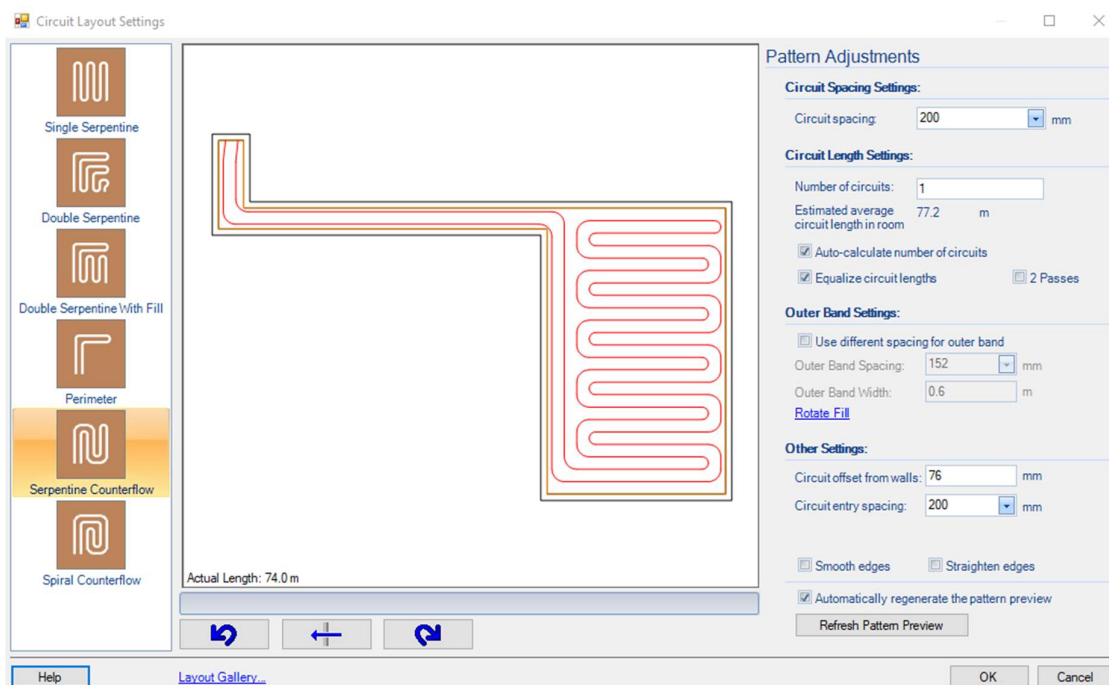
Osim toplinskog opterećenja, daljnim ispunjavanjem početnih parametara dolazimo do projektnih temperature sobe u režimu grijanja i u režimu hlađenja, zadanog razmaka između cijevi, dimenzije cijevi, zadane temperaturne razlike, tipa radnog medija, itd.

Nakon ispunjavanja početnih parametara ulazimo u sučelje za skiciranje krugva grijanja u koji unosimo arhitektonski tlocrt te označimo granice sobe. Nakon toga unos kruga grijanja može biti automatski ili se krug grijanja ucrtava ručno.

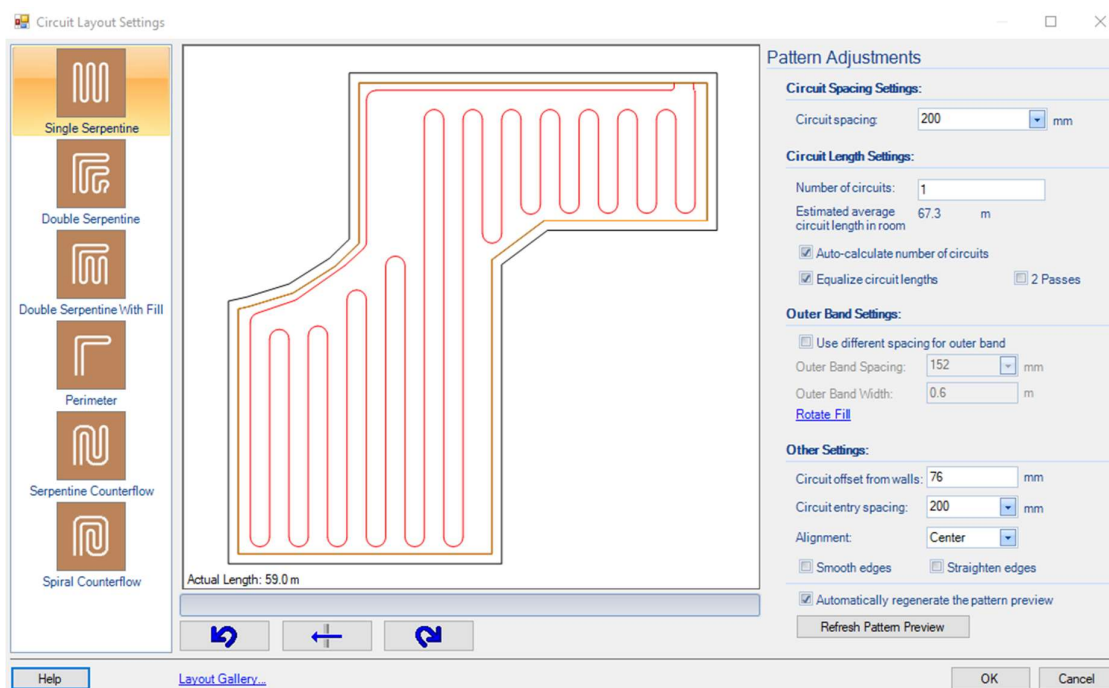


Slika 5.1. Sučelje softvera LoopCAD za unašanje tlocrta objekta

Kod automatskog generiranja kruga grijanja na ekranu se otvara prozor u koji unosimo parametre po kojima se petlja generira. Neke od smjernica su koncept kruga koji se odabire s lijeve strane prozora, udaljenost (korak) cijevi, broj krugova po površini, udaljenost kruga od zida, itd. (slika 5.2). U nastavku su prikazane automatski generirani krugovi grijanja različitog koncepta za hodnik prednjeg ulaza i prostor blagovaone (slika 5.3).



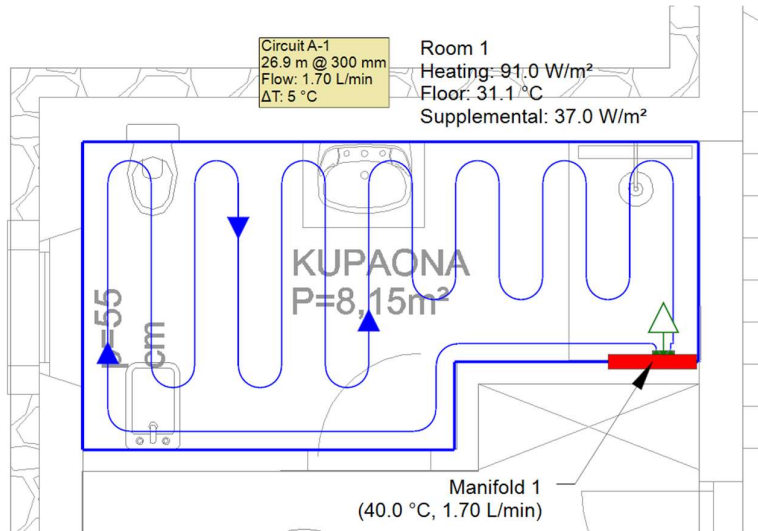
Slika 5.2. Automatski generirana protustrujna (engl. Counterflow) petlja blagovaone



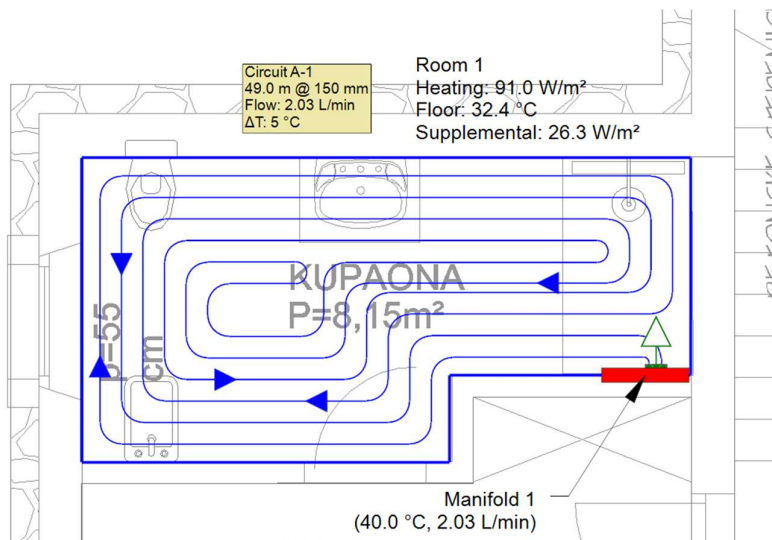
Slika 5.3. Automatski generirana pojedinačna (engl. Single) petlja prednjeg hodnika

Kad su za svaku grijanu prostoriju generirani/skicirani krugovi grijanja, potrebno je provjeriti da li krugovi zadovoljavaju toplinska opterećenja za pripadajući prostor. U slučaju da krug

grijanja ne uspijeva odati dovoljno topline u prostor, valja pokušati dobiti više topline smanjenjem koraka kruga grijanja ili smanjenjem temperaturne razlike polaza i povrata ogrjevnog medija(slike 5.4. i 5.5.).



Slika 5.4. Krug grijanja s korakom od 300 mm



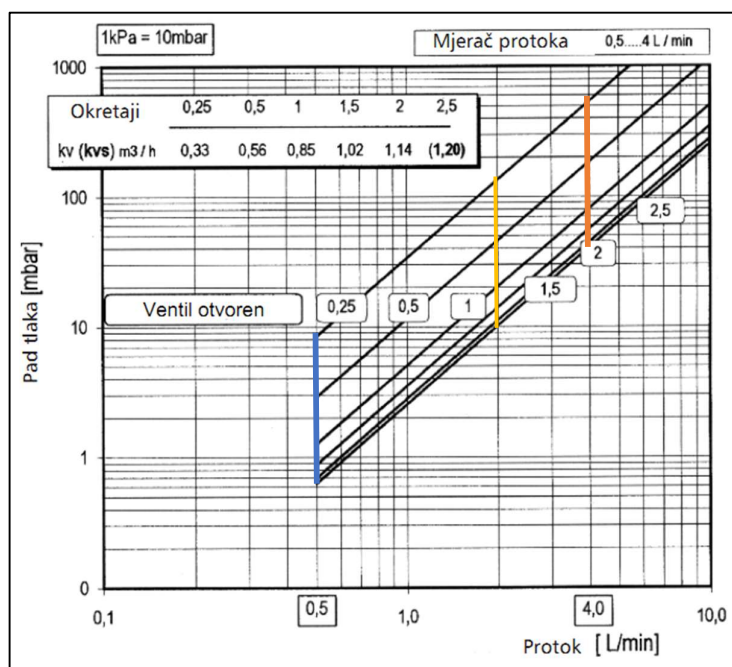
Slika 5.5. Krug grijanja s korakom od 150 mm

Te promjene će rezultirati povećanjem srednje temperature površine poda te samim time će pod zračiti većom energijom u okolinu tj. prostoriju. Kod takve intervencije potrebno je obratiti pozornost na temperaturu poda pošto će previsoka temperatura poda rezultirati nelagodnom stanara.

Maksimalne granične temperature podnih površina za različite prostore su sljedeće [12]:

- za stambene prostorije i radne prostorije u kojima ljudi uglavnom stoje: 21... 27 °C
- za dnevne sobe i urede: 29 °C
- za predvorje, hodnike i hodnike: 30 °C
- za kupke, bazene: 33 °C
- za sobe u kojima se odvija aktivna aktivnost: 17 °C.

Osim temperature površine poda, smanjenjem razlike temperature, uz konstantnu polaznu temperaturu, protok kroz krug grijanja raste. Zbog povećanja protoka kroz krug, raste i pad tlaka. U svrhu što jednostavnijeg naknadnog balansiranja lokalnog razdjelnika, treba pripaziti na to da su padovi tlaka kroz krugove grijanja što sličniji.



Slika 5.6. Dijagram pada tlaka na regulacijskim ventilima na razdjelniku [12]

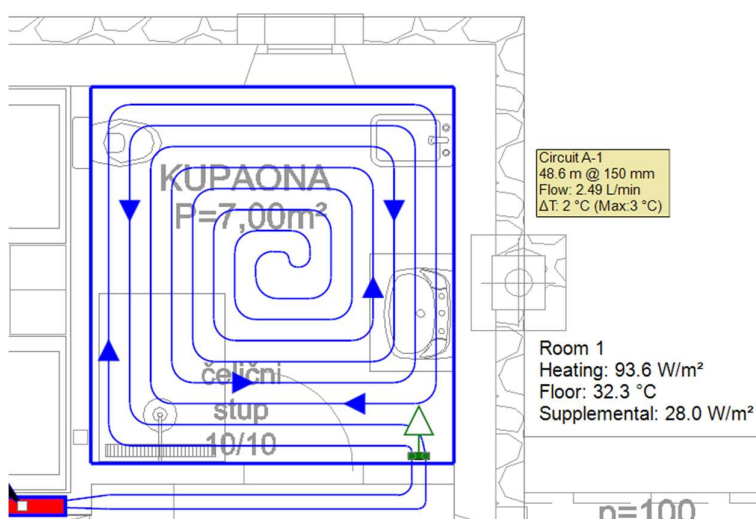
Na slici 5.6. prikazan je dijagram pada tlaka na regulacijskim ventilima na razdjelniku koji služe za balansiranje krugova. Na slici su označene tri duljine različite boje:

- prva duljina je plave boje te označava područje balansiranja za krug koji ima protok 0,5 l/min, a prostire se od 0,6 – 8 mbar.

- druga duljina je žute boje te označava područje balansiranja za krug koji ima protok 2 l/min, a prostire se od 9 – 120 mbar.
- treća duljina je žute boje te označava područje balansiranja za krug koji ima protok 4 l/min, a prostire se od 40 – 500mbar.

Vidimo da područje regulacije jako ovisi o protoku što znači da treba obratiti pozornost na to da se protoci što manje razlikuju.

Ako se naknadnim smanjenjem koraka i razlike temperature polaza i povrata kruga grijanja ne uspije dobiti traženi učin, potrebno je dodati dodatno ogrjevno tijelo u prostor koje će nadoknaditi razliku do projektnog opterećenja promatranog prostora. Taj slučaj se dogodio u kupaonicama na katu kod kojih je veliki dio zidova - vanjski zid, te imaju malo dostupne površine za instalaciju podnog grijanja. U tom slučaju dodan je električni kupaonski radijator.



Slika 5.7. Tlocrt i karakteristika kruga podnog grijanja za kupaonicu sobe 3

Na slici 5.7. vidljivo je toplinsko opterećenje od 93,6 W/m², te na temelju mogućeg toplinskog učina kruga grijanja izračunato je da nedostaje još 28 W/m² za zadovoljiti projektne toplinske potrebe. U tu kupaonicu dodajemo električni kupaonski radijator s minimalnom snagom od 180 W, jer je $28 \text{ W/m}^2 \cdot 6.4 \text{ m}^2 = 179 \text{ W}$. U ostalim kupaonicama potrebni su kupaonski radijatori snage 429 W, 64 W, 317 W.

5.2. Podno i zidno hlađenje

Za hlađenje prostora nastojalo se iskoristiti instalaciju podnog grijanja. Pošto verzija LoopCAD-a koja je korištena nije imala integrirani algoritam za podno hlađenje prostora, iskoristio se softver IntegraCAD na način da se u već definirane prostorije otvorilo funkciju proračuna podnog hlađenja te prilagodilo duljinu i površinu kruga da odgovaraju onima iz LoopCAD-a. Taj korak je bio neophodan u svrhu određivanja rashladnog učinka pojedinog kruga hlađenja.

Zbog male razlike između projektne temperature prostora i površinske temperature poda u režimu hlađenja, rashladni učini krugova su bili manji od onih ogrjevnih, ali su zadovoljili rashladna opterećenja nekih prostora.

Zbog smanjenog učina podnog hlađenja, u svrhu postizanja maksimalne ugodnosti u često korištenim prostorima, bila je neophodna instalacija zidnog sustava hlađenja. Zidno hlađenje stambenog dijela objekta postavljeno je u sobama, dok je rashladni učin u prostoru dnevnog boravka nadoknađen podnim ventilokonvektorima. U prostoru kušaone se nadoknada rashladnog učina ostvarila dodavanjem zidnog ventilokonvektora.

Tablica 5.1. Popis krugova hlađenja i pripadajući rashladni učini

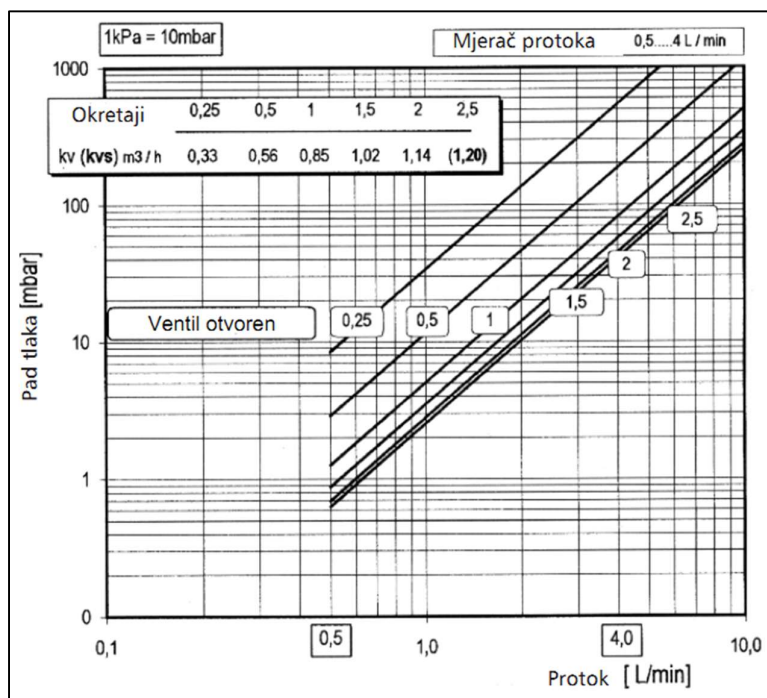
Kat	Prostorija	Kolektor	Krug	Protok1	Provjera	Instalirana Snaga	Potrebna Snaga	Razlika
[-]	[-]	[-]	[-]	[l/h]	[W]	[W]	[W]	[W]
S	Hodnik	M1	K11	95,00	222	693	1406	713,33
S	Kušaona	M1	K12	101,00	236			
S	Kušaona	M1	K13	101,00	236			
S	Wellness	M2	K21	102,00	238	1712	896	-815,85
S	Wellness	M2	K22	97,00	226			
S	Wellness	M2	K23	95,00	222			
S	Wellness	M2	K24	96,00	224			
S	Wellness	M2	K25	74,00	173			
S	Wellness	M2	K26	72,00	168			
S	Wellness	M2	K27	99,00	231			
S	Wellness	M2	K28	99,00	231			
0	Blagovaona	M3	K31	130,00	455	1514	5224	3710,39
0	Blagovaona	M3	K32	134,00	313			
0	Blagovaona	M3	K33	159,00	371			

0	Blagovaona	M3	K34	161,00	375			
0	Soba	M4	K41	72,00	210	647	379	-268,19
0	Soba	M4	K45	75,00	219			
0	Soba	M4	K46	75,00	219			
1	Soba 1	M5	K51	52,00	121	616	549	-66,94
1	Soba 1	M5	K53	70,70	165			
1	Soba 1	M5	K54	70,70	165			
1	Soba 1	M5	K55	70,70	165			
1	Soba 2	M6	K61	158,00	368	1651	1577	-74,21
1	Soba 2	M6	K63	110,00	257			
1	Soba 2	M6	K64	110,00	257			
1	Soba 2	M6	K65	110,00	257			
1	Soba 2	M6	K66	110,00	257			
1	Soba 2	M6	K67	110,00	257			
1	Soba 3	M7	K71	97,00	226	1742	1710	-32,17
1	Soba 3	M7	K73	130,00	303			
1	Soba 3	M7	K74	130,00	303			
1	Soba 3	M7	K75	130,00	303			
1	Soba 3	M7	K76	130,00	303			
1	Soba 3	M7	K77	130,00	303			

Na tablici 5.1 prikazani su rezultati iz IntegraCAD-a. Rezultat usporedbe je višak/manjak rashladnog učina. U žuto su obojane ćelije prostorija čija se razlika rashladnog učina nadoknadila podnim i zidnim ventilokonvektorima.

5.3. Balansiranje instalacije podnog grijanja i hlađenja

Ono što softver LoopCAD nema je izračun otvorenosti regulacijskih ventila koji se nalaze na razdjelniku lokalnih krugova grijanja. Podatak o otvorenosti regulacijskih ventila je potreban za balansiranje krugova razdjelnika, a određuje se preko "dijagrama pada tlaka na regulacijskim ventilima na razdjelniku". U dijagramu je označen pad tlaka kroz regulacijski ventil u odnosu na razinu otvorenosti ventila i protoka kroz ventil. Odnos je označen preko pravca i to od 0,25 okreta do 2,5 okreta s tim da je vrijednost od 2,5 okretaja – otvoreni ventil. Treba uzeti u obzir da u korist što sigurnijeg balansiranja krugova grijanja i hlađenja, kod projektiranja obratimo pozornost na duljinu kruga i protoke kroz njega. Što su sličnija ta dva parametra, lakše će biti balansiranje.



Slika 5.8. Dijagram pada tlaka na regulacijskim ventilima na razdjelniku [12]

Osim pada tlaka na regulacijskim ventilima značajan pad tlaka javlja se i prolaskom medija kroz razdjelnik, te kroz pojedini krug grijanja i hlađenja. LoopCAD ima mogućnost računanja pada tlaka kroz cijev i pripadajući razdjelnik, pa je za podno grijanje računata samo otvorenost regulacijskog ventila. Kod hlađenja je uz otvorenost ventila računat pad tlaka na razdjelniku i krugu hlađenja pošto studentska verzija LoopCAD-a ne podržava hlađenje.

Tablica 5.2. Određivanje područja regulacije ventila na razdjelniku podnog grijanja

Kat	Prostorija	Kolektor	Krug	Protok	dp R+K+reg.min	dp R+K+reg.max	područje regulacije	
[-]	[-]	[-]	[-]	[l/h]	[kPa]	[kPa]	mjerodavni [kPa]	
S	Hodnik	R01	K11	126,60	6,92	21,09	9,06	11,21
S	Kušaona	R01	K12	49,20	9,06	11,27		
S	Kušaona	R01	K13	48,60	9,06	11,21		
S	Wellness	R02	K21	127,80	6,74	21,18	8,00	13,16
S	Wellness	R02	K22	103,80	6,85	16,44		
S	Wellness	R02	K23	103,80	6,35	15,94		
S	Wellness	R02	K24	98,40	6,77	15,40		
S	Wellness	R02	K25	101,40	6,61	15,77		
S	Wellness	R02	K26	84,60	7,39	13,80		

S	Wellness	R02	K27	79,20	7,53	13,16		
S	Wellness	R02	K28	114,00	8,00	19,54		
S	Wellness	M2	K34	114,00	7,30	18,84		
0	Blagovaona	R03	K31	225,00	14,08	58,05	14,19	17,94
0	Blagovaona	R03	K32	130,80	12,29	27,41		
0	Blagovaona	R03	K33	170,40	11,94	37,38		
0	Blagovaona	R03	K34	184,20	14,19	43,85		
0	Blagovaona WC	R03	K35	103,80	8,35	17,94		
0	Soba	R04	K41	34,20	3,08	4,16	7,18	4,16
0	Soba WC	R04	K42	102,00	1,52	10,79		
0	Soba WC	R04	K43	102,00	1,52	10,79		
0	Soba WC	R04	K44	130,20	7,18	22,16		
1	Soba 1	R05	K51	127,20	4,43	18,74	12,82	18,74
1	Soba 1 WC	R05	K52	87,00	12,82	19,60		
1	Soba 2	R06	K61	109,20	12,03	22,62	12,03	22,62
1	Soba 2 WC	R06	K62	149,40	6,96	26,60		
1	Soba 3	R07	K71	128,40	2,45	17,02	6,83	17,02
1	Soba 3 WC	R07	K72	121,80	6,83	19,97		

U tablici na slici 5.2 označeni su krugovi podnog grijanja i pripadajući razdjelnici. Svakoj petlji je pridružen svoj dužinski pad tlaka, pad tlaka na razdjelniku, te minimalni i maksimalni pad tlaka na regulacijskim ventilu za zadani protok. U desnom dijelu tablice zbrojeni su svi padovi tlaka u pojedinom krugu, pa tako imamo minimalni ukupni pad tlaka i maksimalni ukupni pad tlaka za svaki krug. Ciljani pad tlaka za svaki krug pojedinog razdjelnika biti će najmanji pad tlaka koji se može postići izjednačavanjem svih padova tlaka kruga na pojedinom razdjelniku. Ista logika je primijenjena na tablici 5.3. za režim hlađenja.

Tablica 5.3 Određivanje područja regulacije ventila na razdjelniku podnog i zidnog hlađenja

Kat	Prostorija	Kolektor	Krug	Protok	dp R+K+reg.mi n	dp R+K+reg.ma x	područje regulacije	
[-]	[-]	[-]	[-]	[l/h]	[kPa]	[kPa]	mjerodavni [kPa]	
S	Hodnik	M1	K11	95,00	5,02	13,07	6,90	13,07
S	Kušaona	M1	K12	101,00	6,48	15,57		
S	Kušaona	M1	K13	101,00	6,90	15,99		

S	Wellness	M2	K21	102,00	6,61	15,88	10,93	8,56
S	Wellness	M2	K22	97,00	6,35	14,74		
S	Wellness	M2	K23	95,00	6,01	14,06		
S	Wellness	M2	K24	96,00	6,22	14,44		
S	Wellness	M2	K25	74,00	4,46	9,39		
S	Wellness	M2	K26	72,00	3,89	8,56		
S	Wellness	M2	K27	99,00	5,52	14,26		
S	Wellness	M2	K28	99,00	6,83	15,56		
0	Blagovaona	M3	K31	130,00	10,93	25,87	13,06	8,23
0	Blagovaona	M3	K32	134,00	10,45	26,30		
0	Blagovaona	M3	K33	159,00	13,06	35,26		
0	Blagovaona	M3	K34	161,00	11,31	34,07		
0	Blagovaona WC	M3	K35	115,00	7,56	19,29		
0	Soba	M4	K41	72,00	3,56	8,23		
0	Soba	M4	K45	75,00	4,08	9,14	11,62	9,14
0	Soba	M4	K46	75,00	4,08	9,14		
0	Soba WC	M4	K42	143,00	10,64	28,65		
0	Soba WC	M4	K43	135,00	9,40	25,49		
0	Soba WC	M4	K44	148,00	11,62	30,90		
1	Soba 1	M5	K51	52,00	2,05	4,51	3,32	4,51
0	Soba 1	M5	K53	70,70	3,32	7,83		
0	Soba 1	M5	K54	70,70	3,32	7,83		
0	Soba 1	M5	K55	70,70	3,32	7,83		
1	Soba 1 WC	M5	K52	67,00	2,56	6,61		
1	Soba 2	M6	K61	158,00	12,90	34,82	12,90	13,72
1	Soba 2	M6	K63	110,00	9,57	20,32		
1	Soba 2	M6	K64	110,00	9,57	20,32		
1	Soba 2	M6	K65	110,00	9,57	20,32		
1	Soba 2	M6	K66	110,00	9,57	20,32		
1	Soba 2	M6	K67	110,00	9,57	20,32		
1	Soba 2 WC	M6	K62	94,00	5,83	13,72		
1	Soba 3	M7	K71	97,00	5,09	13,48	10,79	13,45

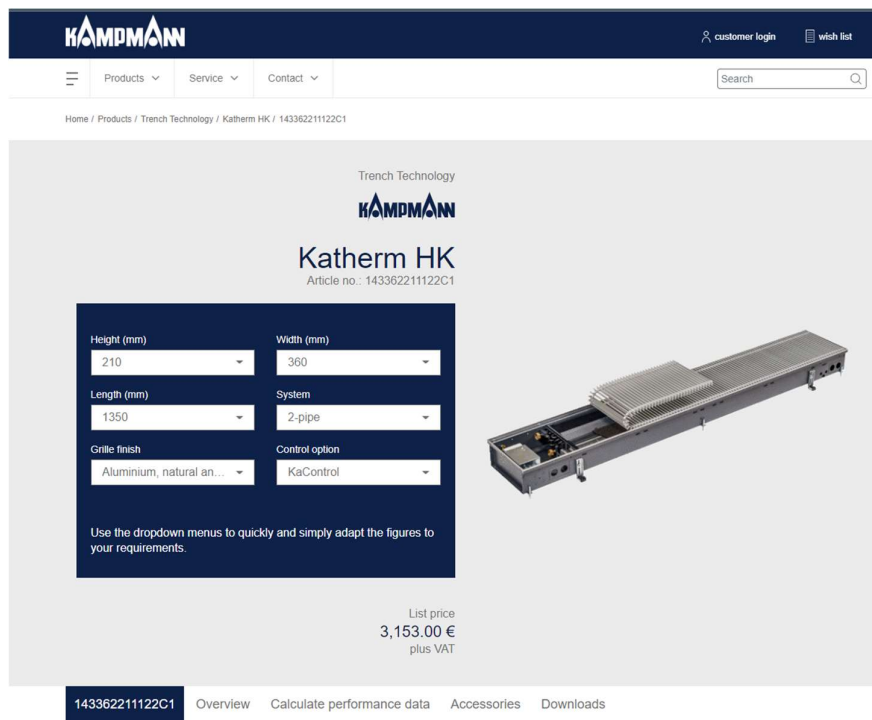
1	Soba 3	M7	K73	130,0 0	10,79	25,72		
1	Soba 3	M7	K74	130,0 0	10,79	25,72		
1	Soba 3	M7	K75	130,0 0	10,79	25,72		
1	Soba 3	M7	K76	130,0 0	10,79	25,72		
1	Soba 3	M7	K77	130,0 0	10,79	25,72		
1	Soba 3 WC	M7	K72	99,00	4,72	13,45		

5.4. Dodatna ogrjevnja i rashladna tijela

Kao što je već navedeno u potpoglavlju 5.1 podnog grijanja, u nekim prostorijama, zbog više faktora, došlo je do nemogućnosti postizanja dovoljnog ogrjevnog učina za prostor. To se događalo u kupaonicama gdje je projektna temperatura nešto viša od ostalih, površina poda je mala, te je veći dio zidova prostorije granica sa vanjskim zrakom. Takva kombinacija ispostavila se najzahtjevnijom za zadovoljavanje projektnog toplinskog opterećenja, te je bilo potrebno predvidjeti dodatno ogrjevno tijelo za postizanje traženog toplinskog učina. U slučaju grijanja to su bili električni kupaonski radijatori.

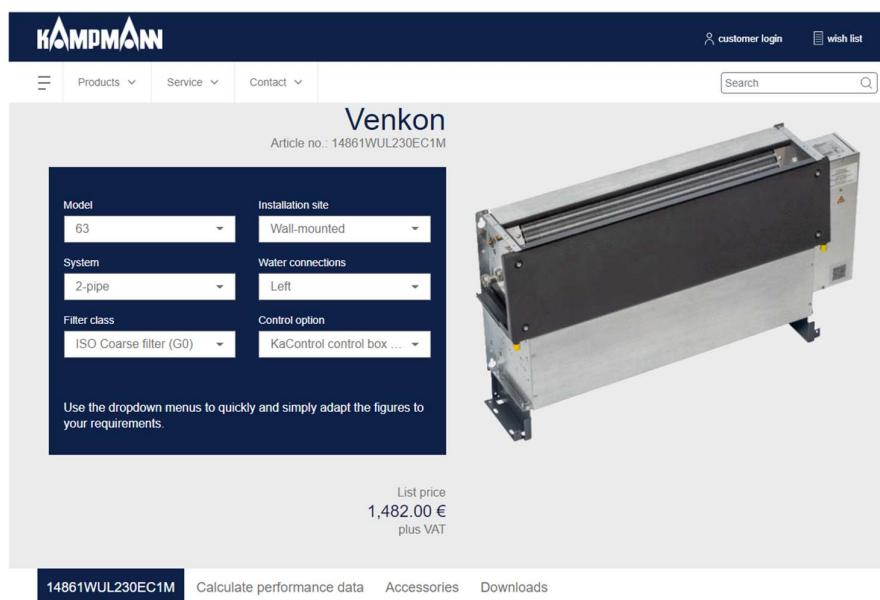
Za slučaj hlađenja najprikladnijim sustavom pokazao se sustav s ventilokonvektorima pošto su fleksibilni u smislu različitih temperatura polaza, te generiraju visoki toplinski učin u bilo kojem temperaturnom režimu.

U režimu grijanja, samo je blagovaona ostala kao prostorija kojoj je potreban još neki izvor topline da zadovolji projektno toplinsko opterećenje. Iako je bio dovoljan jedan ventilokonvektor da zadovolji razliku u učina od 197 W, dodana su tri ventilokonvektora koji će se koristiti i za hlađenje, gdje je potrebno nadoknaditi 3710 W rashladnog učina. Pad tlaka na podnim ventilokonvektorima za projektni učin hlađenja je 4,3 kPa.



Slika 5.9. Podni ventilokonvektor Kampmann Katherm HK [13]

Osim blagovaone dodatni rashladni učin bio je potreban i u podrumu u prostoru kušaone, gdje je bio dovoljan jedan ventilokonvektor (slika 5.10.) za nadoknadu 713 W rashladnog učina. Pad tlaka na zidnom ventilokonvektoru za projektni učin grijanja je 2,5 kPa.



Slika 5.10. Ugradbeni ventilokonvektor Kampmann Venkon [13]

6. DIMENZIONIRANJE SUSTAVA POTROŠNE TOPLE VODE (PTV)

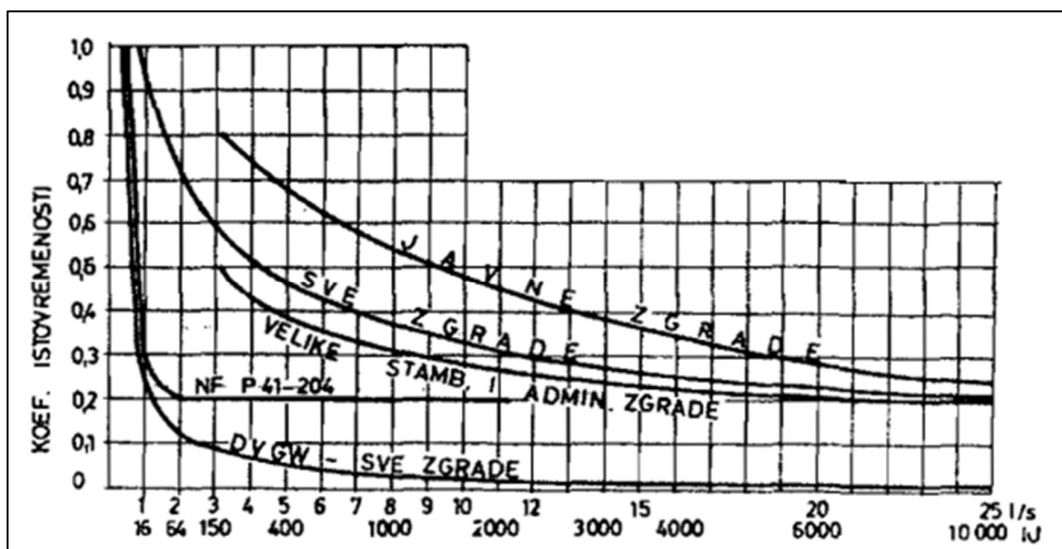
S obzirom na namjenu prostora, ili vrstu zgrade u kojoj se dimenzionira sustav potrošne tople vode, količine vode su dosta promjenljive. Primjera radi, potrebna količina vode za stanove ovisit će o veličini stana, broju i starosti osoba, životnom standardu, godišnjem dobu, te o danu u tjednu. Zbog više slobodnog vremena tokom vikenda (subota i eventualno petak), uobičajeno se koristi približno 30% ukupne sedmične količine potrošene vode [7].

6.1. Proračun sustava PTV-a

Pri dimenzioniranju sustava za pripremu PTV-a od odlučujućeg je značaja, da se zna koliko ima potrošača, te kolika je ukupna potrošnja vode. Ako u objektu imamo 10 izljevni mjesta, gotovo je nemoguće da se svi koriste u isto vrijeme. Kako bi se ta pojava uzela u obzir prilikom dimenzioniranja sustava, potrebno je koristiti tablice ili grafove, dobivene na osnovu iskustva, iz kojih se očitava faktor istovremenosti s obzirom na broj stambenih jedinica. Vrijednost faktora istovremenosti opada s brojem promatranih potrošača.

Broj stanova	Faktor istovremenosti	Kapacitet kotla $\dot{Q}_K$ u kW pri z_A u h			Veličina rezervoara V_s u l (m^3) za z , u h					
					0,5		1		2,5	
					$(t_o - t_u)$ u K					
n	φ	0,5	1	2,5	30	50	30	50	30	50
1	1,15	14	12	8	200	150	350	200	600	350
2	0,86	21	17	12	300	200	500	300	900	500
4	0,65	31	26	17	450	300	750	450	1200	750
6	0,56	40	34	22	600	400	1000	600	1600	950
8	0,5	48	40	27	700	450	1150	700	2000	1200
10	0,47	56	47	31	800	500	1350	800	2200	1400
12	0,47	68	57	38	1000	600	1650	1000	2700	1600
15	0,44	79	66	44	1150	700	1900	1150	3200	1900
18	0,42	91	78	50	1300	800	2300	1350	3600	2200
20	0,4	96	80	53	1400	850	2400	1400	3800	2300
25	0,38	114	95	63	1600	1000	2700	1700	4500	2700
30	0,36	130	108	72	1900	1200	3100	1900	5200	3100
36	0,35	151	127	84	2200	1300	3600	2200	6000	3600
50	0,32	192	161	106	2800	1700	4600	2800	7600	4600
60	0,31	223	187	124	3200	2000	5400	3200	8900	5300
80	0,29	278	233	155	4000	2400	6700	4000	11,1	6700
100	0,28	336	281	186	4800	2900	8100	4800	13,3	8000
120	0,27	389	326	215	5600	3400	9400	5600	15,4	9300
150	0,26	468	392	260	6700	4100	11,3	6700	18,6	11,2
200	0,25	600	502	333	8600	5200	14,4	8600	23,9	14,3

Slika 6.1. Prikaz tablice s vrijednostima faktora istovremenosti u odnosu na broj stanova [7]



Slika 6.2. Graf faktora istovremenosti za različite zgrade

Pri dimenzioniranju sustava PTV-a za stambenu zgradu, dovoljno je uzeti u obzir broj kada i tuševa, dok se ostale potrebe PTV-a za umivanje ili kuhinjsku potrebu mogu zanemariti. Osim toga potrebno je odabrati način zagrijavanja PTV-a jer će se učin grijača znatno razlikovati u akumulacijskom sustavu i u protočnom sustavu zagrijavanja vode.

Na primjeru ovog objekta, ako se uzme u obzir da u objektu ima 5 tuševa, 1 kada, 8 slavina, uz faktor istovremenosti $\varphi = 0,65$

Pri određivanju toplinskog učina akumulacijskog sustava potrebno je pretpostaviti da je dnevna potrošnja PTV-a ograničena na z_B sati. Vrijeme zagrijavanja akumulacijskog spremnika traje z_A sati te se u tom vremenu proizvede potrebna toplina. Varijable z_A i z_B utjecati će na količinu PTV-a i učin grijača spremnika.

Proračun se započinje s formulom koja određuje satnu potrošnju PTV-a za dane stanove s obzirom na tip potrošača i broj korisnika. Pretpostavljamo da će potrošnja vode u prilikom korištenja kade biti 250l po korištenju na sat, a prilikom korištenja tuša biti 80l po korištenju, znači 160l ako tuš koriste 2 osobe.

Slijedi formula za satnu potrošnju PTV-a:

$$\dot{V}_{PTV} = m \cdot n \cdot \varphi \text{ [l/h]} \quad (6.1)$$

$$\dot{V}_{PTV} = \left(\frac{1 \cdot 500 + 3 \cdot 160}{4} \right) \cdot 4 \cdot 0,65 \quad (6.2)$$

$$\dot{V}_{PTV} = 637 \text{ l/h} \quad (6.3)$$

gdje je:

$\dot{V}_{PTV}$ – potrošnja vode u jednom stanu, [l/h]

m – količina vode, [l]

n – broj soba, [-]

φ – faktor učestalosti, [-].

Na prvom dijelu jednadžbe određena je srednja vrijednost potrošnje PTV-a po stanu. To je izvedeno na način da se odredi maksimalna potrošnja vode po stanu za 2 osobe. Svi stanovi imaju tuš kabine, no jedan stan ima i kadu. Maksimalna satna potrošnja za stan s kadom je 500 l ili 250 l u jednom korištenju po osobi. Kod stanova s tuš kabinama taj broj iznosi 80l po osobi, ili 160l vode po stanu na sat.

Uzevši u obzir da dnevna potrošnja PTV-a traje $z_B = 2$ h:

$$\dot{V}_{uk} = z_B \cdot \dot{V} \text{ [l/dan]} \quad (6.4)$$

$$\dot{V}_{uk} = 2 \cdot 637 \text{ l/dan} \quad (6.5)$$

$$\dot{V}_{uk} = 1274 \text{ l/dan} \quad (6.6)$$

gdje je:

z_B – trajanje potrošnje PTV-a u jednom danu, [h]

$\dot{V}_{uk}$ – ukupna potrošnja PTV-a u jednom danu, [l/dan].

Toplinska energija potrebna za zagrijavanje potrebne količine vode od 10 °C na 45 °C:

$$\phi = \dot{V} * n * c_p * \Delta\vartheta \text{ [kJ]} \quad (6.7)$$

$$\phi = 637 * 4,186 * 35 \text{ [kJ/h]} \quad (6.8)$$

$$\phi = \frac{93327}{3600} \text{ [kJ/s]} \quad (6.9)$$

$$\phi = 26 \text{ kW} \quad (6.10)$$

gdje je:

ϕ – toplinska energija za zagrijavanje PTV-a, [kW]

c_{pw} – toplinski kapacitet vode, [kJ/kgK].

Učin grijača za zagrijavanje PTV-a određuje se prema sljedećoj formuli:

$$\phi_K = \frac{\phi \cdot z_b}{z_a + z_b} \text{ [kW]} \quad (6.11)$$

$$\phi_K = \frac{26 \cdot 2}{2 + 2} \text{ [kW]} \quad (6.12)$$

$$\phi_K = 13 \text{ [kW]} \quad (6.13)$$

gdje je:

ϕ_K – toplinski učin grijača za zagrijavanje PTV-a, [kW]

z_A – vrijeme zagrijavanja PTV-a, [h].

Volumen akumulacijskog spremnika računa se sljedećim izrazom:

$$V_s = \frac{C}{c \cdot (\vartheta_0 - \vartheta_u)} \cdot b \text{ [l]} \quad (6.14)$$

Kapacitet akumulirane energije:

$$C = z_A \cdot \dot{Q}_K \text{ [kWh]} \quad (6.15)$$

$$C = 2 \cdot 13 \text{ [kWh]} \quad (6.16)$$

$$C = 26 \text{ kWh} \quad (6.17)$$

Uvrštavamo u formulu za volumen spremnika:

$$V_s = \frac{26}{1,16 \cdot 10^{-3} \cdot (45 - 10)} \cdot 1,1 \text{ [l]} \quad (6.18)$$

$$V_s = 705 \text{ l} \quad (6.19)$$

gdje je:

V_s – volumen spremnika, [l]

C – kapacitet (akumulirana količina topline) spremnika, [kWh]

ϑ_0 – najviša srednja temperatura u spremniku, [°C]

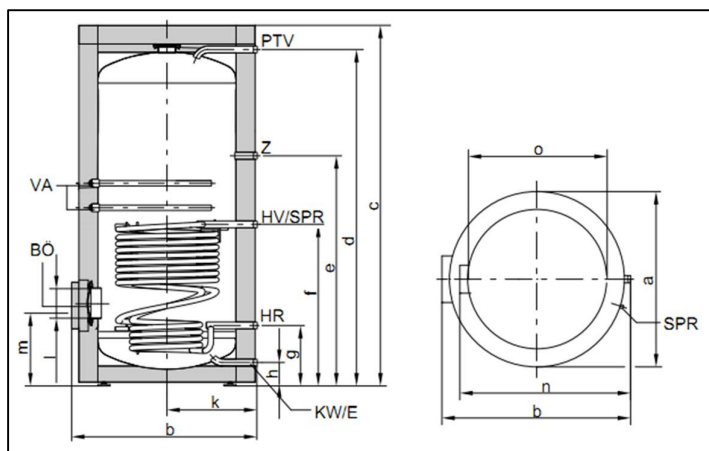
ϑ_u – dozvoljena najniža temperatura u spremniku, [°C]

b – faktor dodatka zbog mrtvog prostora ispod grijane površine rezervara, $1,1 \div 1,2$.

6.2. Odabir spremnika PTV-a

Pri odabiru akumulacijskog spremnika treba obratiti pozornost da ima izmjenjivač topline namijenjen za korištenje dizalice topline kao izvora toplinske energije zbog temperaturnog režima. Takav izmjenjivač topline će imati veću površinu izmjene topline između primarnog (ogrjevnog) i sekundarnog medija zbog, općenito nižeg režima temperature, te posljedično i manje razlike temperature između dvaju medija.

Odabire se spremnik volumena istog ili višeg od volumena određenog u proračunu. Spremnik mora imati integrirani električni grijač ili barem mogućnost ugradnje električnog grijača na kućište spremnika zbog dnevnog zagrijavanja vode protiv razvoja legionele. Odabrani spremnik je Vitocell 100-V 750 proizvođača Viessmann, zapremnine 750 l. Spremnik je napravljen od čelika te je zaštićen od korozije s pocakljenjem Ceraprotect, sadrži dodatnu katodnu zaštitu s magnezijском anodom. Zagrijavanje vode u spremniku ostvareno je preko velike ogrjevne spirale površine 3,7 m².



Slika 6.3. Tehnički nacrt spremnika [14]

Volumen spremnika		l	750
Duljina (Ø)	a	mm	960
Širina	b	mm	1045
Visina	c	mm	2106
	d	mm	1923
	e	mm	1327
	f	mm	901
	g	mm	321
	h	mm	104
	k	mm	505
	l	mm	Ø 180
	m	mm	457
	n	mm	947
bez toplinske izolacije	o	mm	Ø 750

Slika 6.4. Dimenzije spremnika [14]

Volumen ogrjevnice vode	l	5,5	5,5	10,0	12,5	24,5	26,4
Grijača površina	m ²	1,0	1,0	1,5	1,9	3,7	4,0
Priključci (vanjski navoji)							
Polazni i povratni vod ogrjevnice vode	R	1	1	1	1	1¼	1½
Hladna voda, topla voda	R	¾	¾	1	1¼	1¼	1½
Cirkulacijski vod	R	¾	¾	1	1	1¼	1½

Uputa za trajni učin
 Kod projektiranja s navedenim, odn. određenim trajnim učinkom potrebno je planirati odgovarajuću cirkulacijsku crpku. Navedeni trajni učin postiže se samo ako je nazivni toplinski učin kotla za grijanje ≥ trajnom učinku.

Slika 6.5. Prikaz dimenzija izmjenjivača topline odabranog spremnika PTV-a [14]

Prilikom odabira važno je obratiti pozornost na ogrjevnu površinu za izmjenu topline preko izmjenjivača uronjenog u vodu, što je manja temperatura ogrjevnog medija to će biti potrebna veća površina izmjenjivača. Uzet je manji koeficijent prolaza topline za prirodnu konvekciju ogrjevnice vode na sanitarnu vodu u spremniku $k=250$ [W/m²K]. S jednadžbama u nastavku napravljena je provjera kapaciteta cijevnog izmjenjivača koji se nalazi u spremniku PTV-a.

$$\phi = k \cdot A \cdot \Delta\vartheta_m \quad (6.20)$$

Gdje je:

ϕ – izmjena topline na protusmjernom izmjenjivaču [kW]

k – koeficijent prolaza topline [W/m²°C]

A – površina izmjene topline [m²]

$\Delta\vartheta_m$ – srednja logaritamska razlika temperature [°C]

$$\Delta t_m = \frac{\Delta \vartheta_1 - \Delta \vartheta_2}{\ln \left(\frac{\Delta t_1}{\Delta t_2} \right)} \quad (6.21)$$

$$\Delta t_m = \frac{(45 - 40) - (45 - 10)}{\ln \left(\frac{5}{35} \right)} = 15,4 \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (6.22)$$

gdje je:

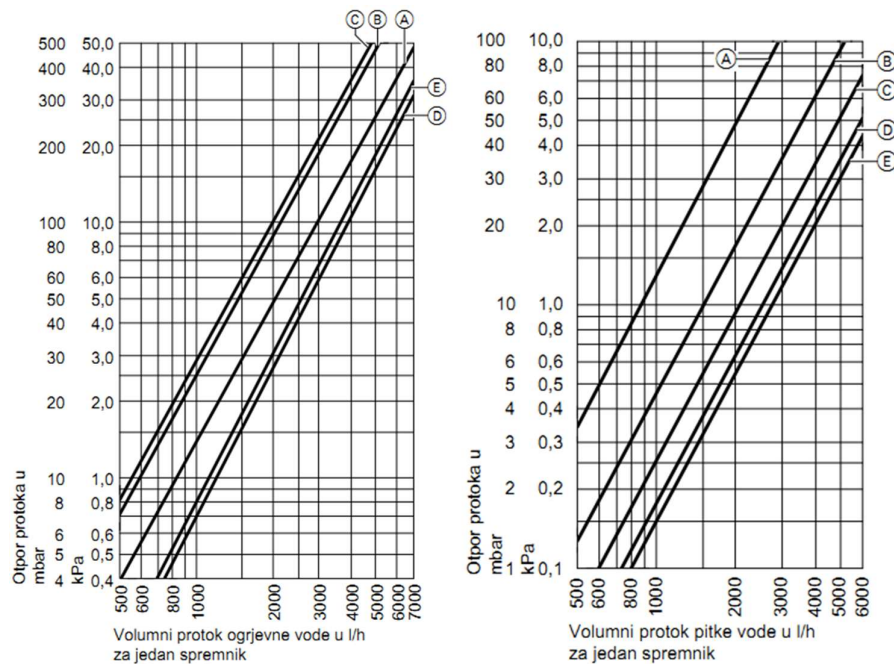
$\Delta \vartheta_1$ – razlika temperatura medija s jedne strane izmjenjivača [°C]

$\Delta \vartheta_2$ – razlika temperatura medija s druge strane izmjenjivača [°C].

$$\Phi = 250 \cdot 3,7 \cdot 15,4 \quad (6.23)$$

$$\Phi = 14,3 \text{ kW} \quad (6.24)$$

Na sljedećim dijagramima (slika 11.6) prikazani su padovi tlaka u spremniku PTV-a sa strane ogrjevnog medija i sanitarne vode.



Slika 6.6. Dijagrami padova tlaka s obzirom na protok ogrjevnog i sanitarnog medija [14]

Kosa linija koja spaja vrijednosti volumnog protoka i pada tlaka za odabrani spremnik Vitocell 100-V 750 je označena slovom "D". Iz toga proizlazi da je uz protok od 2236 l/h, otpor strujanja kroz zavojnicu oko 3,6 kPa. Uz projektnu potrošnju PTV-a koja iznosi 637 l/h, pad tlaka prolaskom sanitarne vode kroz spremnik PTV-a bit će manji od 0,1 kPa.

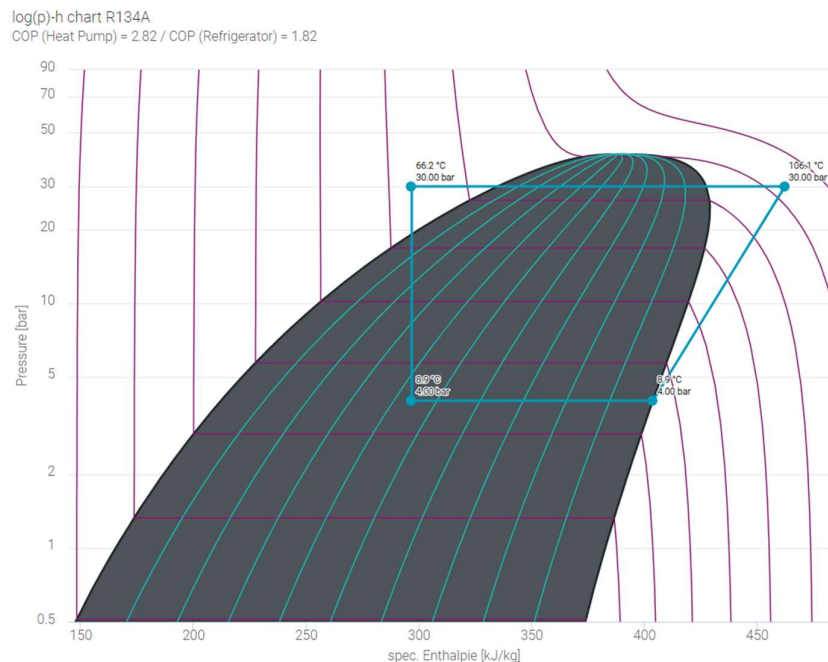
7. ODABIR DIZALICE TOPLINE I INERCIJSKOG SPREMNIKA

Obnovljiva energija je energija dobivena iz prirodnih izvora koji se obnavljaju većom brzinom nego što se troše, a ima ih u izobilju. Tim svojstvom, uređaji koji koriste OIE imaju popriličnu prednost nad tradicionalnim uređajima koji koriste fosilna goriva čiji su produkti izgaranja staklenički plinovi. Uz to obnovljivi izvori energije sada su jeftiniji u većini zemalja i stvaraju tri puta više radnih mjesta od fosilnih goriva.

Dizalice topline su uređaji koji postižu čak 600% korisnosti što je naizgled rušenje zakona fizike. Prema zakonu očuvanja energije ukupna energija zatvorenog sustava je konstantna. Energija se ne može stvoriti niti uništiti, može se samo transformirati u drugi oblik. Na prvi pogled za dizalicu topline ne vrijedi zakon o očuvanju energije zato jer proizvodi preko 3 puta više energije nego što potroši električne energije. Objašnjenje leži u tome da dizalica topline ne proizvodi energiju već ju prenosi. U svemiru ne postoji hladnoća, samo nedostatak topline. To znači da na svakoj temperaturi iznad $-273,15^{\circ}\text{C}$ tj. 0 K tvar posjeduje odgovarajuću količinu toplinske energije.

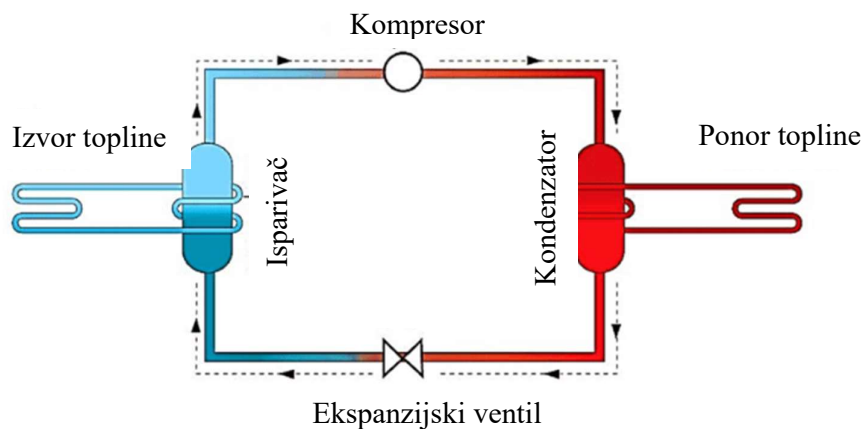
Dakle, ako je temperatura vanjskog zraka -6°C , tj. $267,15\text{ K}$, jedinica mase tvari još uvijek sadrži dosta toplinske energije, samo nam treba temperaturna razlika da tu energiju prenesemo. U slučaju korištenja radne tvari R410A, ako je u isparivaču tlak 4 bar, radna tvar isparuje na temperaturi od $-19,95^{\circ}\text{C}$ čime se postiže razlika temperature od oko 14 K, te se postižu uvjeti za prijenos topline.

Sada se toplina može prenositi s vanjskog zraka (-6°C) na radnu tvar, te s radne tvari na ogrjevnu vodu za potrebe grijanja kuće putem podnog grijanja. Kako bi se ogrjevna voda grijala na projektnu temperaturu 40°C , temperatura radne tvari mora biti viša. Radna tvar R410A pri tlaku od 30 bar kondenzira pri temperaturi od $49,1^{\circ}\text{C}$. Temperatura radne tvari će se, podizanjem tlaka suhozasićene pare na 30 bara, podignuti iznad 90°C nakon čega će se, predajom topline ogrjevnom mediju, postepeno smanjivati do temperature kondenzacije od $49,1^{\circ}\text{C}$. Opisani krug radne tvari R410A u dizalici topline prikazan je na grafu na slici 7.1.



Slika 7.1. P-h dijagram za radne parametre iz primjera u tekstu u ulomku iznad

Tako će dizalica topline prenijeti toplinu od hladnijeg vanjskog zraka, zemlje, ili vode u topliju kuću, stambenu ili poslovnu zgradu. Također će odvoditi toplinu iz hlađenog prostora prema vanjskom, a to je postalo moguće dodavanjem posebnog 4-putnog ventila koji reverzira smjer kolanja radne tvari u uređaju.



Slika 7.2. Shema rada dizalice topline

Na slici 7.2 vidi se shema kruga dizalice topline. Izvor topline predstavlja medij kojem odvodi toplinu. U ovom slučaju to može biti vanjski zrak ili rashladna voda kojom hladimo objekt.

Ponor topline predstavlja medij kojemu prenosimo toplinu iz izvora topline i kompresora. Kompresor igra ulogu u prijenosu energije sadržane u radnoj tvari koji kola u samoj dizalici topline, te o njemu ovisi tlak (a time i temperatura) radne tvari u isparivaču i kondenzatoru. Međutim, tlak radne tvari u isparivaču i kondenzatoru ne ovisi samo o kompresoru, već o ekspanzijskom ventilu koji regulira tlak u isparivaču. Prikazana shema se može podijeliti na stranu višeg (cjevovod nakon kompresora pa sve do ekspanzijskog ventila – crveno obojen) i stranu nižeg tlaka (cjevovod od ekspanzijskog ventila pa sve do kompresora – plavo obojen).

Princip rada je sljedeći:

U kompresoru se radna tvar komprimira, te joj s tlakom raste i temperatura. Ta se temperatura smanjuje uz konstantni tlak kako medij prolazi kroz kondenzator. Donekle rashlađenom mediju nakon kondenzacije ekspanzijski ventil spušta tlak natrag na onaj od ulaza u kompresor, te sa njim mu dodatno pada temperatura niže nego što je bila na ulazu u kompresor. U isparivaču se ta niža temperatura zagrijava i isparuje pri konstantnom tlaku, te donekle zagrijana ulazi u kompresor.

7.1. Ukupna potrebna energija za grijanje i hlađenje sustava

Ukupnu maksimalnu potrebu za toplinskom energijom određujemo simuliranjem maksimalne potrošnje toplinske energije na potrošačima, u najgorim mogućim uvjetima, koja se može odjednom pojaviti. U režimu grijanja će to biti kombinacija:

- maksimalnog učina izmjenjivača topline u spremniku PTV-a
- maksimalnog učina grijača zraka u klima-komori, za vanjsku temperaturu od -6 °C
- maksimalnog učina za grijanje objekta (toplinsko opterećenje za grijanje zgrade)
- maksimalnog učina za zagrijavanje unutarnjeg bazena.

Tablica 7.1. Maksimalan potreban učin grijanja

ZIMA			
GR		HL	
[-]	[kW]	[-]	[kW]
PTV	13	/	/
KK Grijač	5	/	/
ϕ_H	21	/	/
Unutarnji bazen	5	/	/
	44		0

U tablici 7.1. za režim grijanja nije uključeno grijanje vanjskog bazena pošto je bazen u funkciji od početka svibnja do kraja rujna, a periodi u kojima se javljaju najgori uvjeti za režim grijanja su uglavnom u zimsko doba (prosinac, siječanj, veljača).

Osim navedene potrebe za energijom koja se javlja u režimu grijanja, povećana potreba za toplinskom energijom se može javiti i u režimu hlađenja. U režimu hlađenja, maksimalnu potrebu za toplinskom energijom činit će:

- maksimalni učin za hlađenje objekta (toplinsko opterećenje za hlađenje zgrade)
- maksimalni učin hladnjaka klima-komore, za vanjsku temperaturu od 35 °C

Tablica 7.2. Maksimalni potreban učin hlađenja

LJETO			
GR		HL	
[-]	[kW]	[-]	[kW]
PTV	13	KK Hladnjak	9,9
Unutarnji bazen	5	ϕ_c	25,6
Vanjski bazen	18,8		
	36,8		35,5

Osim maksimalnih potreba za grijanjem i hlađenjem koje se javljaju zimi i ljeti (projektne temperature), treba napraviti provjeru potrebne toplinske energije za svibanj i rujan u kojima vanjski bazen dominira s potrebom toplinske energije. Potrebno je uzeti u obzir da se u datim mjesecima ne postiže maksimalna potreba za grijanjem i hlađenjem prostora. Prema proračunu o mjesečnoj potrebnoj toplinskoj energiji, potrebe za grijanjem nema, a potreba za hlađenjem je mala.

Tablica 7.3. Potreba za toplinskom energijom za rujan i svibanj

RUJAN				SVIBANJ			
GR		HL		GR		HL	
[-]	[kW]	[-]	[kW]	[-]	[kW]	[-]	[kW]
PTV	13	KK Hladnjak	0	PTV	13	KK Hladnjak	9,9
KK Grijač	2	ϕ_c	4	KK Grijač	2	ϕ_c	3
Unutarnji bazen	5			Unutarnji bazen	5		
Vanjski bazen	44,8			Vanjski bazen	47,7		
ϕ_H	0			ϕ_H	0		
	64,8		4		67,7		12,9

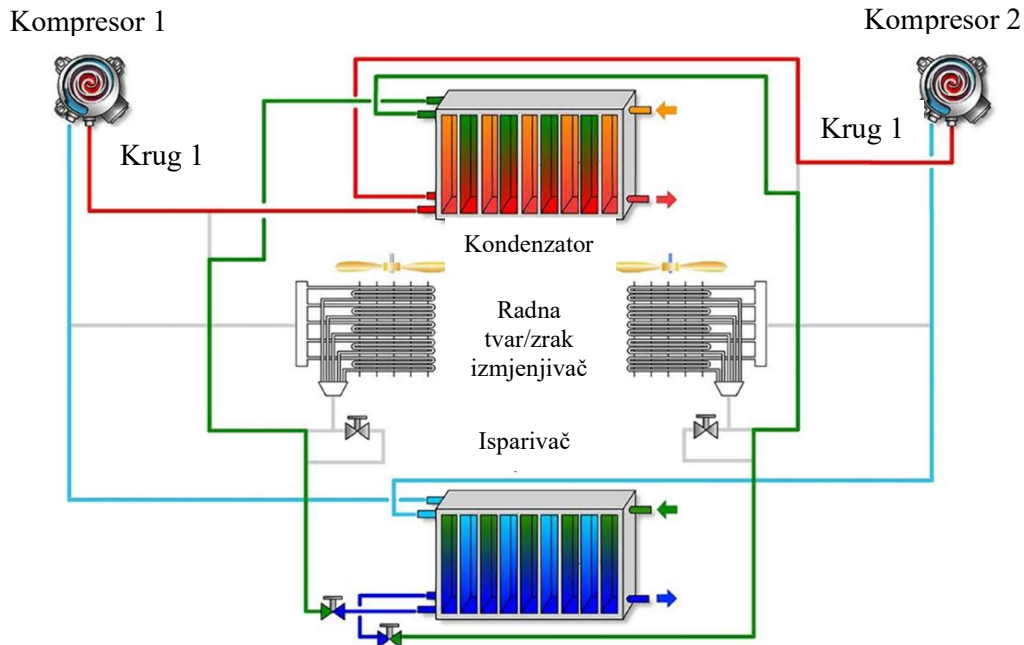
7.2. Odabir dizalice topline

Prema određenim potrebama za učinkom grijanja i hlađenja tijekom godine, usvajamo da će odabrana dizalica topline moći pokriti gubitke od 70 kW ogrjevnog energije, te 36 kW rashladne energije. Danas je na tržištu dostupno puno različitih vrsta dizalica topline od kojih se najviše koriste izvedbe zrak-voda. Slučaj u ovom projektu je specifičan zato jer se u režimu hlađenja javlja velika potreba za grijanjem zbog vanjskog i unutarnjeg bazena.

U novije vrijeme počele su se proizvoditi dizalice topline zrak-voda s četiri ili više priključnih cijevi. Takvi uređaji imaju mogućnost hladiti kroz jedan par cijevi, te grijati kroz drugi par cijevi. Kako odnos između potrebe za ogrjevnom i rashladnom energijom varira, 4-cijevna dizalica topline mora imati mogućnost da energiju koju ne uspije predati preko rashladnog kruga, preda preko integriranog isparivača s prisilnom ventilacijom.

Takav se uređaj može i modularno napraviti korištenjem suhog hladnjaka (engl. dry-cooler) umjesto isparivača, no cijena sustava se tada drastično povećava, te dimenzije suhog hladnjaka eksponencijalno rastu kako vanjska temperatura zraka pada.

Na temelju potrebnog učina odabrana je dizalica topline Mitsubishi Climaveneta i-NX-Q 0252P. To je inverterska 4-cijevna multifunkcionalna dizalica topline zrak-voda za istovremenu i nezavisnu proizvodnju hladne/tople vode ovisno o potrebama sustava, namijenjena za vanjsku ugradnju. Sastoji se od kompresora, nezavisnih rashladnih krugova, izmjenjivača topline, ventilatora, elektro-upravljačkog ormara za dovod napajanja i automatikom za upravljanje i vođenje logikom rada uređaja.



Slika 7.3. Shematski prikaz spajanja elemenata unutar dizalice topline

Deklarirani kapacitet grijanja/hlađenja je 74,1 kW/67,5 kW prema standardu EN14511.

7.3. Odabir inercijskog spremnika

Zbog konstrukcije dizalica topline, postoje mane u njezinom radu vezane na pokretne dijelove koji će biti dugotrajni samo u kontroliranim uvjetima rada. Jedan od čestih problema leži u preučestalom uključanju i isključenju kompresora. Proizvođači dizalica topline preporučuju da razmak između uključanja i isključenja uređaja bude barem 5 minuta. Kako bi se to osiguralo, u sustav grijanja i hlađenja ugrađuje se inercijski spremnik.

Inercijski spremnik u kombinaciji s dizalicom topline može poslužiti i kao pomoć oko snabdijevanja energijom pri učestalim oscilacijama potrebne energije. Kako je danas dostupno

sve više inverterskih dizalica topline, taj problem je riješen, no ostaje problem učestalog uključanja i isključenja.

U ovom projektu potrebni su dva inercijska spremnika, jedan za krug grijanja a drugi za krug hlađenja, koji će zbog veličine instalacije i potrebne snage biti različiti. Neki izvori navode kako se do odgovarajuće zapremnine inercijskog spremnika dođe umnoškom snage dizalice topline sa 15 čime se dobije zapremnina u litrama.

Proračunom u nastavku se dokazuje da se akumulacijom energije u inercijski spremnik i instalaciju sustava osigurava razmak isključenja i ponovnog uključanja dizalice topline koji traje više od 5 minuta.

Vrijeme odgode uključanja u sekundama:

$$t_s = t_{min} \cdot 60 \text{ [s]} \quad (7.1)$$

$$t_s = 5 \cdot 60 = 300 \text{ s} \quad (7.2)$$

Toplina predana u 300 sekundi:

$$Q = t_s \cdot Q_{DT} \text{ [kJ]} \quad (7.3)$$

$$Q = 300 \cdot 70 = 21000 \text{ kJ} \quad (7.4)$$

Potrebna količina vode za dostaviti dobivenu energiju:

$$m = \frac{Q}{c_p \cdot \Delta\vartheta} \text{ [kg]} \quad (7.5)$$

$$m = \frac{21000}{4,186 \cdot 5} = 1003,3 \text{ kg} \quad (7.6)$$

Iz proračuna je vidljivo da je u sustavu grijanja potrebno imati 1004 kg vode kako bi se dizalica topline pri maksimalnom opterećenju sustava mogla isključiti na 5 minuta. Jedan dio vode je sadržan u cjevovodu, no treba obratiti pozornost da se uzima u obzir samo ona količina vode koja se u maksimalnom učinku grijanja koristi. Ona iznosi 116 l zato jer se maksimalni učin dizalice topline postiže u svibnju zbog grijanja bazena, a onda grijanje stambenog dijela objekta(koje sadrži oko 400 l vode) nije potrebno pa ta voda ne kola, niti se ne zagrijava.

Uzevši u obzir količinu vode od 116 l koja se koristi u sustavu grijanja za vrijeme maksimalnog učina dizalice topline, potrebna zapremnina inercijskog spremnika za grijanje iznosi minimalno 888 l.

Na isti način određena je zapremnina inercijskog spremnika za hlađenje:

Vrijeme odgode uključanja u sekundama:

$$t_s = t_{min} \cdot 60 \text{ [s]} \quad (7.7)$$

$$t_s = 5 \cdot 60 = 300 \text{ s} \quad (7.8)$$

Toplina predana u 300 sekundi:

$$Q = t_s \cdot Q_{DT} \text{ [s]} \quad (7.9)$$

$$Q = 300 \cdot 40 = 12000 \text{ kJ} \quad (7.10)$$

Potrebna količina vode za dostaviti dobivenu energiju:

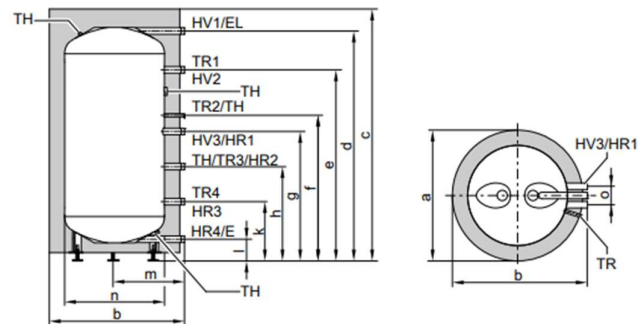
$$m = \frac{Q}{c_p \cdot \Delta\vartheta} \text{ [kg]} \quad (7.11)$$

$$m = \frac{12000}{4,186 \cdot 5} = 573,4 \text{ [kg]} \quad (7.12)$$

Zapremnina vode u cijevima hlađenja iznosi 485,4 l, tako da će minimalna zapremnina inercijskog spremnika hlađenja iznositi 88 l.

Odabrani su sljedeći inercijski spremnici:

- Spremnik za grijanja Vitocell 100-E 950

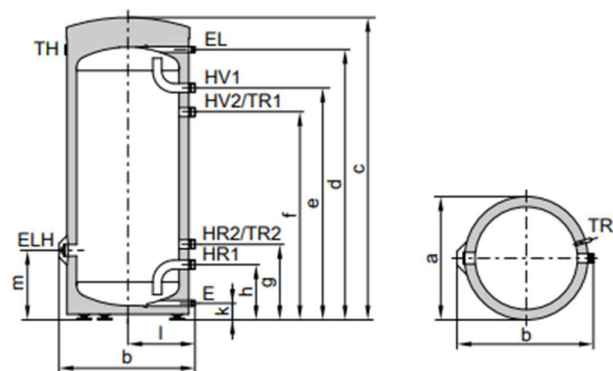


Slika 7.4. Nacrt inercijskog spremnika Vitocell 100-E 950

Volumen spremnika		I	750	950
Duljina (∅)	a	mm	1004	1004
Širina	b	mm	1059	1059
Visina	c	mm	1895	2195
	d	mm	1777	2083
	e	mm	1547	1853
	f	mm	1067	1219
	g	mm	967	1119
	h	mm	676	752
	k	mm	386	386
	l	mm	155	155
	m	mm	535	535
∅ bez toplinske izolacije	n	mm	∅ 790	∅ 790
	o	mm	140	140

Slika 7.5. Dimenzije inercijskog spremnika Vitocell 100-E 950

- Spremnik grijanja Vitocell 100-E/-W



Slika 7.6. Nacrt inercijskog spremnika Vitocell 100-E/-W 200

Volumen spremnika			l	200
Duljina (Ø)	a	mm		581
Širina	b	mm		640
Visina	c	mm		1409
	d	mm		1256
	e	mm		1073
	f	mm		973
	g	mm		354
	h	mm		254
	k	mm		72
	l	mm		317
	m	mm		323

Slika 7.7. Dimenzije inercijskog spremnika Vitocell 100-E/-W 200

8. DIMENZIONIRANJE CIJEVOVODA GRIJANJA I HLAĐENJA

Pravilno dimenzioniranje cjevovoda, od velike je važnosti radi postizanja odgovarajućih protoka vode, kako bi se mogli postići ciljani učini grijanja i hlađenja, te zbog ispravnog odzračivanja cjevovoda. Uz to pravilnim se projektiranjem razvoda cijevi grijanja (ili hlađenja) može dodatno iskoristiti toplina transportirana kroz cijev prolaskom kroz zid grijanog prostora, te na taj način dodatno zagrijati prostor. Isto tako, pravilnim razvođenjem cijevi po prostoru smanjujemo tromost sustava grijanja/hlađenja (vrijeme osjetne promjene ugođaja u prostoru) na način da cijevi vodimo kroz kondicionirani dio zgrade kroz koji će temperaturna devijacija biti manja nego vođenjem razvoda kroz nekondicionirani dio zgrade.

8.1. Određivanje protoka za svaku granu glavnog razdjelnika

Prvi korak za dimenzioniranje cijevi je određivanje maksimalnog protoka za svaku dionicu cijevi. Kao kod dimenzioniranja razvoda ventilacije najprije je bilo potrebno odrediti protok za svaki otvor te nakon toga odrediti dimenzije presjeka kanala.

U ovom slučaju "otvor" će biti krajnji potrošač kao npr. podno grijanje, izmjenjivač topline u spremniku PTV-a, ventilokonvektori i izmjenjivač na klima-komori. Dakle prije svega potrebno je odrediti maksimalne protoke, uz danu temperaturnu razliku, za dionicu koja vodi do pojedinog potrošača. Na tablici prikazani su potrebni maksimalni protoci za razdjelnik grijanja koji se nalazi u strojarnici.

Tablica 8.1. Protoci na razdjelniku grijanja u strojarnici

Kolektori	br.	Cu Ø	Temp.	Opis	Oznaka	DN PUMPE	Protok
[-]	[-]	[-]	[°C]	[-]	[-]	[-]	[m ³ /h]
R1	1	42x1,5 mm	45	PTV	C11	25	2,24
	2	28x1,0 mm	45	KK Grijač	C12	25	1,05
	3	35x1,5 mm	40	Ventilokonvektori	C13	15	0,79
	4	35x1,5 mm	40	Podno Suteran	C14	25	1,06
	5	42x1,5 mm	40	Podno Kuća	C15	25	2,19
	6	42x1,5 mm	45	Izmjenjivač UB	C16	30	2,08
	7	64x2,0 mm	45	Izmjenjivač VB	C17	40	8,93
	8	42x1,5 mm		Rezerva	/		

Protoci za svaki potrošač određeni su u pojedinom potpoglavlju gdje je njihov postupak proračuna i objašnjen.

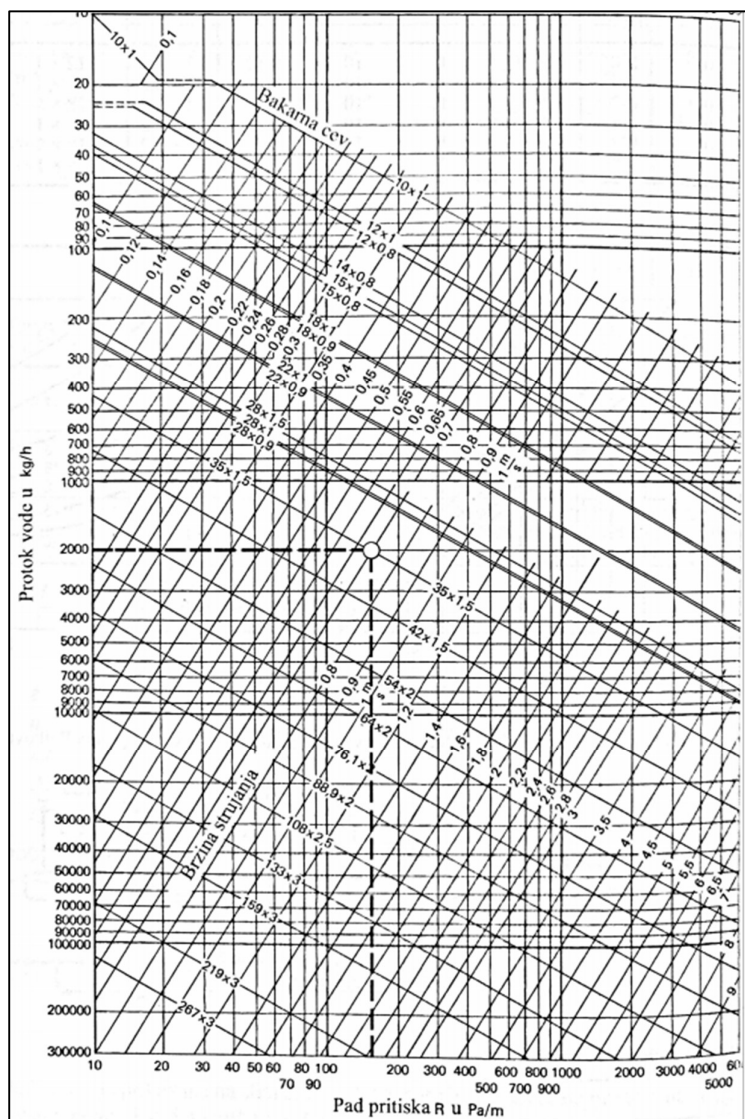
8.2. Dimenzioniranje cjevovoda

Cilj dimenzioniranja cjevovoda je optimalni odnos cijene cjevovoda i ugodnosti u prostoru. Laganim predimenzioniranjem cjevovoda postizemo manji pad tlaka u cijevi što omogućava instalaciju manje (i jeftinije) cirkulacijske pumpe. Što je još bitnije, kad se radi o kući za odmor, takvim se načinom dimenzioniranja postiže niža razina buke u cijevima pa je s time i boravak u kući ugodniji.

Dimenzija cijevi odabire se na temelju tablice (ili grafa) koja prikazuje usporedbu protoka kroz cijev određenih dimenzija i pada tlaka po jedinici dužine. Za optimalan odnos cijene i ugodnosti odabire se pad tlaka od 50 Pa/m do 150 Pa/m.

Tablica 8.2. Tablica pada tlaka u toplovodnim okruglim cijevima [7]

Srednje teške navojne cevi DIN EN 10255:2004-11										
NV"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"
NV mm (mm")	10 12,5	15 16,0	20 21,6	25 27,2	32 35,9	40 41,8	50 53,0	54 68,8	80 80,8	100 105,3
Pad R Pa/m	w = brzina u m/s m = protok vode u kg/h									
1				0,034 70	0,043 151	0,048 229	0,057 438	0,069 892	0,077 1380	0,093 2822
5		0,058 41	0,073 94	0,087 177	0,11 378	0,12 571	0,14 1085	0,17 2191	0,19 3373	0,22 6853
10	0,072 31	0,087 61	0,11 140	0,13 262	0,16 556	0,17 839	0,21 1590	0,25 3202	0,27 4922	0,33 9974
15	0,091 39	0,11 77	0,14 176	0,16 329	0,20 696	0,22 1049	0,26 1985	0,31 3990	0,34 6128	0,41 12393
20	0,11 46	0,13 91	0,16 206	0,19 386	0,23 815	0,26 1228	0,30 2321	0,36 4660	0,40 7152	0,47 14456
25	0,12 52	0,15 103	0,18 234	0,21 436	0,26 921	0,29 1387	0,34 2619	0,40 5253	0,45 8059	0,53 16276
30	0,14 58	0,16 114	0,20 258	0,24 482	0,29 1018	0,32 1531	0,37 2889	0,45 5792	0,50 8881	0,59 17926
35	0,15 63	0,18 125	0,22 281	0,26 525	0,31 1107	0,35 1664	0,41 3138	0,48 6288	0,54 9639	0,64 19447
40	0,16 68	0,19 134	0,24 303	0,28 564	0,34 1190	0,37 1788	0,44 3371	0,52 6752	0,58 10347	0,68 20866
45	0,17 73	0,20 143	0,25 323	0,30 602	0,36 1268	0,40 1905	0,47 3590	0,55 7188	0,61 11012	0,73 22200
50	0,18 78	0,22 152	0,27 342	0,31 637	0,38 1342	0,42 2016	0,49 3798	0,58 7601	0,65 11642	0,77 23463
60	0,20 86	0,24 168	0,29 378	0,35 703	0,42 1480	0,46 2223	0,54 4185	0,64 8370	0,71 12817	0,85 25816
70	0,22 93	0,26 183	0,32 411	0,38 764	0,45 1608	0,50 2414	0,59 4542	0,70 9079	0,77 13899	0,92 27983
80	0,23 101	0,28 197	0,34 442	0,40 822	0,49 1727	0,54 2591	0,63 4875	0,75 9741	0,83 14907	0,98 30003
90	0,25 107	0,30 210	0,37 471	0,43 875	0,52 1839	0,57 2759	0,67 5188	0,80 10362	0,88 15856	1,05 31901
100	0,27 114	0,32 222	0,39 499	0,46 926	0,55 1945	0,61 2917	0,71 5484	0,84 10951	0,93 16753	1,11 33698
150	0,33 142	0,39 277	0,48 620	0,57 1150	0,68 2411	0,75 3614	0,88 6786	1,04 13535	1,15 20693	1,36 41581
200	0,39 166	0,46 323	0,56 723	0,66 1340	0,79 2806	0,88 4204	1,02 7887	1,21 15719	1,34 24021	1,58 48238



Slika 8.1. Graf pada tlaka u toplovodnim okruglim cijevima [7]

Temeljem protoka i odabranog područja pada tlaka, određene su dimenzije svih cijevi u razvodu grijanja i hlađenja objekta.

Tablica 8.3. Protoci na razdjelniku hlađenja u strojarnici

Kolektori	br.	Cu Ø	Temp.	Opis	Oznaka	DN PUMPE	Protok
[-]	[-]	[-]	[°C]	[-]	[-]	[-]	[m³/h]
R2	1	35x1,5 mm	9	Ventilokonvektori	C21	25	1,01
	2	35x1,5 mm	16	Podno Suteran	C22	25	0,93
	3	42x1,5 mm	16	Podno Kuća	C23	30	3,20
	4	42x1,5 mm	9	KK Hladnjak	C24	25	2,05
	5	42x1,5 mm		Rezerva	/		

8.3. Dimenzioniranje razdjelnika

Osim dimenzioniranja razvoda cjevovoda grijanja i hlađenja, potrebno je odrediti dimenzije razdjelnika i sabirnika kako bi se olakšala montaža, rukovanje i servis opreme na razdjelniku.

Za dimenzioniranje razdjelnika potrebne su dimenzije izvoda, tj. krugova razdjelnika koje smo odabrali na temelju protoka kroz njih. Na tablici 8.4. prikazani su dobiveni rezultati izračuna dimenzija razdjelnika.

Tablica 8.4. Prikaz rezultata određivanja razmaka provrta na razdjelniku hlađenja

	DN	Širina L [mm]	Širina D [mm]	Ukupna širina [mm]	Tip	x [mm]
K1	25	70	110	180	VK	70
K2	25	70	110	180	Podno S	350
K3	40	100	170	270	Podno Kuća	660
K4	32	90	110	200	KK	1020
K5	40	100	170	270	Prazno	1330
GL	50					

Pri određivanju dimenzija razdjelnika uzimaju se u obzir veličine pumpi, prirubnica i glavne dovodne cijevi. Treba osigurati dovoljno mjesta za provući ruku između dviju pumpi (oko 10 cm). Na temelju srednjih dimenzija pumpi za pripadajuće dimenzije cijevi, određene su udaljenosti između provrta za cijevi krugova na razdjelniku (x [mm]). Na kraju, bitna dimenzija je promjer samog (okruglog) razdjelnika, koja je dva puta veća od najveće cijevi kruga na razdjelniku (glavne dovodne cijevi).

Tablica 8.5. Dimenzije razdjelnika hlađenja

Duljina	1500	mm
Promjer	100	mm
Razmak	100	mm

Tablica 8.6. Prikaz rezultata određivanja razmaka provrta na razdjelniku grijanja

	DN	Širina L [mm]	Širina D [mm]	Ukupna širina [mm]	Tip	x [mm]
K1	32	100	170	270	PTV	100
K2	20	50	110	160	KK	420
K3	25	50	110	160	VK	680
K4	25	70	110	180	Podno S	960
K5	32	90	110	200	Podno Kuća	1260
K6	25	70	110	180	UB	1540
K7	50	130	160	290	VB	1880
K8	40	100	170	270	Rezerva	2240
GL	80					

Tablica 8.7. Dimenzije razdjelnika grijanja

Duljina	2410	mm
Širina	160	mm
Razmak	100	mm

9. BALANSIRANJE SUSTAVA I ODABIR CIRKULACIJSKIH PUMPI

Balansiranje sustava je posao koji zahtjeva određeni broj iteracija u svrhu dobivanja što nižeg maksimalnog pada tlaka sustava, te manje potrošnje energije. Sustav grijanja s više paralelno spojenih potrošača znači potrebu za uravnoteženjem sustava. Voda slijedi put manjeg otpora, pa ako imamo dva paralelno spojena potrošača, od kojih jedan ima manji otpor pri odabranom protoku, kroz njega će kolati veća količina vode od projektirane dok se otpori ne izjednače. Otpori će se izjednačiti zato jer je otpor u cijevi ili u potrošaču uvijek proporcionalan kvadratu protoka kroz isti, pa će sve većim protokom kroz potrošač manjeg otpora, otpor postepeno rasti. Rezultat takvog (nebalansiranog) sustava je povećani protok medija kroz izmjenjivač manjeg otpora, što u tehnici grijanja znači veći učin grijanja nego što je potreban, te narušena ugodnost u prostoru.

9.1. Odabir troputnih motornih regulacijskih ventila

Svakim se serijskim dodavanjem elemenata (troputnih ventila, balansirajućih ventila, itd.) uvećava potrebni tlak strujanja medija, što znači i potreba za jačom cirkulacijskom pumpom promatranog kruga. U ovom sustavu nastojalo se koristiti regulacijske elemente tako da se korisniku kuće daje dovoljna kontrola, a da to pretjerano ne narušava uobičajene parametre rada takvog sustava (veliki pad tlaka, potrošnja energije, te zahtjevnost upravljanja sustavom). Pri odabiru troputnih motornih regulacijskih ventila potrebno je obratiti pozornost na više stvari.

Prva stavka na koju je potrebno obratiti pozornost je autoritet ventila, koji je pokazatelj utjecaja njegova upravljanja na regulacijski krug. Autoritet ventila definiran je kao odnos pada tlaka kroz otvoreni ventil i ukupnog pada tlaka u reguliranom krugu uključujući regulacijski ventil.

$$\beta = \frac{\Delta p_V}{\Delta p_{UK}} = \frac{\Delta p_V}{\Delta p_V + \Delta p_{KPP}} \quad (9.1)$$

Gdje je:

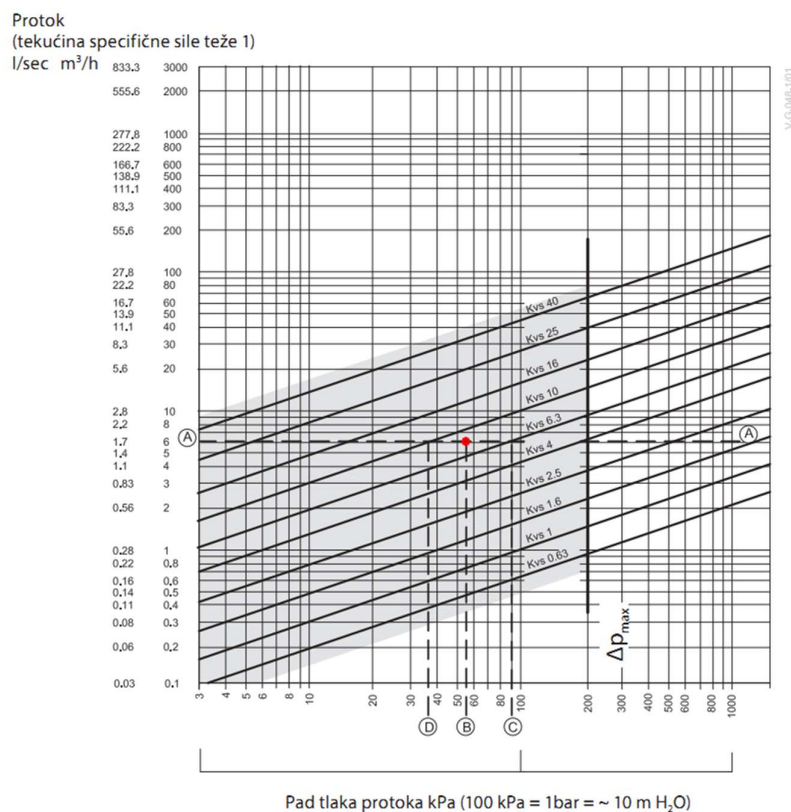
Δp_V – pad tlaka kroz potpuno otvoreni ventil [Pa]

Δp_{UK} – ukupni pad tlaka u promatranom djelu cijevnog razvoda [Pa]

Δp_{KPP} – pad tlaka za krug promjenjivog protoka [Pa].

Iz izvoda je vidljivo da vrijednost autoriteta ventila varira od 0-1. Kada je vrijednost autoriteta približno nula, na ventilu će pad tlaka biti jako mali, dok će u suprotnom glavina pada tlaka regulacijskog kruga otpadati na troputni ventil. Zaključak je da u svrhu bolje regulacije sustava i autoritet ventila mora biti veći, no to će na kraju rezultirati većim troškovima električne energije za pogon pumpi zbog većeg pada tlaka. Optimalna vrijednost autoriteta ventila leži u području između 0,35 i 0,75.

Iz gore navedenog, za početak je potrebno odrediti pad tlaka u krugu promjenjivog protoka kako bismo mogli preko formule 9.1. odrediti pad tlaka na otvorenom ventilu. Prema tipu regulacije, odabrana je regulacija miješanjem gdje je ciljani autoritet ventila 0,5. Odnosno, pad tlaka za zadani protok bit će isti kao i pad tlaka u krugu promjenjivog protoka. Sada se dimenzija ventila može odabrati preko grafa koji uspoređuje padove tlaka za zadani protok za ponuđene dimenzije ventila.



Slika 9.1. Graf za odabir troputnog ventila [15]

U primjeru na slici, za protok od 6 m³/h i uz pad tlaka u krugu promjenjivog protoka od 55 kPa, autoritet ventila bio bi 0,5 samo u slučaju da se ugradi ventil s padom tlaka od 55 kPa. Budući

da kosi pravci koji označavaju k_{vs} – vrijednost dostupnih ventila ne sijeku dobivenu točku na grafu, idealna veličina ventila ne postoji.

Za odabir dostupnih ventila, iz dobivene početne točke povlači se linija konstantnog protoka do sjecišta kosih pravaca sa dimenzijom ventila. Tim točkama pridruženi su padovi tlaka za pojedinu dimenziju ventila koje se uvrštava u izraz za proračun autoriteta ventila kako bi usporedili vrijednosti. Odabirom pravca k_{vs} -a bližeg početnoj točki u grafu, autoritet pripadajućeg regulacijskog ventila uglavnom ispada povoljniji.

Do odabira odgovarajućeg k_{vs} -a ventila moguće je doći i računski korištenjem formule za izračun idealne vrijednosti k_{vs} -a.

$$k_{vs} = \dot{V} \sqrt{\frac{10^5}{\Delta p_V}} \quad (9.2)$$

gdje je:

$\dot{V}$ – volumni protok kroz potpuno otvoreni ventil [m^3/h]

Δp_V – pad tlaka kroz potpuno otvoreni ventil [Pa].

Nakon što se odredi proračunska vrijednost k_{vs} -a, odabiru se prva gornja i prva donja vrijednost dostupnih k_{vs} -a (dimenzija) ventila te se za njih odrede autoriteti, nakon čega slijedi odabir.

Tablica 9.1. Određivanje autoriteta ventila na razdjelniku grijanja

DN	Krug	Protok	Δp_{kpp}	k_{vs}	veći	Δp	β	manji	Δp	β
[-]	[-]	[m^3/h]	[kPa]	[m^3/h]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
40	PTV	2,24	20	5,06	6,30	12,64	0,39	4,00	31,36	0,62
20	KK Grijač	1,05	20	2,37	2,50	17,64	0,47	1,60	43,07	0,69
25	FC	0,78	20	1,76	2,50	9,73	0,33	1,60	23,77	0,55
25	Podno Suteran	1,06	20	2,39	2,50	17,98	0,48	1,60	43,89	0,69
32	Podno Kuća	2,19	20	4,95	6,30	12,08	0,38	4,00	29,98	0,60
25	Izmjenjivač UB	1,14	20	2,57	4,00	8,12	0,29	2,50	20,79	0,51
50	Izmjenjivač VB	8,93	20	20,17	25,00	12,76	0,39	16,00	31,15	0,61
40	Prazno									

Tablica 9.2. Odabir dimenzije ventila i pripadajući pad tlaka na ventilu

DN	Krug	Odabir kvs	Odabir DN	Δp ventila
[-]	[-]	[-]	[-]	[kPa]
40	PTV	6,30	20,00	12,64
20	KK Grijač	2,50	15,00	17,64
25	FC	1,60	15,00	23,77
25	Podno Suteran	2,50	15,00	17,98
32	Podno Kuća	6,30	20,00	12,08
25	Izmjenjivač UB	2,50	15,00	20,79
50	Izmjenjivač VB	25,00	40,00	12,76
40	Prazno			

U ovom slučaju je pad tlaka na krugu promjenjivog protoka (Δp_{kpp}) bio zbroj dužinskog pada tlaka u cijevima s razdjelnika, sabirnika i inercijskog spremnika.

Isti postupak koristio se za ostale troputne ventile čiji se padovi tlaka nalaze u prilogima.

9.2. Određivanje pada tlaka bez balansiranja za pojedinu granu

Kao i u poglavlju ventilacije, za početak je potrebno odrediti padove tlaka u pojedinim dionicama cjevovoda te odrediti najveći pad tlaka koji se javlja zbog protoka i konstrukcije cijevi u svakom krugu. Izrazi koji se pritom koriste navedeni su u nastavku:

Određivanje linijskog otpora dionice:

$$R = \frac{\lambda \cdot \rho_w \cdot w^2}{2 \cdot d_u} \text{ [Pa/m]} \quad (9.3)$$

gdje je:

λ – koeficijent trenja (0,02-0,04)

ρ_w – gustoća ogrjevnice vode [kg/m³]

w – brzina vode u cijevi [m/s]

d_u – unutarnji promjer cijevi [m].

Određivanje lokalnih otpora dionice:

$$Z = \zeta \frac{\rho_w \cdot w^2}{2} \text{ [Pa]} \quad (9.4)$$

gdje je:

ζ – koeficijent lokalnih otpora [7], [16].

Rezultati proračuna linijskih otpora nalaze se u prilogu, a tablici 9.3. prikazani su rezultati proračuna pada tlaka za krug ventilokonvektora.

Tablica 9.3. Unos podataka za izračun koeficijenata lokalnih otpora za svaku dionicu

br. dionice	DN/Ø	Protok	Zapor. ventili	ksi Z vent. ζ	Nepov. ventili	ksi N vent. ζ	Koljena i T kom.	ksi koljena i T kom. ζ	ζ
[-]	[-]	[m ³ /h]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
1	35 mm	0,79	4	6	1	4	8	1,5	40
2	18 mm	0,22	2	2	0	0	4	3,5	18
3	28 mm	0,57	0	5	0	0	12	2	24
4	22 mm	0,19	2	2	0	0	4	1,75	11
5	28 mm	0,38	0	5	0	0	2	1,5	3
6	22 mm	0,19	2	2	0	0	4	1,75	11
7	22 mm	0,19	0	5	0	0	2	1,5	3
8	22 mm	0,19	2	2	0	0	4	1,75	11
9	80	17,30	4	4,5	1	6	8	1	32

Tablica 9.4. Unos osnovnih podataka za proračun

Dionica	Krug	Srednja temp. ogrij. medija t, [°C]	Protok ogrjevnog medija Q, [m³/h]	Koef. lok. ζ	Duljina dionice, [m]	Materijal cijevi	Nazivni otvor, DN
1	VK	40	0,79	40	52	Bakar	35 mm
2	VK	40	0,22	18	3,8	Bakar	18 mm
3	VK	40	0,57	24	46,6	Bakar	28 mm
4	VK	40	0,19	11	7	Bakar	22 mm
5	VK	40	0,38	3	9,8	Bakar	28 mm
6	VK	40	0,19	11	7	Bakar	22 mm
7	VK	40	0,19	3	8,2	Bakar	22 mm
8	VK	40	0,19	11	7	Bakar	22 mm
9	Inercijski spremnik	40	17,30	32	8	Čelik	NO 80

Tablica 9.5. Rezultati za određivanje ukupnog pada tlaka u pojedinoj dionici

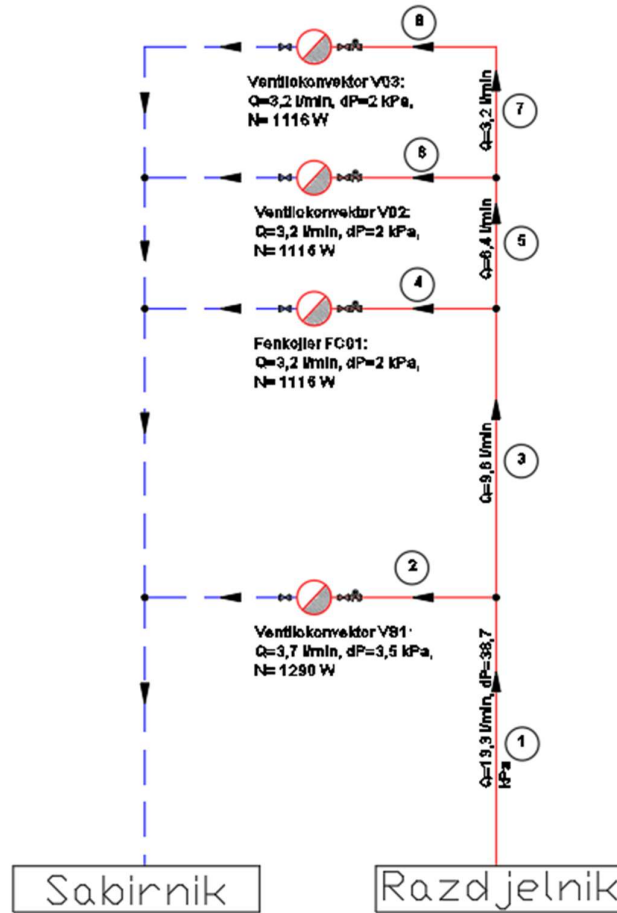
Dionica	φ	Protok	DN	w	r	l	R=r x l
1	4,592972	0,79	35 mm	0,27	33,75	52	1,755134
2	1,279056	0,22	18 mm	0,30	98,55	3,8	0,374482
3	3,313917	0,57	28 mm	0,32	61,68	46,6	2,874103
4	1,104639	0,19	22 mm	0,17	29,56	7	0,20692
5	2,209278	0,38	28 mm	0,22	30,67	9,8	0,300598
6	1,104639	0,19	22 mm	0,17	29,56	7	0,20692
7	1,104639	0,19	22 mm	0,17	29,56	8,2	0,242392
8	1,104639	0,19	22 mm	0,17	29,56	7	0,20692
9	100,5803	17,30	NO 80	0,90	96,82	8	0,774547

Tablica 9.6. Određivanje ukupnog pada tlaka u dionicama

ζ	Z	R+Z	Δp _{ost}	Δp _{bal}	Δp _{uk}
40	1,48	3,23	4	19,14	26,37
18	0,82	1,20	3,5	5,36	10,06
24	1,24	4,11			4,11
11	0,17	0,37	2	4,8	7,17
3	0,07	0,37			0,37
11	0,17	0,37	2	4,17	6,54
3	0,05	0,29			0,29
11	0,17	0,37	2	3,66	6,03
32	12,83	13,60	2		15,60

Nakon što je određen pad tlaka za svaku dionicu, potrebno je detektirati koji put(kombinacija dionica) ogrjevnog medija ima najveći pad tlaka. Na taj način je detektiran pad tlaka kojeg je potrebno postići u svim ostalim putevima medija koristeći se balansirajućim ventilima.

Na slici 9.2, prikazana je shema kruga razdjelnika grijanja od koje se snabdijevaju četiri ventilokonvektora.



Slika 9.2. Shematski prikaz spajanja cjevovoda za napajanje ventilokonvektora

Na slici 9.2 prikazan je razvod kruga grijanja preko ventilokonvektora. Na razvodu su označene i dionice polaza tople vode do potrošača, a povrat iz potrošača ima isti redni broj dionice jer se radi o istim protocima samo niže temperature. Dionicu 8 nije trebalo dodavati ali zbog lakšeg snalaženja i dosljednosti logike upisivanja u tablicu ipak je dodana na cjevovod. Logičkim zaključivanjem, najveći pad tlaka bi se trebao javiti na cjevovodu do najdaljeg ventilokonvektora, no to treba dokazati proračunom.

Tablica 9.7. Pad tlaka cjevovoda za svaki ventilokonvektor u krugu

dionice	Δp [kPa]
1,2	9,75
1,3,4	10,31
1,3,5,6	10,94
1,3,5,7,8	11,45

Nakon detektiranja najvećeg pada tlaka za cjevovod pojedinog ventilokonvektora, pristupamo određivanju balansirajućih ventila koji će izjednačiti pad tlaka u svakoj grani pojedinog kruga.

9.3. Odabir balansirajućih ventila pojedinoj grani cijevnog razvoda

U nekim krugovima, kao što su krug PTV-a, krug grijača KK, krug izmjenjivača topline za bazen, itd. balansiranje nije potrebno jer se radi o jednom potrošaču, te protok kroz njega ovisi samo o karakteristikama pumpe i cjevovoda. Zbog toga odabir balansirajućih ventila biti će potreban samo za krugove koji se granaju, tj. koje imaju više potrošača, kao što su krug ventilokonvektora, i podnog grijanja.

Kada je određen najveći pad tlaka za cjevovod do pojedinog potrošača (u ovom slučaju ventilokonvektora), potrebno je pronaći odgovarajući model balansirajućeg ventila koji svojim dimenzijama odgovara protoku i potrebnom padu tlaka za dan slučaj. Odabir odgovarajućeg balansirajućeg ventila obaviti će se u softveru tvrtke IMI Hydronic.

U softveru se odabire vrsta balansirajućeg ventila koji je potreban, protok kroz ventil i potreban pad tlaka na ventilu. Za skup dionica s najvišim padom tlaka u krugu ventilokonvektora upisuju se vrsta ventila i protok vode kroz njega, nakon čega softver daje najmanji pad tlaka na balansirajućem ventilu, tj. pad tlaka kad je ručka ventila na poziciji 10 (100% otvorenosti). Sada se taj minimalni pad tlaka na ventilu pribraja ukupnom izračunatom padu tlaka za skup dionica odabranog ventilokonvektora. Dobivamo ukupni pad tlaka za dio cjevovoda pojedinog potrošača koji treba postići u svakom skupu dionica istog kruga (u ovom slučaju, kruga ventilokonvektora). Za postizanje navedenog pada tlaka potrebno je znati padove tlaka svih skupova dionica (tablica 9.8) promatranog kruga, te ih oduzeti od već izračunatog najvećeg

pada tlaka. Dobivamo razliku u tlaku koju treba nadomjestiti balansirajućim ventilom tako da za svaki ventil posebno upisujemo protok vode i pad tlaka koji nam je potreban.

Tablica 9.8. Pad tlaka za svaki skup dionica nakon ugradnje odabiranih balansirajućih ventila

dionice	Postojeći pad tlaka bez balansirajućeg ventila [kPa]	potreban pad tlaka na ventilu [kPa]	Model ventila	Prednamještanje ventila/okretaji	Pad tlaka nakon ugradnje balansirajućeg ventila [kPa]
1,2	9,75	5,36	TBV-CM 15NF	9,25	15,11
1,3,4	10,31	4,8	TBV-CM 15NF	8,75	15,11
1,3,5,6	10,94	4,17	TBV-CM 15NF	9,5	15,11
1,3,5,7,8	11,45	3,66	TBV-CM 15NF	10	15,11

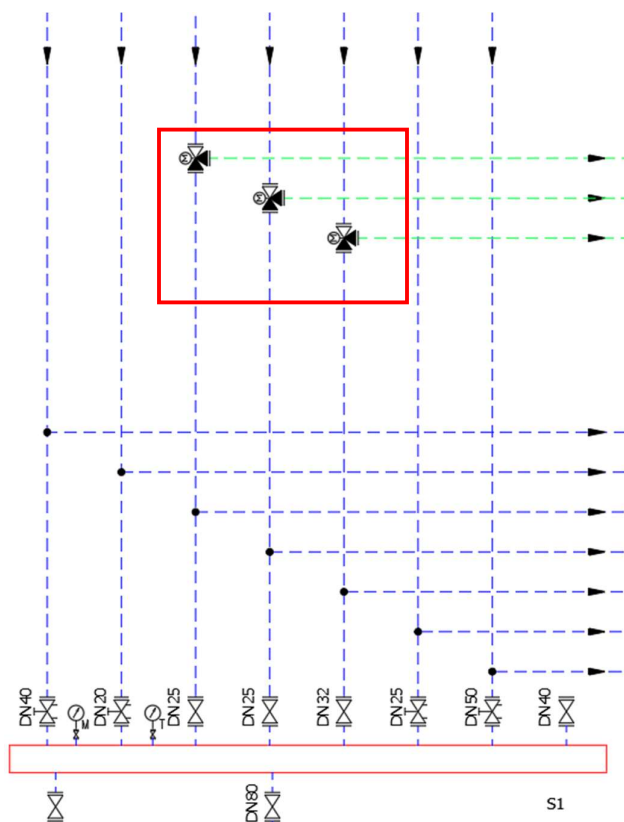
U tablici 9.8. je najmanji pad tlaka na balansirajućem ventilu pri nazivnom protoku vode jednak 3,66 kPa. Ta se vrijednost odnosi na ventil koji je u potpunosti otvoren ali je ugrađen radi potpune regulacije sustava, tj. mogućosti paljenja ili gašenja pojedinog ventilokonvektora. Ugradnjom ostalih balansirajućih ventila u cjevovod potrošača omogućeno je izjednačavanje pada tlaka ostalih skupova dionica u krugu ventilokonvektora. U zadnjem stupcu nalazi se ukupni pad tlaka za svaki skup dionica, s obzirom da je za svaki skup jednak, krug ventilokonvektora je izbalansiran.

Tablice s rezultatima drugih krugova nalaze se u prilogima, a za sve je korišten isti postupak.

9.4. Proračun padova tlaka u pojedinim cirkulacijskim krugovima

Kako bi se mogle odabrati cirkulacijske pumpe za pojedine cirkulacijske krugove potrošača, potrebno je izračunati ukupni pad tlaka za svaki krug. Dosadašnji proračuni nisu uzeli sve otpore strujanju, pa će u ovom potpoglavlju ti dodatni otpori biti uzeti u obzir kako bi se proračunali ukupni padovi tlaka.

Prvi dodatni pad tlaka koji nije toliko značajan i ne javlja se u svakom krugu, već samo u krugovima ventilokonvektora i podnog grijanja, je pad tlaka na preklopnom troputnom ventilu.



Slika 9.3. Shema troputnih prekretnih ventila

Taj ventil, ovisno o kojoj se sezoni radi (grijanje ili hlađenje), usmjerava pripremljenu toplu, odnosno hladnu vodu prema ogrjevnim, odnosno rashladnim tijelima. Pošto njegova svrha nije da fino regulira miješanje protoka dvaju struja, njegov autoritet nije bitan te se veličina ventila odabire prema dimenziji cijevi na kojoj se on nalazi. U ovom slučaju potrebno je odabrati tri prekretna ventila dimenzija 2 x G1 1/4" i 1 x G1 1/2". Najveći otpor koji se na njima iznosi:

- krug ventilokonvektora G1 1/4" ($\Delta p=0,65$ kPa).
- krug podno-S G1 1/4" ($\Delta p=0,7$ kPa).
- krug podno 0-1 G1 1/2" ($\Delta p=2,5$ kPa).

Osim prekretnih ventila, u svaki cirkulacijski krug potrošača su ugrađeni truputni regulacijski ventili koji reguliraju polaznu temperaturu vode u pojedinom krugu. temperaturu polaza u pojedinu granu. Odabir tih ventila napravljen je u potpoglavlju 9.1., te su tamo određeni i padovi tlaka na njima.

Osim navedenih, u ukupne otpore strujanju potrebno je ubrojiti i otpore u spojnem cjevovodu između razdjelnika/sabirnika i inercijskih spremnika. Drugi dodatni pad tlaka je sa druge strane razdjelnika/sabirnika, tj. cjevovod koji vodi do inercijskog spremnika. Na cjevovodu se nalazi i armatura tako da za ukupni pad tlaka u krugu inercijskog spremnika je potrebno odrediti linijske i lokalne gubitke.

Svaka pumpa koja svojim radom ostvaruje cirkulaciju medija kroz svoj krug, vodu uzima iz razdjelnika, vraća je u sabirnik, te istu količinu vode cirkulira kroz inercijski spremnik pripadajućeg kruga (grijanja ili hlađenja). To je svojstvo u ovom sustavu zajedničko svakoj pumpi razdjelnika grijanja i hlađenja. Pad tlaka koji se zbog razdjelnika, sabirnika i inercijskog spremnika dodaje odgovarajućoj dionici cjevovoda, iznosi za svaki element 2 kPa. Dionici 1 će se tako pribrojiti 4 kPa (2 kPa za razdjelnik i 2 kPa za sabirnik), te dionici inercijskog spremnika će se pribrojiti 2 kPa.

Tablica 9.9. Podaci za izračun koeficijenata lokalnih otpora za krug inercijskog spremnika

br.	DN	Protok	Zaporni ventili	ksi Z vent. ζ	Nepov. ventili	ksi N vent. ζ	Koljena	ksi koljena ζ	ζ
9	80	17,30	4	4,5	1	6	8	1	32

Tablica 9.10. Podaci za određivanje ukupnog pada tlaka u krugu inercijskog spremnika

Dionica	Φ [kW]	Protok [m ³ /h]	DN	w [m/s]	r [Pa/m]	l [m]
9	100,58	17,30	NO 80	0,90	96,82	8

Tablica 9.11. Rezultati određivanja ukupnog pada tlaka u krugu inercijskog spremnika

$R=r \times l$ [kPa]	ζ	Z [kPa]	R+Z [kPa]	Δp_{ost} [kPa]	Δp_{uk} [kPa]
0,774547	32	12,83	13,60	2	15,60

Tablice izračuna ukupnih padova tlaka za grane grijanja i hlađenja nalaze se u prilogima. A krajnji rezultati su prikazani u sljedećoj tablici.

Tablica 9.12. Rezultati ukupnih padova tlaka za pojedine cirkulacijske krugove grijanja

PTV	KK GR	FC	PODNO S	PODNO 01	UB	VB
Δp [kPa]	Δp [kPa]	Δp [kPa]	Δp [kPa]	Δp [kPa]	Δp [kPa]	Δp [kPa]
26,07	42,45	37,66	46,43	52,71	34,46	54,01
15,60	15,60	37,66	46,43	52,71	15,60	15,60
		37,66	15,60	52,71		
		37,66		52,71		
		15,60		52,71		
				15,60		
41,64	58,06	53,26	62,03	68,32	50,07	69,61

9.5. Odabir cirkulacijskih pumpi pojedinih krugova grijanja

Za odabir pumpi potrebni su podaci o padu tlaka koji pumpa mora savladati, i protoka.

Tablica 9.13. Odabir pumpi za cirkulacijske krugove sustava grijanja

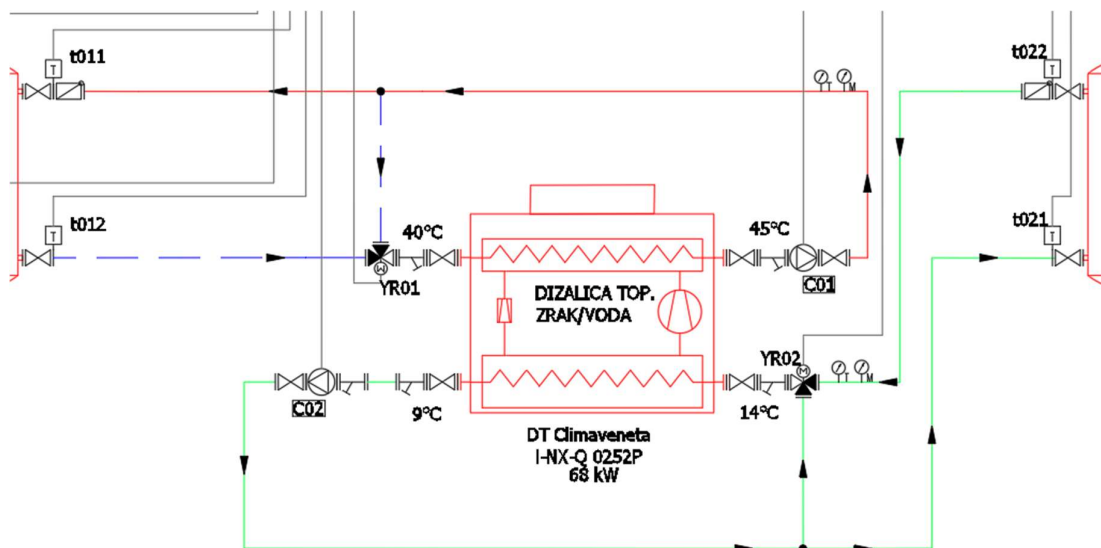
DN	Temp.	Opis	Oznaka	Protok	Pad tlaka	Model	Snaga
[-]	[°C]	[-]	[-]	[m³/h]	[kPa]	[-]	[W]
32	45	PTV	C11	2,24	41,64	Stratos MAXO 25/0,5-6 PN 16	60
20	45	KK Grijač	C12	1,05	58,06	Stratos PICO 25/0,5-8	50
25	40	Ventilokonvektori	C13	0,79	53,26	Stratos PICO 15/0,5-6	30
25	40	Podno Suteran	C14	1,06	62,03	Stratos PICO 25/0,5-8	50
32	40	Podno Kuća	C15	2,19	68,32	Stratos MAXO 25/0,5-8 PN 16	90
25	45	Izmjenjivač UB	C16	2,08	50,07	Stratos MAXO 30/0,5-8	70
50	45	Izmjenjivač VB	C17	8,93	69,61	Stratos MAXO 40/0,5-8	200
40		Prazno	/				

9.6. Odabir troputnih ventila i cirkulacijskih pumpi u krugu dizalice topline

Za potrebe cirkulacije medija iz dizalice topline do inercijskog spremnika koristi se jedna cirkulacijska pumpa za svaki krug. U svakom krugu se prije inercijskog spremnika nalaze i po jedan troputni regulacijski mješajući ventil koji ima svrhu održavati stalnu razliku temperature između polaza i povrata u izmjenjivač dizalice topline.

Na temelju proračuna koji su provedeni kao u potpoglavlju 9.1 odabrani su troputni regulacijski ventili DN32 za krug hlađenja, te DN 50 za krug grijanja.

Pumpe su odabrane prema protoku vode i padu tlaka u cjevovodu računatom kao u potpoglavlju 9.4, te su odabrane pumpe Stratos MAXO 40/0,5-8 PN 16 za krug hlađenja, te Stratos MAXO 50/0,5-6 PN6/10 za krug grijanja.



Slika 9.4. Shematski prikaz dijela cjevovoda uz dizalicu topline

10. DIMENZIONIRANJE I ODABIR EKSPANZIJSKE POSUDE

Pravilno dimenzioniranje ekspanzijskih posuda u sustavu grijanja od velikog je značaja. Promjenom temperature volumen vode se povećava što može uzrokovati porast tlaka u zatvorenom sustavu centralnog grijanja. Ekspanzijska posuda ima mogućnost da to širenje volumena vode preuzme u posudu. U posudi se nalazi membrana koja je s druge strane napunjena dušikom. Kako se volumen vode širi, voda ulazi u posudu te pritiskom na membranu smanjuje volumen dušika tj. komprimira ga. Kada se voda ohladi, volumen joj se smanjuje te se dušik u posudi dekomprimira i zauzima prostor kojeg je zauzimala voda.

10.1. Proračun volumena ekspanzijskih posuda prema DIN 4807

U sustavu su postavljene dvije ekspanzijske posude kojima je proraču volumena napravljen prema DIN 4807.

Volumen ekspanzijske posude računa se prema izrazu (10.1.):

$$V_n = (V_e + V_v) \frac{p_e + 1}{p_e - p_0} \quad (10.1)$$

dje je:

V_n – nazivna zapremnina ekspanzijske posude [l]

V_e – zapremnina širenja vode [l]

V_v – zapremnina hladne vode u ekspan.posudi za radni tlak sustava(najmanje 0,5% ukupne zapremnine V_A) [l]

p_e – krajnji pritisak sustava [bar]

p_0 – pretpritisak [bar].

Povećanje volumena vode uslijed porasta temperature iznosi:

$$V_e = \frac{V_A \cdot n}{100} \quad (10.2)$$

gdje je:

V_A – ukupna zapremnina vode u postrojenju [l]

n – postotno širenje vode zbog zagrijavanja u odnosu na 10°C [l].

Krajnji pritisak sistema se računa sljedećim izrazom (10.3.):

$$p_e = p_{sv} - dp_A \quad (10.3)$$

gdje je:

p_{sv} – tlak otvaranja sigurnosnog ventila [bar]

dp_A – razlika radnih tlakova [bar].

Predpritisak iznosi:

$$p_0 = p_{stG} + p_D \quad (10.4)$$

gdje je:

p_{stG} – statički pritisak na priključku ekspanzijske posude [bar]

p_D – za sustave temperature vode ispod 100°C $p_D = 0$

Statički pritisak na priključku ekspanzijske posude:

$$p_{stG} = \frac{h_G}{10}; h_G > h \quad (10.5)$$

gdje je:

h_G – visinska razlika između priključnog nastavka ekspanzijske posude sa membranom pod pritiskom i najviše točke sustava centralnog grijanja [m]

h – statička visina sustava [m] .

Tablica 10.1. Ulazni podaci za proračun ekspanzijske posude

KK	V_a [l]	$Glycol$ [-]	T_{min}	$Gustoća1$	T_{max}	$Gustoća2$	$\dot{Sirenje}$ [%]
GR	1622,3	0,2	10	1016	50	1014	0,01195
HL	685,4	0,2	10	1016	20	1004	0,00197

Tablica 10.2. Rezultati proračuna volumena ekspanzijskih posuda

V_e	V_v	p_{sv}	dp_A	h_G	p_D	p_e	p_{stg}	p_0	V_n [l]
19,39	8,11	3,50	0,50	8,00	0,00	3,00	1,00	1,00	55,00
1,35	3,43	3,50	0,50	8,00	0,00	3,00	1,00	1,00	9,56

Odabrane posude su ELBI ERCE 80l i ELBI ERCE 12l.

11. TEHNIČKI OPIS SUSTAVA

Grijanje prostora izvodi se preko sustava podnog grijanja, ventilokonvektora i kupaonskih električkih grijača. Hlađenje prostora izvedeno je sustavom podnog hlađenja (kroz instalaciju podnog grijanja prolazi rashladna voda), zidnog hlađenja i ventilokonvektorima. Priprema PTV-a je riješena spremnikom od 750 l grijanim cijevnim izmjenjivačem. Regulacija temperature vrši se preko zidnih upravljača koji kontroliraju temperaturu sobe u kojoj su montirani. Kao izvor toplinske, odnosno rashladne energije, izvan objekta je smještena dizalica topline zrak-voda, proizvod kao Mitsubishi Climaveneta i-NX-Q-0252P. Dizalica topline je predviđena za vanjsku ugradnju, sa dva kondenzatora od kojih je jedan hlađen zrakom, a jedan vodom, sa visokoučinkovitim i ekološki prihvatljivim freonom R410A. Ogrjevn/rashladni medij u instalaciji je voda-glikol (20%).

11.1. Dizalica topline

Projektom je predviđeno centralno grijanje i hlađenje objekta u kojem je osnovna toplinska i rashladna energija osigurana pomoću dizalice topline zrak/voda. Sustav se sastoji od vanjske jedinice u monoblok izvedbi, tj. uz vanjsku jedinicu ne dolaze unutarnje jedinice. Na dizalici topline postoje 4 priključka cijevi, tj. 2 kruga (krug hlađenja i krug grijanja). Svaki krug je povezan sa pripadajućim inercijski spremnikom preko čeličnog cjevovoda. Cirkulacija vode u primarnom krugu između dizalice topline i inercijskog spremnika osigurana je pomoću odgovarajuće cirkulacijske pumpe koja je ugrađena u cjevovod u prostoru strojarnice. Cirkulacija vode u sekundarnom krugu omogućena je pomoću sekundarnih cirkulacijskih crpki.

11.2. Cijevna mreža sustava

Razvod od inercijskog spremnika do pripadajućeg razdjelnika i sabirnika je zbog svoje veličine (DN80 i DN50) izrađen od čeličnih cijevi. Nakon glavnih razdjelnika i sabirnika cjevovod je izveden od bakrenih cijevi prema HRN C.D5.500-1972, 501-1973. Razvod sustava grijanja i hlađenja vodi se u podu do razdjelnika podnog, zidnog sustava te se posebna grana za napajanje ventilokonvektora grana na svakome posebno. Odzračivanje mreže riješeno je ugradnjom elemenata za odzračivanje na najvišim mjestima instalacije, odnosno automatskim odzračnicima ugrađenim u uređaju i u razdjelnim ormarićima, te ugradnjom odzračnog lončića na najvišoj točki cijevnog razvoda. Sve prodore cijevi iz zidova i podova treba riješiti sa

metalnim ukrasnim rozetama zaštićenim antikorozivnom zaštitom. Toplinski cjevovodi izoliraju se izolacijom proizvod kao Armaflex XG, debljine 13 mm ili 19 mm.

11.3. Podno grijanje

Predviđeno podno grijanje s polaznim vodom temperature max. 40 °C i povratom 35 °C, projektirano je da zadovolji toplinske potrebe za grijanjem prostora i za održavanje ugodne temperature poda od maksimalno 29 °C. Podno grijanje se izvodi iz Uponor Comfort Pipe PLUS 16x2,0 PE-Xa cijev s EVOH. Cijevi su otporne na difuziju kisika prema DIN 4726 i DIN 4729. Osnovni razvod cjevovoda podnog grijanja do razdjelnika izveden je iz bakra obloženog izolacijom kao armaflex tip XG debljine $d = 19$ mm. Cijevi krugova podnog grijanja polažu se na izravnatu podlogu prema nacrtu u nacrtnoj dokumentaciji. Uz sve zidove prostorije kao i između pojedinih krugova ugrađuju se rubne izolacijske trake izrađene od ekspaniranog polietilena. Prvo zagrijavanje se vrši polaznom temperaturom vode od 25 °C, koja se mora održavati naredna tri dana, a nakon toga se polazna temperatura vode podešava na maksimalnu vrijednost. Instalacija podnog grijanja ima primarnu regulaciju temperature u strojarnici te lokalnu regulaciju preko ugrađenih termostata koji upravljaju termičkim glavama pojedinog kruga grijanja.

11.4. Podno i zidno hlađenje

Hlađenje se osim ventilokonvektorima izvodi i proticanjem hladne vode kroz instalaciju podnog grijanja, te preko dodatne instalacije zidnog hlađenja. Kroz instalaciju podnog grijanja koja je opisana u prethodnom potpoglavlju, u režimu hlađenja, protječe veća količina vode za koju se regulacija mijenja. Zidno hlađenje izvedeno je preko sustava instalacije uponor fix na podkonstrukciji od opeke. U vodilice pričvršćene na zid postavljaju se cijevi te se daje prva ruka žbuke na koju dolazi mrežica. Sada se na mrežicu postavlja završna žbuka. Sve ostalo je isto kao i kod podnog grijanja.

11.5. Ventilokonvektori

Za dogrijavanje (zimi) i hlađenje prostora (ljeti) predviđena je upotreba ventilokonvektora. Ventilokonvektori su predviđeni ugradbene podne i zidne izvedbe. Projektiran je dvocijevni sustav grijanja/hlađenja, odnosno zimi ventilokonvektori mogu po potrebi raditi u režimu grijanja, a ljeti u režimu hlađenja. Toplinska ili rashladna energija se s vode na prostorni zrak

prenosi preko izmjenjivača topline izrađenih iz bakrenih cijevi s aluminijskim lamelama. Uređaj radi isključivo s optočnim zrakom, a cirkulacija zraka je prisilna i osigurava se ventilatorom. Željena unutarnja temperatura prostorije bira se na sobnom termostatu i regulira se automatski. Svi električni priključci su smješteni u električnoj kutiji. Cijevni razvod između ventilokonvektora i razdjelnika/sabirnika predviđen je iz bakrene cijevi s izolacijom tip kao Armaflex XG. Cijevni razvod je dimenzioniran u ovisnosti o kapacitetu uređaja, odnosno protoku vode.

11.6. Ventilacija

Ventilacija je potrebna u djelu *wellnessa* u kojem postoji potreba za odvodnjom ishlapljene vode unutarnjeg bazena. Razvod ventilacije izveden je okruglim kanalima gdje god je to bilo moguće, a ostalo je izvedeno s pravokutnim kanalima. Na kanalima su postavljene regulacijske zaklopke gdje je bilo potrebno, a za dodatnu regulaciju koriste se zaklopke na otvorima kanala. Na glavni dovodni i odsisni kanal postavljeni su prigušivači buke tako da na prvoj rešetki buka ne dostiže 35 dB, te su postavljene požarne zaklopke na zid između požarnih zona. Cijeli sustav pogoni klima-komora Topvex TC35-R-HWH-B, kompaktna klima-komora koja dobavlja 1980 m³/h, te ima otvore za ventilacijske kanale na gornjoj strani kućišta što u strojarnici štedi prostor. Klima-komora je opremljena s pločastim izmjenjivačem topline zrak-zrak, te izmjenjivačima voda-zrak koji se ne koriste za grijanje prostora *wellnessa*, već za grijanje/hlađenje dovodnog zraka na temperaturu jednaku temperaturi zraka *wellnessa*.

11.7. Način regulacije

Dizalica topline isporučuje se s modulom koji ima mogućnost komunikacije pomoću protokola kao što su ModBus, Bacnet, Bacnet-over-IP, LonWorks. Krugovi podnog grijanja opremljeni su termopogonima za regulaciju temperature i zatvaranja protoka kod stanja mirovanja. Regulator prima signale od sobnih termostata i senzora za kontrolu termopogona te po potrebi zatvara pojedine krugove, kada su svi krugovi zatvoreni, ili svi termostati ugašeni regulator daje signal pumpi da stane. Ventilokonvektori su opremljeni balansirajućim ON/OFF ventilima, univerzalni sobni termostat upravlja radom ventilokonvektora te kod zadovoljavanja temperature ili gašenja uređaja na upravljaču, zatvara i prolazni balans ventil. Kada su svi ventilokonvektori isključeni i zatvoreni prolazni ventili pumpa ventilokonvektorskog grijanja prima signal da stane.

12. ZAKLJUČAK

Zadatak ovog diplomskog rada bio je napraviti projekt strojarskih instalacija kuće za odmor što je uključilo instalacije za grijanje i hlađenje cjelokupnog objekta, ventilaciju djela objekta, te grijanje vanjskog i unutarnjeg bazena. Proračunom se utvrdilo da zbog pripreme PTV-a i grijanja unutarnjeg bazena, cijele godine postoji potreba za ogrjevnom energijom. Kako se svake ljetne sezone javlja i potreba za hlađenjem, u isto vrijeme na istom objektu postoji potreba za grijanjem i hlađenjem. Idealna dizalica topline za ovaj slučaj bit će ona koja može odjednom hladiti i grijati pa se takva i odabrala za snabdijevati ovaj sustav.

LITERATURA

- [1] Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama, (»Narodne novine«, broj 128/15, 70/18, 73/18 i 86/18)
- [2] Rudolf Jauschowitz: Herz sustavi toplovodnog grijanja hidraulika, Herz Armaturen, Beč 2004.
- [3] Guide to HVAC Design – sa interneta, <https://www.brighthubengineering.com/hvac>
- [4] Priručnik za energetska certificiranje zgrada 1 i 2, s interneta, <https://www.enu.hr/wp-content/uploads/2016/03/Priru%C4%8Dnik-za-energetsko-certificiranje-zgrada.pdf>, 2022.
- [5] Ražnjević, K: Termodinamičke tablice, narodna tehnika hrvatske-Zagreb "Svijetlost"-Sarajevo
- [6] Pravilnik o sanitarno - tehničkim i higijenskim uvjetima bazenskih kupališta, te o zdravstvenoj ispravnosti bazenskih voda (»Narodne novine«, broj 59/2020)
- [7] Recknagel-Sprenger-Schramek-Čeperković: Grijanje i klimatizacija, Građevinska knjiga Beograd 1984.
- [8] Proklima – VDI POOL web aplikacija, s interneta, <http://apps.proklima.hr/>
- [9] Gregurić, A: Smjernice za projektiranje i izradu niskotlačnih limenih kanala za ventilaciju i klimatizaciju, Zagreb
- [10] Online alat za dimenzioniranje kanala, na internetu, <https://www.calcuct.com/circ-si>
- [11] Systemair – web aplikacija, s interneta, <https://configurator.systemair.com/>
- [12] Projektiranje podnog grijanja, na internetu, <https://hr.museconstruction.com>
- [13] Kampmann – web aplikacija, na internetu, <https://www.kampmanngroup.com/>
- [14] Katalog proizvođača Viessmann, 2022.
- [15] Katalog proizvođača Danfoss, 2022.

- [16] Labudović B., Paić Z., Vuk R.: Priručnik za grijanje, Energetika marketing, Zagreb, rujan 2005.
- [17] Algoritam za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790“, ažurirano u ožujku 2014. godine
- [18] Uponor Product Catalogue, Sigurnisni sustavi isporuke pitke vode i energetske učinkovitosti površinskog grijanja i hlađenja, 2016.
- [19] Galović A., Termodinamika 2, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2014

SAŽETAK

U ovom radu napravljen je projekt strojarskih instalacija kuće za odmor koji uključuje grijanje, hlađenje, ventilaciju, pripremu PTV-a, grijanje vanjskog i unutarnjeg bazena. Kuća se nalazi u mjestu Fabci, kraj Poreča.

Glavni izvor toplinske energije je dizalica topline zrak-voda smještena u blizini kuće, koja ima mogućnost istovremene i nezavisne proizvodnje hladne i tople vode, ovisno o potrebama sustava. Potreba za grijanjem i hlađenjem javlja se za vrijeme ljetnih mjeseci kada je osim hlađenja objekta potrebno grijanje vanjskog i unutarnjeg bazena, te priprema PTV-a.

Grijanje prostora izvedeno je preko sustava podnog grijanja, ventilokonvektora i kupaonskih električnih grijača. Hlađenje prostora izvedeno je sustavom podnog hlađenja za koje se koristi instalacija podnog grijanja, zidnog hlađenja i ventilokonvektorima. Priprema PTV-a odvija se u spremniku od 750 l grijanim cijevnim i električnim grijačem. Regulacija temperature vrši se preko zidnih upravljača koji kontroliraju temperaturu sobe u kojoj su montirani.

Ventilacija je potrebna u djelu podruma u kojem se nalazi unutarnji bazen, te u kojem postoji potreba za odvodnjom ishlapljene vode unutarnjeg bazena. Razvod ventilacije izveden je okruglim kanalima gdje god je to bilo moguće, a ostalo je izvedeno s pravokutnim kanalima.

Ključne riječi: grijanje, hlađenje, PTV, ventilacija, dizalica topline, bazen.

SUMMARY

In this thesis, the project of the mechanical installations of the holiday home was elaborated, which includes the project of heating, cooling, ventilation, preparation of domestic hot water, outdoor and indoor pool heating. The house is located in the village of Fabci, near Poreč.

The main source of thermal energy is an air-water heat pump located near the house, which has the possibility of simultaneous and independent production of cold and hot water, depending on the needs of the system. The need for heating and cooling arises during the summer months when, in addition to cooling the building, heating of the outdoor and indoor swimming pools is required, as well as the preparation of DHW.

The space is heated through a floor heating system, fan coils and bathroom electric heaters. The space is cooled by a floor cooling system, wall cooling system and fan coils. The preparation of DHW takes place in a 750 l tank heated by a pipe and electric heater. Temperature regulation is done via wall controllers that control the temperature of the room in which they are installed.

Ventilation is required in the part of the basement where the indoor pool is located, and where there is a need to drain the evaporated water from the indoor pool. The ventilation distribution was made with round ducts wherever possible, and the rest was made with rectangular ducts.

Key words: heating, cooling, DHW, ventilation, heat pump, swimming pool.

POPIS OZNAKA I KRATICA

$\Phi_{T,i}$ – transmisijski gubici topline prostorije, W

$\Phi_{V,i}$ – ventilacijski gubici topline prostorije, W

$H_{T,ie}$ – koeficijent transmisijskih toplinskih gubitaka prema okolici, W/K

$H_{T,iue}$ – koeficijent transmisijskih toplinskih gubitaka prema negrijanim prostorijama, 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

$\theta_{int,i}$ – temperatura prostorije, °C

θ_e – vanjska projektna temperatura – nacionalni dodatak, °C

$H_{V,i}$ – koeficijent ventilacijskog toplinskog gubitka, W/K

$\dot{Q}_{un}$ – unutarnje toplinsko opterećenje, W

$\dot{Q}_{vanj}$ – vanjsko toplinsko opterećenje, W

$\dot{Q}_{os}$ – toplina koju odaju osobe, W

$\dot{Q}_{ras}$ – toplina koju odaju rasvjetna tijela, W

$\dot{Q}_{SUO}$ – toplina koju odaju strojevi, uređaji i oprema, W

$\dot{Q}_{u,zid}$ – toplina dovedena iz susjednih prostorija ili podzemlja provođenjem i konvekcijom kroz unutarnji zid, strop ili pod, W

$\dot{Q}_{prol}$ – toplina koju odaju predmeti pri prolasku kroz prostoriju, W

$\dot{Q}_{ost}$ – ostali izvori topline (npr. razni procesi, biljke i sl.), W

$\dot{Q}_{v,zid}$ – toplina dovedena iz okolice provođenjem i konvekcijom kroz vanjski zid, W

$\dot{Q}_{proz_konv}$ – toplina dovedena iz okolice provođenjem i konvekcijom kroz ostakljene plohe, W

$\dot{Q}_{proz_zr}$ – toplina dovedena iz okolice zračenjem kroz ostakljene plohe, W

$\dot{Q}_{vent}$ – toplina dovedena uslijed prirodne ventilacije (npr. kroz zazore), W

Q_{Tr} – izmjenjena toplinska energija transmisijom za proračunsku zonu, kWh

Q_{Ve} – potrebna toplinska energija za ventilaciju/klimatizaciju za proračunsku zonu, kWh

$\eta_{H,gn}$ – faktor iskorištenja toplinskih dobitaka [-]

Q_{int} – unutarnji toplinski dobici zgrade (ljudi, uređaji, rasvjeta), kWh

Q_{sol} – toplinski dobici od sunčeva zračenja, kWh

$\eta_{C,ls}$ – faktor iskorištenja toplinskih gubitaka kod hlađenja [-]

Q_{Tr} – izmjenjena toplinska energija transmisijom za proračunsku zonu, kWh

Q_{Ve} – potrebna toplinska energija za ventilaciju/klimatizaciju za proračunsku zonu, kWh

V_{baz} – volume bazena, m³

F_{baz} – površina bazena, m²

F_{opl} – oplošje bazena, m²

ϑ_w – temperatura vode u bazenu, °C

ϑ_{vl} – temperatura vlažnog termometra za stanje okolnog zraka, °C

ϑ_g – korekcijska temperatura graničnog područja vode u bazenu, °C

σ – koeficijent ishlapljivanja, kg/m²h

w – brzina vjetra, m/s

W – količina ishlapljene vode, m/s

x_g – apsolutna vlažnost graničnog sloja, g/kg

x_0 – apsolutna vlažnost okolnog zraka, g/kg

Q_{σ} – odvođenje topline ishlapljivanjem, kJ/kg

r_{ϑ_g} – toplota ishlapljivanja, kJ/kg

α – koeficijent prijelaza topline, W/m²K

c_p – specifični toplinski kapacitet zraka, kJ/kgK

Q_{α} – toplota odvedena konvekcijom, W/m²K

ϑ_{zr} – temperatura zraka, °C

q_{zr} – specifična toplota odvedena zračenjem, W/m²

ε – emisijski koeficijent [-]

C_c – konstanta zračenja crnog tijela [W/m²K⁴]

T_g – korekcijska temperatura graničnog područja vode u bazenu, K

T_0 – temperatura okolnog zraka, K

ϑ_{zem} – temperatura na traženoj dubini tla, °C

ϑ_{zr} – prosječna temperatura okolnog zraka, °C

ϑ_{amp} – amplituda promjene površinske temperature tla, °C

D – dubina tla, m

a – temperaturna difuzivnost tla, cm²/s

n_{tren} – trenutni redni broj dana u godini, (-)

n_{min} – redni broj dana u godini s minimalnom površinskom temperaturom, (-)

ϑ_T – temperatura na traženoj dubini tla, °C

k – koeficijent prolaza topline, W/m²K

ϑ_{zem} – temperatura zemljišta koje okružuje bazen, °C

$\dot{m}_{svj}$ – maseni protok svježe vode dovedene u bazen, kg/s

V_{svj} – volumen dnevno dovedene svježe vode, m^3

ρ_w – gustoća vode, kg/m^3

t_R – dnevno radno vrijeme bazena, h

Φ_{dob} – iskorištena toplina apsorpcijom Sunčevog zračenja, kW

a – faktor apsorpcije, (–)

$\dot{G}$ – dozračena sunčeva energija na vodoravnu plohu, W/m^2

Z – broj dana u mjesecu, –

t_S – efektivni sati sijanja sunca dnevno, h

V_{pros} – volumen prostorije, m^3

V_{izmj} – broj izmjene volumena u jednom satu, h^{-1}

Δp – pad tlaka, Pa

ζ – koeficijet otpora, (–)

β – autoritet ventila, (–)

Δp_V – pad tlaka kroz potpuno otvoreni ventil, Pa

Δp_{UK} – ukupni pad tlaka u promatranom djelu cijevnog razvoda, Pa

Δp_{KPP} – pad tlaka za krug promjenjivog protoka, Pa

$\dot{V}$ – volumni protok kroz potpuno otvoreni ventil, m^3/h

t_s – vrijeme odgode paljenja dizalice topline, s

Q – toplina predana hlađenjem vode za $\Delta\vartheta = 5^\circ C$, J

Φ_{DT} – nazivna snaga dizalice topline, kW

m – potrebna količina vode za $\Delta\vartheta = 5^\circ C$, kg

$\dot{V}_{PTV}$ – potrošnja vode u jednom stau, $[l/h]$

$\dot{V}_{uk}$ – ukupna potrošnja PTV-a u jednom danu, l/dan

c_{pw} – toplinski kapacitet vode, kJ/kgK

Φ – toplinska energija za zagrijavanje PTV-a, kW

Φ_K – toplinska snaga grijača za zagrijavanje PTV-a, kW

V_s – volumen spremnika, l

C – kapacitet (akumulirana količina topline) spremnika, kWh

ϑ_0 – najviša srednja temperatura u spremniku, °C

ϑ_u – dozvoljena najniža temperatura u spremniku, °C

b – faktor dodatka zbog mrtvog prostora ispod grijane površine rezervara, $1,1 \div 1,2$

R – linijski otpor, Pa/m

λ – koeficijent trenja

ρ_w – gustoća ogrjevnice vode kg/m³

w – brzina vode u cijevi, m/s

d_u – unutarnji promjer cijevi, m

Φ – izmjena topline na protusmjernom izmjenjivaču, kW

k – koeficijent prolaza topline, W/m²°C

A – površina izmjene topline, m²

$\Delta\vartheta_m$ – srednja logaritamska razlika temperature, °C

$\Delta\vartheta_1$ – razlika temperatura medija s jedne strane izmjenjivača, °C

$\Delta\vartheta_2$ – razlika temperatura medija s druge strane izmjenjivača, °C

POPIS SLIKA

Slika 1.1. Raspodjela temperatura po visini prostorije za različite ogrjevnne sustave [2]	9
Slika 1.2. Koenigov dijagram [3].....	10
Slika 1.3. Jednokanalni jednozonski GVIK sustav sa stalnim volumnim protokom zraka [4] ..	11
Slika 2.1. Prikaz 3D modela predmetnog objekta.....	13
Slika 2.2. Tlocrt podruma podijeljen prema namjeni	14
Slika 2.3. Tlocrt prizemlja s namjenama prostora	15
Slika 2.4. Tlocrt kata s namjenama prostora.....	16
Slika 2.5. Prikaz mjesečne toplinske energije za grijanje, hlađenje i pripremu PTV-a	22
Slika 3.1. Tlocrt vanjskog bazena	24
Slika 3.2. Prikaz tokova energije za vanjski bazen.....	25
Slika 3.3. Prikaz temperature tla po dubini za svaki mjesec.....	32
Slika 4.1. Podjela prostora prema namjeni	43
Slika 4.2. Proklima - online proračun potrebnog dovedenog zraka za prostor s bazenom [8] ..	44
Slika 4.3. Proklima - prikaz rezultata dobivenih u online proračunu [8].....	44
Slika 4.4. GEA - proračun potrebnog dovedenog zraka prostor s bazenom.....	45
Slika 4.5. Prikaz skice razvoda ventilacijskih kanala na tlocrtu wellnessa	46
Slika 4.6. Detalj numeriranja dionica s upisanim protocima	46
Slika 4.7. Standardne veličine i debljine lima pravokutnih kanala [9]	47
Slika 5.1. Sučelje softvera LoopCAD za unašanje tlocrta objekta	64

Slika 5.2. Automatski generirana protustrujna (engl. Counterflow) petlja blagovaone	65
Slika 5.3. Automatski generirana pojedinačna (engl. Single) petlja prednjeg hodnika	65
Slika 5.4. Krug grijanja s korakom od 300 mm	66
Slika 5.5. Krug grijanja s korakom od 150 mm	66
Slika 5.6. Dijagram pada tlaka na regulacijskim ventilima na razdjelniku [12]	67
Slika 5.7. Tlocrt i karakteristika kruga podnog grijanja za kupaoonicu sobe 3	68
Slika 5.8. Dijagram pada tlaka na regulacijskim ventilima na razdjelniku [12]	71
Slika 5.9. Podni ventilokonvektor Kampmann Katherm HK [13]	75
Slika 5.10. Ugradbeni ventilokonvektor Kampmann Venkon [13]	75
Slika 6.1. Prikaz tablice s vrijednostima faktora istovremenosti u odnosu na broj stanova [7]	76
Slika 6.2. Graf faktora istovremenosti za različite zgrade	77
Slika 6.3. Tehnički nacrt spremnika [14]	81
Slika 6.4. Dimenzije spremnika [14]	82
Slika 6.5. Prikaz dimenzija izmjenjivača topline odabranog spremnika PTV-a [14]	82
Slika 6.6. Dijagrami padova tlaka s obzirom na protok ogrjevnog i sanitarnog voda [14]	83
Slika 7.1. P-h dijagram za radne parametre iz primjera u tekstu u ulomku iznad	86
Slika 7.2. Shema rada dizalice topline	86
Slika 7.3. Shematski prikaz spajanja elemenata unutar dizalice topline	90
Slika 7.4. Nacrt inercijskog spremnika Vitocell 100-E 950	93
Slika 7.5. Dimenzije inercijskog spremnika Vitocell 100-E 950	93

Slika 7.6. Nacrt inercijskog spremnika Vitocell 100-E/-W 200	94
Slika 7.7. Dimenzije inercijskog spremnika Vitocell 100-E/-W 200	94
Slika 8.1. Graf pada tlaka u toplovodnim okruglim cijevima [7]	97
Slika 9.1. Graf za odabir troputnog ventila [15]	101
Slika 9.2. Shematski prikaz spajanja cjevovoda za napajanje ventilokonvektora	106
Slika 9.3. Shema troputnih prekretnih ventila	109
Slika 9.4. Shematski prikaz dijela cjevovoda uz dizalicu topline.....	112

POPIS TABLICA

Tablica 2.1. Rezultati proračuna toplinskog opterećenja grijanja za objekt	18
Tablica 2.2. Rezultati proračuna toplinskog opterećenja hlađenja za objekt.....	20
Tablica 2.3. Mjesečna potrebna toplinska energija za grijanje i hlađenje	23
Tablica 3.1. Klimatsko meteorološki podaci za Poreč.....	25
Tablica 3.2. Parcijalni tlakovi i apsolutna vlažnost zraka.....	28
Tablica 3.3. Parcijalni tlakovi i apsolutna vlažnost graničnog sloja.....	28
Tablica 3.4. Koeficijent ishlapljivanja, ishlapljena voda i energija ishlapljivanja	28
Tablica 3.5. Gubici topline konvekcijom.....	29
Tablica 3.6. Gubici topline zračenjem	30
Tablica 3.7. Gubici topline transmisijom.....	33
Tablica 3.8. Gubitak zbog dovođenja svježje vode	34
Tablica 3.9. Dobici zbog zračenja Sunca.....	35
Tablica 3.10. Sumarni prikaz toplinskih gubitaka i dobitaka	36
Tablica 3.11. Proračun ishlapljene energija unutarnjeg bazena.....	38
Tablica 3.12. Gubici transmisijom.....	38
Tablica 3.13. Gubitak zbog dovođenja svježje vode	39
Tablica 3.14. Sumarni prikaz toplinskih gubitaka i dobitaka	40
Tablica 4.1. Minimalna potrebna količina svježeg zraka prema namjeni prostora	42
Tablica 4.2. Tablica padova tlaka po dionici ventilacijskog razvoda	49

Tablica 4.3. Određivanje pada tlaka za svaku dionicu dobavnog kanala	56
Tablica 4.4. Određivanje ukupnog pada tlaka za skupove dionica dobavnog kanala.....	57
Tablica 4.5. Određivanje padova tlaka za svaku dionicu odsisnog kanala	58
Tablica 4.6 Određivanje ukupnog pada tlaka za skupove dionica odsisnog kanala	59
Tablica 4.7. Tehničke karakteristike KK	62
Tablica 5.1. Popis krugova hlađenja i pripadajući rashladni učini	69
Tablica 5.2. Određivanje područja regulacije ventila na razdjelniku podnog grijanja	71
Tablica 5.3 Određivanje područja regulacije ventila na razdjelniku podnog i zidnog hlađenja	72
Tablica 7.1. Maksimalan potreban učin grijanja.....	88
Tablica 7.2. Maksimalni potreban učin hlađenja	88
Tablica 7.3. Potreba za toplinskom energijom za rujan i svibanj	89
Tablica 8.1. Protoci na razdjelniku grijanja u strojarnici.....	95
Tablica 8.2. Tablica pada tlaka u toplovodnim okruglim cijevima [7].....	96
Tablica 8.3. Protoci na razdjelniku hlađenja u strojarnici	98
Tablica 8.4. Prikaz rezultata određivanja razmaka provrta na razdjelniku hlađenja	98
Tablica 8.5. Dimenzije razdjelnika hlađenja.....	99
Tablica 8.6. Prikaz rezultata određivanja razmaka provrta na razdjelniku grijanja.....	99
Tablica 8.7. Dimenzije razdjelnika grijanja	99
Tablica 9.1. Određivanje autoriteta ventila na razdjelniku grijanja.....	102

Tablica 9.2. Odabir dimenzije ventila i pripadajući pad tlaka na ventilu	103
Tablica 9.3. Unos podataka za izračun koeficijenata lokalnih otpora za svaku dionicu	104
Tablica 9.4. Unos osnovnih podataka za proračun	105
Tablica 9.5. Rezultati za određivanje ukupnog pada tlaka u pojedinoj dionici	105
Tablica 9.6. Određivanje ukupnog pada tlaka u dionicama.....	105
Tablica 9.7. Pad tlaka cjevovoda za svaki ventilokonvektor u krugu.....	107
Tablica 9.8. Pad tlaka za svaki skup dionica nakon ugradnje odabiranih balansirajućih ventila	108
Tablica 9.9. Podaci za izračun koeficijenata lokalnih otpora za krug inercijskog spremnika	110
Tablica 9.10. Podaci za određivanje ukupnog pada tlaka u krugu inercijskog spremnika	110
Tablica 9.11. Rezultati određivanja ukupnog pada tlaka u krugu inercijskog spremnika	110
Tablica 10.1. Ulazni podaci za proračun ekspanzijske posude.....	115
Tablica 10.2. Rezultati proračuna volumena ekspanzijskih posuda	115

DODATAK

Tablica 1 Podno grijanje - krugovi

Kat	Prostorija	Kolektor	Krug	Duljina	Površina	Protok	Protok	Protok	Pad tlaka na razdjelnic	Pad tlaka na krugu	Polazna temp.	dt	Provjera	Instalirana Snaga	Potrebna Snaga	Razlika
[-]	[-]	[-]	[-]	[m]	[m²]	[l/m]	[l/h]	[kPa]	[kPa]	[°C]	[K]	[K]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
S	Hodnik	R01	K11	75,4	11,31	2,11	126,60	7	5,4	40	4	4	591			
S	Kušaona	R01	K12	96,7	14,505	0,82	49,20	1,5	1,2	40	11	11	631	1902	1672	
S	Kušaona	R01	K13	105,5	15,825	0,81	48,60		1,2	40	12	12	680			
S	Wellness	R02	K21	87	13,05	2,13	127,80	8,7	7,1	40	5	5	745	4740	3704	
S	Wellness	R02	K22	91	9,1	1,73	103,80		4	40	5	5	605			
S	Wellness	R02	K23	87	8,7	1,73	103,80		4	40	5	5	605			
S	Wellness	R02	K24	90	9	1,64	98,40		3,5	40	5	5	574			
S	Wellness	R02	K25	89	8,9	1,69	101,40		3,8	40	5	5	591			
S	Wellness	R02	K26	72	7,2	1,41	84,60		2,2	40	5	5	493			
S	Wellness	R02	K27	68,9	13,78	1,32	79,20	6,4	1,9	40	5	5	462			
S	Wellness	R02	K28	97,5	19,5	1,9	114,00		5,1	40	5	5	665			
S	Wellness	M2	K34	97,9	9,79	1,9	114,00		5,1	40	5	5	665			
0	Blagovaor	R03	K31	84,3	12,645	3,75	225,00	22,3	17	40	5	5	1312	4142	4339	
0	Blagovaor	R03	K32	81	12,15	2,18	130,80		4,1	40	5	5	763			
0	Blagovaor	R03	K33	63	12,6	2,84	170,40		7,8	40	5	5	994			
0	Blagovaor	R03	K34	69	10,35	3,07	184,20		9,9	40	5	5	1074			
0	Blagovaor	R03	K35	38,2	3,82	1,73	103,80	6	4,9	40	3	3	363	339	335	
0	Soba	R04	K41	27,7	8,31	0,57	34,20	0,8	0,4	40	9	9	359	543	517	
0	Soba WC	R04	K42	86,2	8,62	1,7	102,00		3,4	40	5	5	595	1949	2376	427,4283
0	Soba WC	R04	K43	82,4	8,24	1,7	102,00	7,1	3,2	40	5	5	595			
0	Soba WC	R04	K44	90,2	9,02	2,17	130,20		5,4	40	5	5	759			
1	Soba 1	R05	K51	26	2,6	2,12	127,20	3,6	1,9	40	4	4	593	598	556	
1	Soba 1 WC	R05	K52	33,7	3,37	1,45	87,00	5,4	3,2	40	3	3	304	449	513	64
1	Soba 2	R06	K61	74,1	7,41	1,82	109,20	4,5	3	40	10,5	10,5	1337	1339	1306	
1	Soba 2 WC	R06	K62	48,6	4,86	2,49	149,40	11,4	9,2	40	3	3	523	423	599	176
1	Soba 3	R07	K71	60	6	2,14	128,40	6,2	4,6	40	9	9	1348	1320	1266	
1	Soba 3 WC	R07	K72	49	4,9	2,03	121,80	4,1	2,6	40	4	4	568	519	836	317

Tablica 2 Podno grijanje - balansiranje

Duljina	Protok	Protok	Pad tlaka razdjelni k	Pad tlaka krug	dp reg. Min.	dp reg. Max.	dp R+K	dp R+K-reg. min	dp R+K-reg. max	područje regulacije	
[m]	[l/m]	[l/h]	[l/h]	[kPa]	[mBar]	[mBar]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	mjerodavni [kPa]	
75,4	2,11	126,60	1,2	4,6	11,18	152,93	1,12	15,29	5,8	9,06	11,21
96,7	0,82	49,20	1,2	7,7	1,65	23,70	0,16	2,37	8,9	9,06	11,21
105,5	0,81	48,60	1,2	7,7	1,61	23,13	0,16	2,31	8,9	9,06	11,21
87	2,13	127,80	2,4	3,2	11,39	155,80	1,14	15,58	5,6	6,74	21,18
91	1,73	103,80	2,4	3,7	7,48	103,36	0,75	10,34	6,1	6,85	16,44
87	1,73	103,80	2,4	3,2	7,48	103,36	0,75	10,34	5,6	6,35	15,94
90	1,64	98,40	2,4	3,7	6,71	93,02	0,67	9,30	6,1	6,77	15,40
89	1,69	101,40	2,4	3,5	7,13	98,70	0,71	9,87	5,9	6,61	15,77
72	1,41	84,60	2,4	4,5	4,94	69,04	0,49	6,90	6,9	7,39	13,80
68,9	1,32	79,20	2,4	4,7	4,32	60,62	0,43	6,06	7,1	7,53	13,16
97,5	1,9	114,00	2,4	4,7	9,04	124,35	0,90	12,44	7,1	8,00	19,54
97,9	1,9	114,00	2,4	4	9,04	124,35	0,90	12,44	6,4	7,30	18,84
84,3	3,75	225,00	2,5	8	35,83	475,54	3,58	47,55	10,5	14,08	58,05
81	2,18	130,80	2,5	8,6	11,94	163,10	1,19	16,31	11,1	12,29	27,41
63	2,84	170,40	2,5	7,4	20,41	274,82	2,04	27,48	9,9	11,94	37,38
69	3,07	184,20	2,5	9,3	23,89	320,45	2,39	32,05	11,8	14,19	43,85
38,2	1,73	103,80	2,5	5,1	7,48	103,36	0,75	10,34	7,6	8,35	17,94
27,7	0,57	34,20	0,8	2,2	0,79	11,56	0,08	1,16	3	3,08	4,16
86,2	1,7	102,00	0,8	0	7,22	99,85	0,72	9,99	0,8	1,52	10,79
82,4	1,7	102,00	0,8	0	7,22	99,85	0,72	9,99	0,8	1,52	10,79
90,2	2,17	130,20	0,8	5,2	11,83	161,62	1,18	16,16	6	7,18	22,16
26	2,12	127,20	0,9	2,4	11,29	154,36	1,13	15,44	3,3	4,43	18,74
33,7	1,45	87,00	0,9	11,4	5,23	72,96	0,52	7,30	12,3	12,82	19,60
74,1	1,82	109,20	1,3	9,9	8,29	114,24	0,83	11,42	11,2	12,03	22,62
48,6	2,49	149,40	1,3	4,1	15,63	212,01	1,56	21,20	5,4	6,96	26,60
60	2,14	128,40	1,3	0	11,50	157,25	1,15	15,72	1,3	2,45	17,02
49	2,03	121,80	1,3	4,5	10,34	141,70	1,03	14,17	5,8	6,83	19,97

Tablica 3 Podno i zidno hlađenje-krugovi

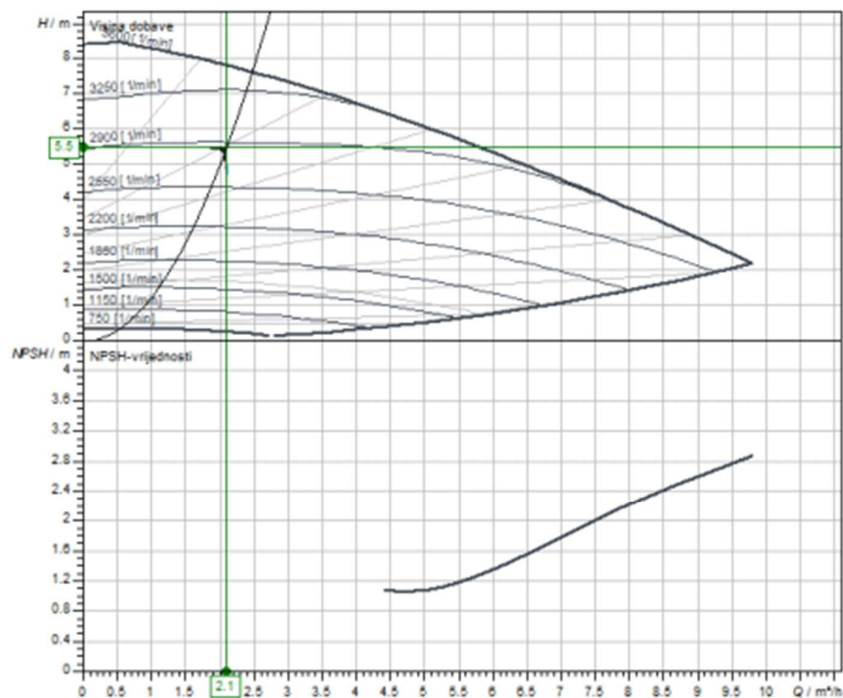
Kat	Prostorij a	Kolektor	Krug	Duljina	Površina	Protok	Protok1	Pad tlaka na razdijelni k	Pad tlaka na krugu	Polazna temp.	dt	Provjera	Instaliran a Snaga	Potrebna Snaga	Razlika
[-]	[-]	[-]	[-]	[m]	[m ²]	[l/m]	[l/h]	[kPa]	[kPa]	[°C]	[K]	[W]	[W]	[W]	[W]
S	Hodnik	M1	K11	75,4	11,31	1,58	95,00	8,45	6,5	16	2	222	693	1406	713,33
S	Kušaona	M1	K12	96,7	14,505	1,68	101,00	11,7	8	16	2	236			
S	Kušaona	M1	K13	105,5	15,825	1,68	101,00		9	16	2	236			
S	Wellness	M2	K21	87	13,05	1,70	102,00	10,66	8,2	16	2	238	1712	896	-815,85
S	Wellness	M2	K22	91	9,1	1,62	97,00		3,5	16	2	226			
S	Wellness	M2	K23	87	8,7	1,58	95,00		3,5	16	2	222			
S	Wellness	M2	K24	90	9	1,60	96,00		3,5	16	2	224			
S	Wellness	M2	K25	89	8,9	1,23	74,00	10,27	2,5	16	2	173			
S	Wellness	M2	K26	72	7,2	1,20	72,00		2,5	16	2	168			
S	Wellness	M2	K27	68,9	13,78	1,65	99,00		7,9	16	2	231			
S	Wellness	M2	K28	97,5	19,5	1,65	99,00		3,5	16	2	231			
0	Blagovaor	M3	K31	97,9	9,79	2,17	130,00	16,9	10	16	3	455	1514	5224	3710,39
0	Blagovaor	M3	K32	84,3	12,645	2,23	134,00		5	16	2	313			
0	Blagovaor	M3	K33	81	12,15	2,65	159,00		9	16	2	371			
0	Blagovaor	M3	K34	63	12,6	2,68	161,00		13	16	2	375			
0	Blagovaor	M3	K35	69	10,35	1,92	115,00	1,56	1,2	16	2	268	268	276	7,79
0	Soba	M4	K41	27,7	8,31	1,20	72,00	1,17	0,9	16	2,5	210	647	379	-268,19
0	Soba	M4	K45	80	12	1,25	75,00	2,21	1,7	16	2,5	219			
0	Soba	M4	K46	80	12	1,25	75,00	2,21	1,7	16	2,5	219			
0	Soba WC	M4	K42	86,2	8,62	2,38	143,00	6,63	5,1	16	2	334	994	2431	1437,47
0	Soba WC	M4	K43	82,4	8,24	2,25	135,00		5,1	16	2	315			
0	Soba WC	M4	K44	90,2	9,02	2,47	148,00		5,1	16	2	345			
1	Soba 1	M5	K51	26	2,6	0,87	52,00	0,78	0,6	16	2	121	616	549	-66,94
0	Soba 1	M5	K53	60	9	1,18	70,70	2,21	1,8	16	2	165			
0	Soba 1	M5	K54	60	9	1,18	70,70	2,21	1,8	16	2	165			
0	Soba 1	M5	K55	60	9	1,18	70,70	2,21	1,8	16	2	165			
1	Soba 1 WC	M5	K52	33,7	3,37	1,12	67,00	1,17	0,9	16	2	156	156	206	49,74
1	Soba 2	M6	K61	74,1	7,41	2,63	158,00	12,35	9,5	16	2	368	1651	1577	-74,21
1	Soba 2	M6	K63	100	15	1,83	110,00	1,3	10,3	16	2	257			
1	Soba 2	M6	K64	100	15	1,83	110,00	1,3	10,3	16	2	257			
1	Soba 2	M6	K65	100	15	1,83	110,00	1,3	10,3	16	2	257			
1	Soba 2	M6	K66	100	15	1,83	110,00	1,3	10,3	16	2	257			
1	Soba 2	M6	K67	100	15	1,83	110,00	1,3	10,3	16	2	257			
1	Soba 2 WC	M6	K62	48,6	4,86	1,57	94,00	4,29	3,3	16	2	219	219	219	-0,23
1	Soba 3	M7	K71	60	6	1,62	97,00	4,81	3,7	16	2	226	1742	1710	-32,17
1	Soba 3	M7	K73	104	15,6	2,17	130,00	4,81	3,7	16	2	303			
1	Soba 3	M7	K74	104	15,6	2,17	130,00	4,81	3,7	16	2	303			
1	Soba 3	M7	K75	104	15,6	2,17	130,00	4,81	3,7	16	2	303			
1	Soba 3	M7	K76	104	15,6	2,17	130,00	4,81	3,7	16	2	303			
1	Soba 3	M7	K77	104	15,6	2,17	130,00	4,81	3,7	16	2	303			
1	Soba 3 WC	M7	K72	49	4,9	1,65	99,00	4,94	3,8	16	2	231	231	177	-53,89

Tablica 4 Podno i zidno hlađenje-balansiranje

Duljina	Protok	Protok	Pad tlaka razdjelnik	Pad tlaka krug	dp reg. Min.	dp reg. Max.	dp reg. Min.	dp reg. Max.	dp R+K	dp R+K+reg. min	dp R+K+reg. max	područje regulacije	
[m]	[l/m]	[l/h]	[l/h]	[kPa]	[mBar]	[mBar]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	mjerodavni [kPa]	
75,4	1,58	95,00	1,2	3,19	6,25	86,79	0,62	8,68	4,39	5,02	13,07	6,90	13,07
96,7	1,68	101,00	1,2	4,58	7,07	97,93	0,71	9,79	5,78	6,48	15,57		
105,5	1,68	101,00	1,2	4,99	7,07	97,93	0,71	9,79	6,19	6,90	15,99		
87	1,70	102,00	1,7	4,19	7,22	99,85	0,72	9,99	5,89	6,61	15,88	10,93	8,56
91	1,62	97,00	1,7	4,00	6,52	90,43	0,65	9,04	5,70	6,35	14,74		
87	1,58	95,00	1,7	3,68	6,25	86,79	0,62	8,68	5,38	6,01	14,06		
90	1,60	96,00	1,7	3,88	6,38	88,60	0,64	8,86	5,58	6,22	14,44		
89	1,23	74,00	1,7	2,39	3,77	53,02	0,38	5,30	4,09	4,46	9,39		
72	1,20	72,00	1,7	1,84	3,56	50,23	0,36	5,02	3,54	3,89	8,56		
68,9	1,65	99,00	1,7	3,14	6,79	94,14	0,68	9,41	4,84	5,52	14,26		
97,5	1,65	99,00	1,7	4,45	6,79	94,14	0,68	9,41	6,15	6,83	15,56		
97,9	2,17	130,00	2,4	7,35	11,80	161,13	1,18	16,11	9,75	10,93	25,87	13,06	8,23
84,3	2,23	134,00	2,5	6,69	12,54	171,06	1,25	17,11	9,19	10,45	26,30		
81	2,65	159,00	2,5	8,79	17,73	239,73	1,77	23,97	11,29	13,06	35,26		
63	2,68	161,00	2,5	6,99	18,19	245,71	1,82	24,57	9,49	11,31	34,07		
69	1,92	115,00	2,5	4,14	9,20	126,52	0,92	12,65	6,64	7,56	19,29	11,62	9,14
27,7	1,20	72,00	2,5	0,71	3,56	50,23	0,36	5,02	3,21	3,56	8,23		
80	1,25	75,00	1,5	2,20	3,87	54,44	0,39	5,44	3,70	4,08	9,14		
80	1,25	75,00	1,5	2,20	3,87	54,44	0,39	5,44	3,70	4,08	9,14		
86,2	2,38	143,00	1,5	7,71	14,31	194,47	1,43	19,45	9,21	10,64	28,65	3,32	4,51
82,4	2,25	135,00	1,5	6,63	12,73	173,59	1,27	17,36	8,13	9,40	25,49		
90,2	2,47	148,00	1,5	8,59	15,34	208,11	1,53	20,81	10,09	11,62	30,90		
26	0,87	52,00	1,5	0,37	1,84	26,43	0,18	2,64	1,87	2,05	4,51		
60	1,18	70,70	1,5	1,48	3,44	48,45	0,34	4,85	2,98	3,32	7,83	12,90	13,72
60	1,18	70,70	1,5	1,48	3,44	48,45	0,34	4,85	2,98	3,32	7,83		
60	1,18	70,70	1,5	1,48	3,44	48,45	0,34	4,85	2,98	3,32	7,83		
33,7	1,12	67,00	1,5	0,75	3,08	43,58	0,31	4,36	2,25	2,56	6,61	10,79	13,45
74,1	2,63	158,00	3,2	7,95	17,51	236,76	1,75	23,68	11,15	12,90	34,82		
100	1,83	110,00	3,2	5,53	8,41	115,89	0,84	11,59	8,73	9,57	20,32		
100	1,83	110,00	3,2	5,53	8,41	115,89	0,84	11,59	8,73	9,57	20,32		
100	1,83	110,00	3,2	5,53	8,41	115,89	0,84	11,59	8,73	9,57	20,32		
100	1,83	110,00	3,2	5,53	8,41	115,89	0,84	11,59	8,73	9,57	20,32		
48,6	1,57	94,00	3,2	2,02	6,12	84,99	0,61	8,50	5,22	5,83	13,72	10,79	13,45
60	1,62	97,00	1,8	2,64	6,52	90,43	0,65	9,04	4,44	5,09	13,48		
104	2,17	130,00	1,8	7,81	11,80	161,13	1,18	16,11	9,61	10,79	25,72		
104	2,17	130,00	1,8	7,81	11,80	161,13	1,18	16,11	9,61	10,79	25,72		
104	2,17	130,00	1,8	7,81	11,80	161,13	1,18	16,11	9,61	10,79	25,72		
104	2,17	130,00	1,8	7,81	11,80	161,13	1,18	16,11	9,61	10,79	25,72		
49	1,65	99,00	1,8	2,24	6,79	94,14	0,68	9,41	4,04	4,72	13,45		

Karakteristične krivulje

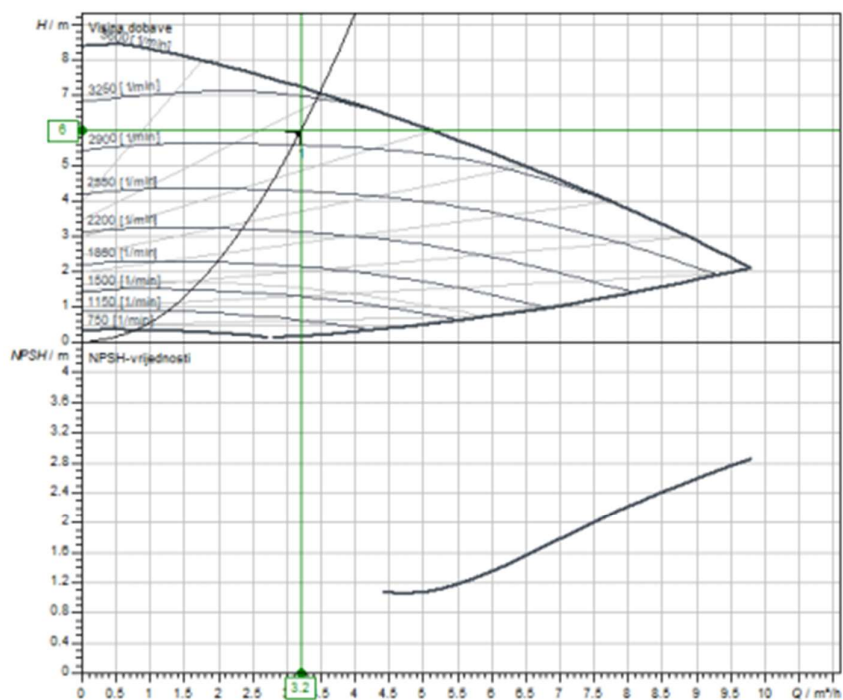
Pumpa C24



Medij	Water 100 %
Temperatura medija T	20.00 °C
Količina protoka Q	2.10 m³/h
Requested head in pressure unit	5.50 m (0.05 MPa)
Isporučena količina protoka	2.10 m³/h
Visina dobave (tlačna jedinica) u radnoj točki	5.50 m (0.05 MPa)
Broj okretaja u radnoj točki	2862 1/min
Cjelokupna električna potrošnja struje u radnoj točki	0.08 kW
Cjelokupna snaga vratila u radnoj točki	0.05 kW
Hidraulički stupanj iskoristivosti u pogonskoj točki	58.35 %
Ukupna učinkovitost motora u radnoj točki	36.17 %

Karakteristične krivulje

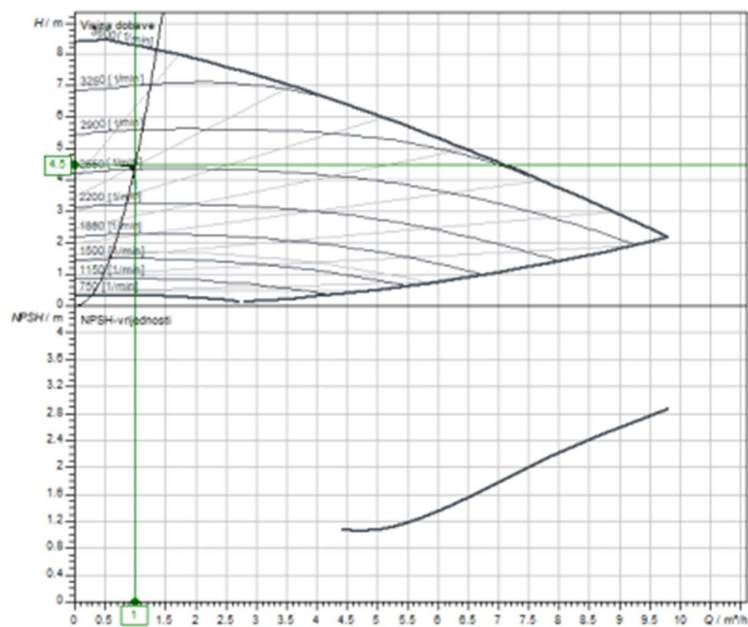
Pumpa C23



Medij	Water 100 %
Temperatura medija T	20.00 °C
Količina protoka Q	3.20 m^3/h
Requested head in pressure unit	6.00 m (0.06 MPa)
Isporučena količina protoka	3.20 m^3/h
Visina dobave (tlačna jedinica) u radnoj točki	6.00 m (0.06 MPa)
Broj okretaja u radnoj točki	3001 1/min
Cjelokupna električna potrošnja struje u radnoj točki	0.11 kW
Cjelokupna snaga vratila u radnoj točki	0.07 kW
Hidraulički stupanj iskorištenja u pogonskoj točki	69.74 %
Ukupna učinkovitost motora u radnoj točki	44.28 %

Karakteristične krivulje

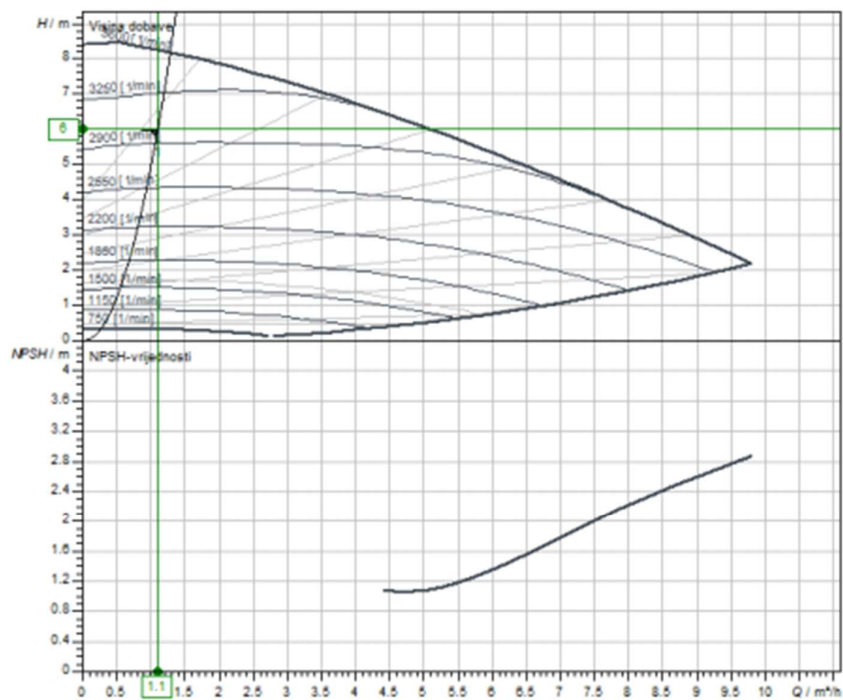
Pumpa C22



Medij	Water 100 %
Temperatura medija T	20.00 °C
Količina protoka Q	1.00 m³/h
Requested head in pressure unit	4.50 m (0.04 MPa)
Isporučena količina protoka	1.00 m³/h
Visina dobave (tlačna jedinica) u radnoj točki	4.50 m (0.04 MPa)
Broj okretaja u radnoj točki	2593 1/min
Cjelokupna električna potrošnja struje u radnoj točki	0.05 kW
Cjelokupna snaga vratila u radnoj točki	0.03 kW
Hidraulički stupanj iskoristivosti u pogonskoj točki	37.56 %
Ukupna učinkovitost motora u radnoj točki	22.51 %

Karakteristične krivulje

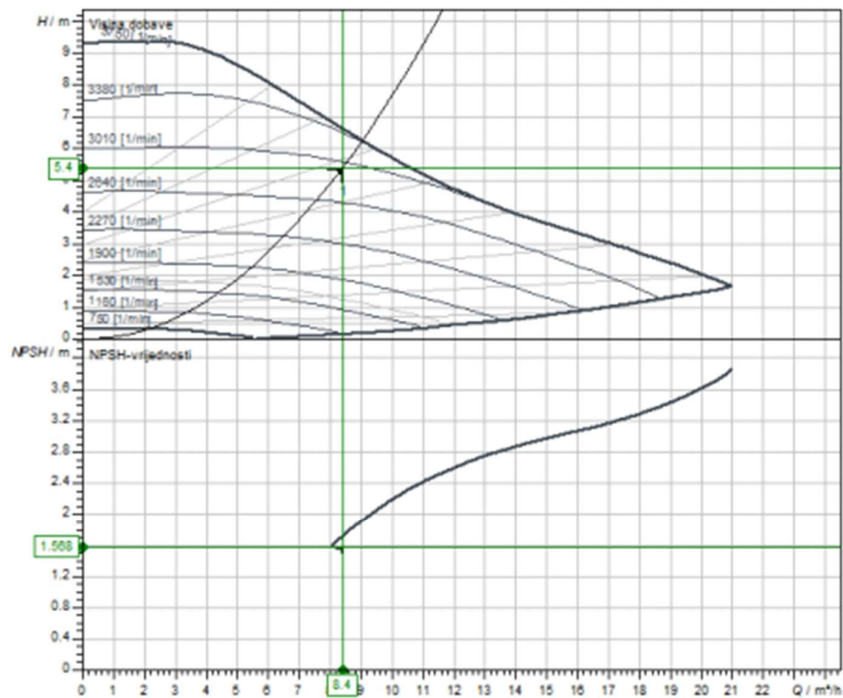
Pumpa C21



Medij	Water 100 %
Temperatura medija T	20.00 °C
Količina protoka Q	1.10 m³/h
Requested head in pressure unit	6.00 m (0.06 MPa)
Isporučena količina protoka	1.10 m³/h
Visina dobave (tlačna jedinica) u radnoj točki	6.00 m (0.06 MPa)
Broj okretaja u radnoj točki	2998 1/min
Cjelokupna električna potrošnja struje u radnoj točki	0.07 kW
Cjelokupna snaga vratila u radnoj točki	0.05 kW
Hidraulički stupanj iskorištenja u pogonskoj točki	38.24 %
Ukupna učinkovitost motora u radnoj točki	24.31 %

Karakteristične krivulje

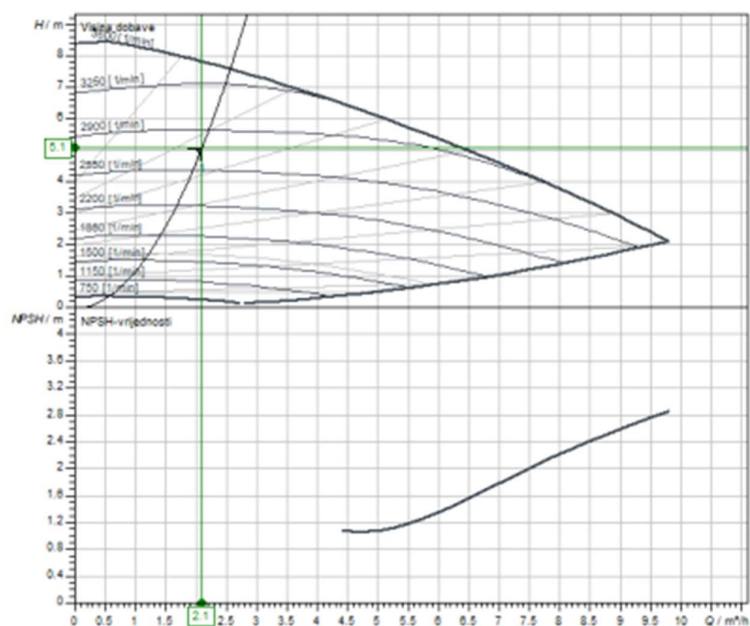
Pumpa C17



Medij	Water 100 %
Temperatura medija T	20.00 °C
Količina protoka Q	8.40 m^3/h
Requested head in pressure unit	5.40 m (0.05 MPa)
Isporučena količina protoka	8.40 m^3/h
Visina dobave (tlačna jedinica) u radnoj točki	5.40 m (0.05 MPa)
Broj okretaja u radnoj točki	2913 1/min
Cjelokupna električna potrožnja struje u radnoj točki	0.20 kW
Cjelokupna snaga vratila u radnoj točki	0.15 kW
NPSH pump @ BP	1.57 m
Hidraulički stupanj iskorištenja u pogonskoj točki	80.49 %
Ukupna učinkovitost motora u radnoj točki	58.63 %

Karakteristične krivulje

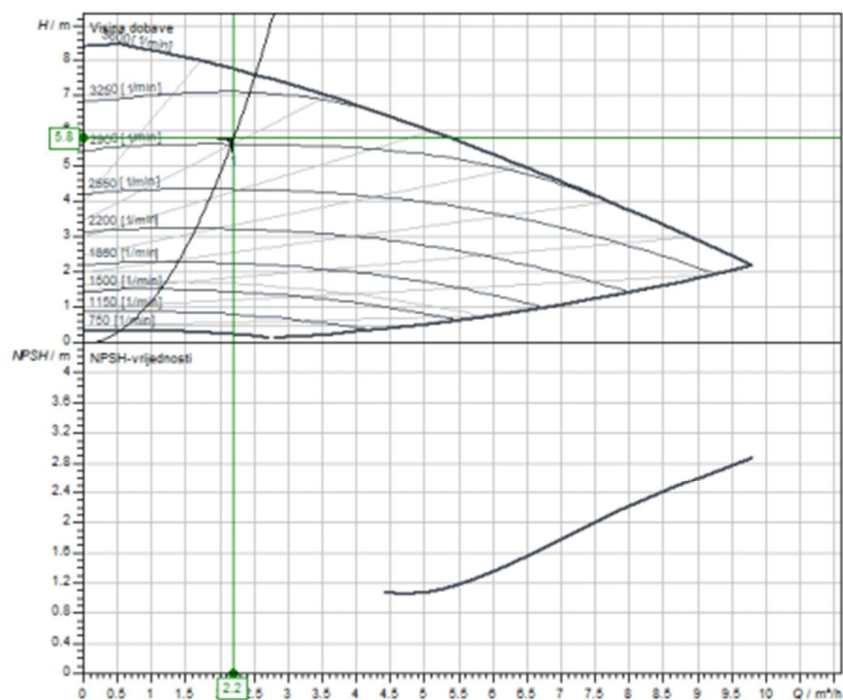
Pumpa C16



Medij	Water 100 %
Temperatura medija T	20.00 °C
Količina protoka Q	2.10 m^3/h
Requested head in pressure unit	5.10 m (0.05 MPa)
Isporučena količina protoka	2.10 m^3/h
Visina dobave (tlačna jedinica) u radnoj točki	5.10 m (0.05 MPa)
Broj okretaja u radnoj točki	2757 1/min
Cjelokupna električna potrošnja struje u radnoj točki	0.07 kW
Cjelokupna snaga vratila u radnoj točki	0.05 kW
Hidraulički stupanj iskoristivosti u pogonskoj točki	59.05 %
Ukupna učinkovitost motora u radnoj točki	35.96 %

Karakteristične krivulje

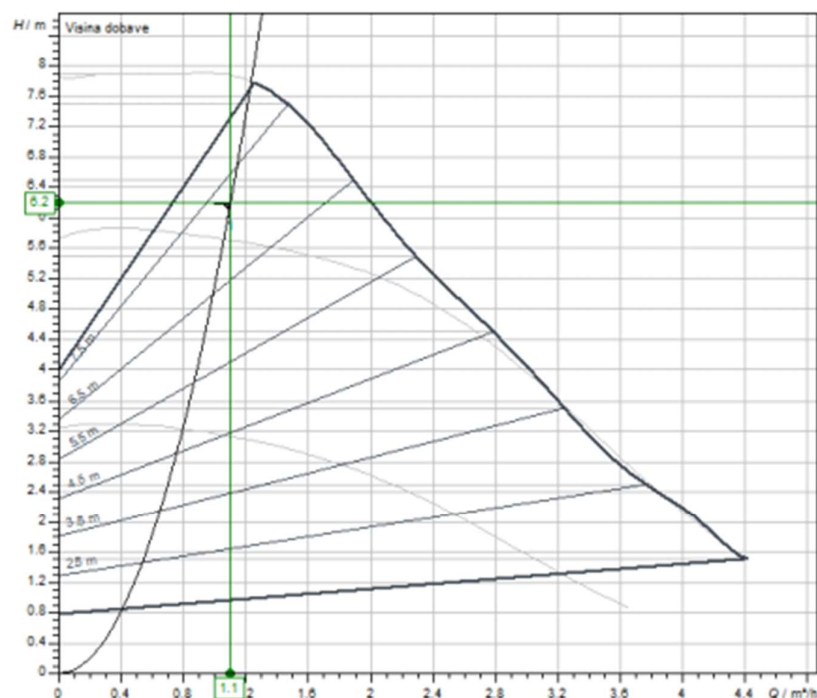
Pumpa C15



Medij	Water 100 %
Temperatura medija T	20.00 °C
Količina protoka Q	2.20 m^3/h
Requested head in pressure unit	5.80 m (0.06 MPa)
Isporučena količina protoka	2.20 m^3/h
Visina dobave (tlačna jedinica) u radnoj točki	5.80 m (0.06 MPa)
Broj okretaja u radnoj točki	2934 1/min
Cjelokupna električna potrošnja struje u radnoj točki	0.08 kW
Cjelokupna snaga vratila u radnoj točki	0.06 kW
Hidraulički stupanj iskorištenja u pogonskoj točki	59.53 %
Ukupna učinkovitost motora u radnoj točki	37.18 %

Karakteristične krivulje

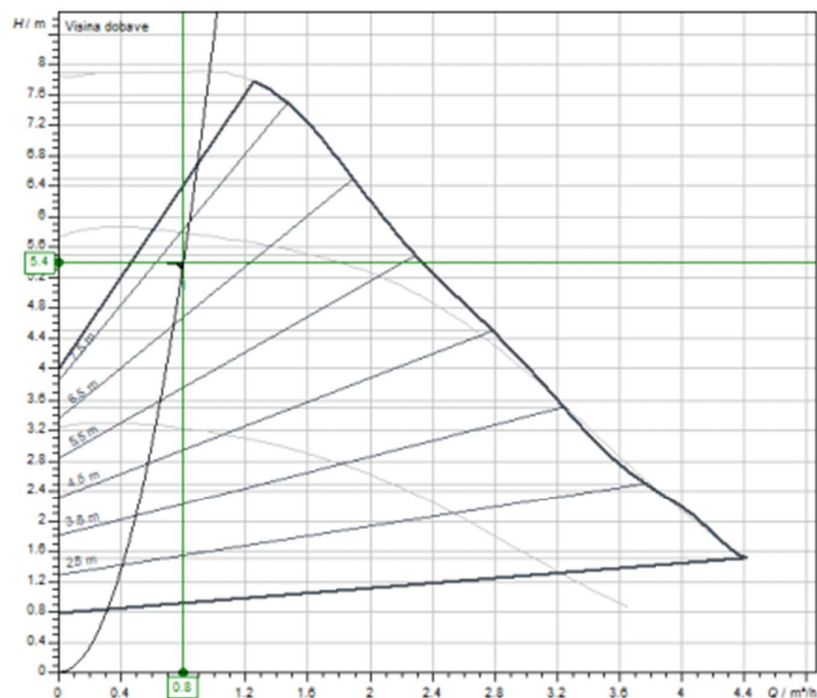
Pumpa C14



Medij	Water 100 %
Temperatura medija T	20.00 °C
Količina protoka Q	1.10 m³/h
Requested head in pressure unit	6.20 m (0.06 MPa)
Isporučena količina protoka	1.10 m³/h
Visina dobave (tlačna jedinica) u radnoj točki	6.20 m (0.06 MPa)
Broj okretaja u radnoj točki	4160 1/min
Cjelokupna električna potrošnja struje u radnoj točki	0.05 kW
Cjelokupna snaga vratila u radnoj točki	0.03 kW
Hidraulički stupanj iskorištenja u pogonskoj točki	56.80 %
Ukupna učinkovitost motora u radnoj točki	37.01 %

Karakteristične krivulje

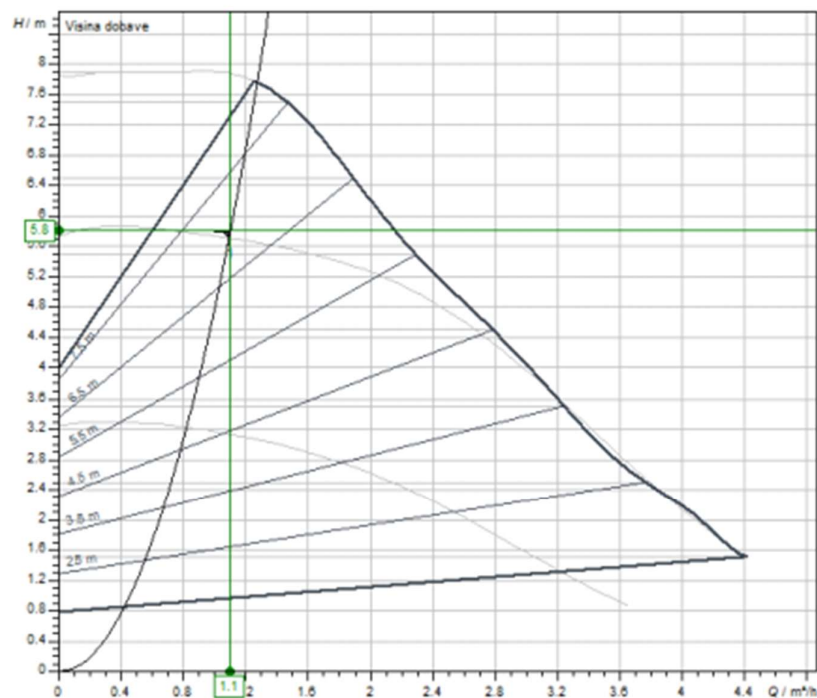
Pumpa C13



Medij	Water 100 %
Temperatura medija T	20.00 °C
Količina protoka Q	0.80 m³/h
Requested head in pressure unit	5.40 m (0.05 MPa)
Isporučena količina protoka	0.80 m³/h
Visina dobave (tlačna jedinica) u radnoj točki	5.40 m (0.05 MPa)
Broj okretaja u radnoj točki	3863 1/min
Cjelokupna električna potrošnja struje u radnoj točki	0.04 kW
Cjelokupna snaga vratila u radnoj točki	0.02 kW
Hidraulički stupanj iskorištenja u pogonskoj točki	49.71 %
Ukupna učinkovitost motora u radnoj točki	31.73 %

Karakteristične krivulje

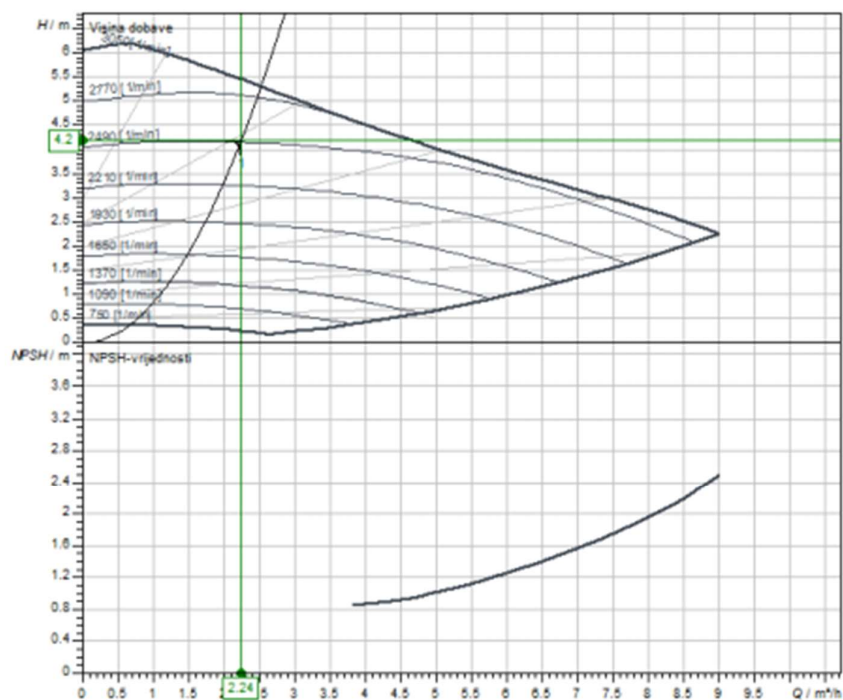
Pumpa C12



Medij	Water 100 %
Temperatura medija T	20.00 °C
Količina protoka Q	1.10 m³/h
Requested head in pressure unit	5.80 m (0.06 MPa)
Isporučena količina protoka	1.10 m³/h
Visina dobave (tlačna jedinica) u radnoj točki	5.80 m (0.06 MPa)
Broj okretaja u radnoj točki	4030 1/min
Cjelokupna električna potrošnja struje u radnoj točki	0.05 kW
Cjelokupna snaga vratila u radnoj točki	0.03 kW
Hidraulički stupanj iskorisćenja u pogonskoj točki	57.08 %
Ukupna učinkovitost motora u radnoj točki	37.19 %

Karakteristične krivulje

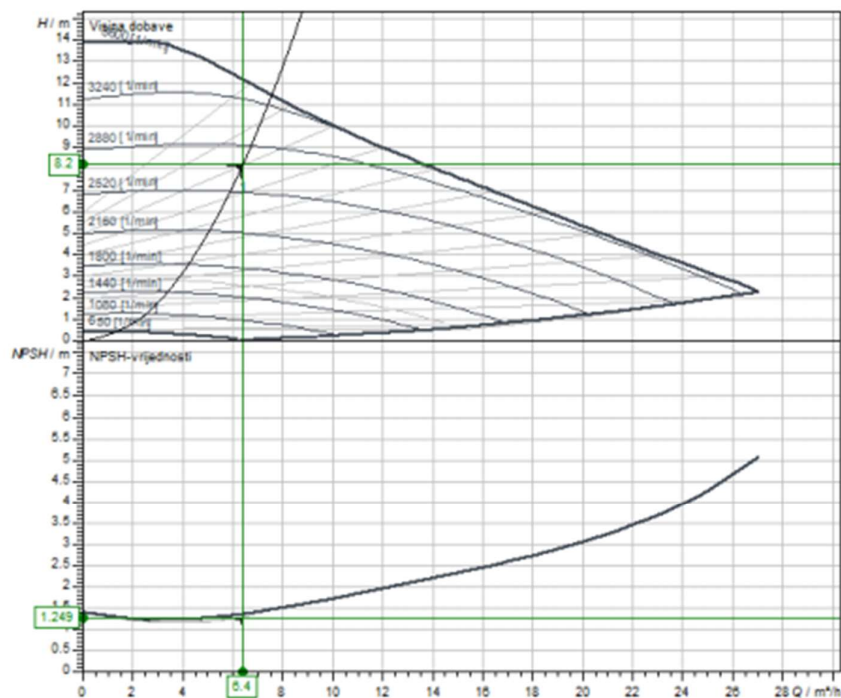
Pumpa C11



Medij	Water 100 %
Temperatura medija T	20.00 °C
Količina protoka Q	2.24 m^3/h
Requested head in pressure unit	4.20 m (0.04 MPa)
Isporučena količina protoka	2.24 m^3/h
Visina dobave (tlačna jedinica) u radnoj točki	4.20 m (0.04 MPa)
Broj okretaja u radnoj točki	2501 r/min
Cjelokupna električna potrošnja struje u radnoj točki	0.06 kW
Cjelokupna snaga vratila u radnoj točki	0.04 kW
Hidraulički stupanj iskoristivosti u pogonskoj točki	63.59 %
Ukupna učinkovitost motora u radnoj točki	39.38 %

Karakteristične krivulje

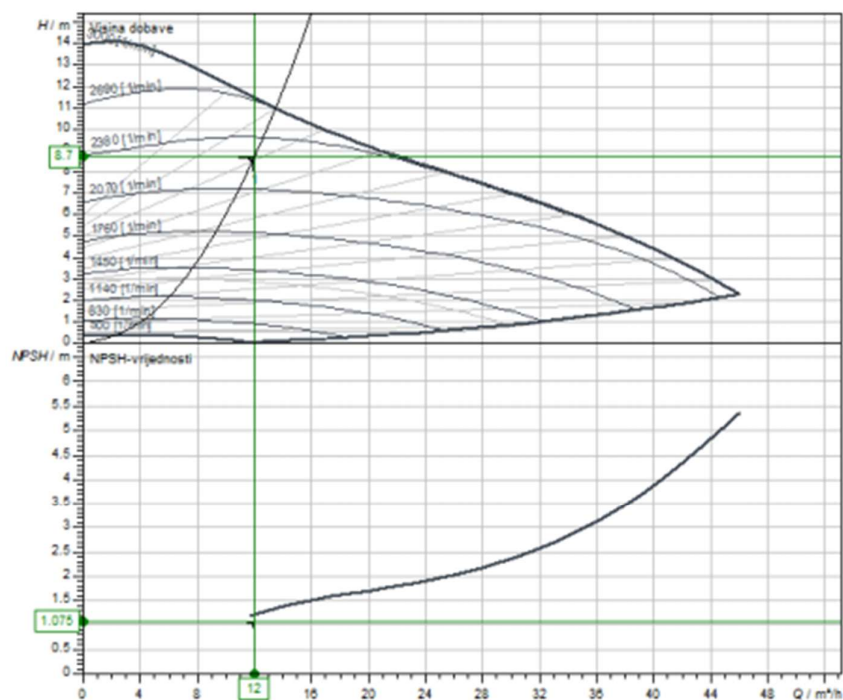
Pumpa C01



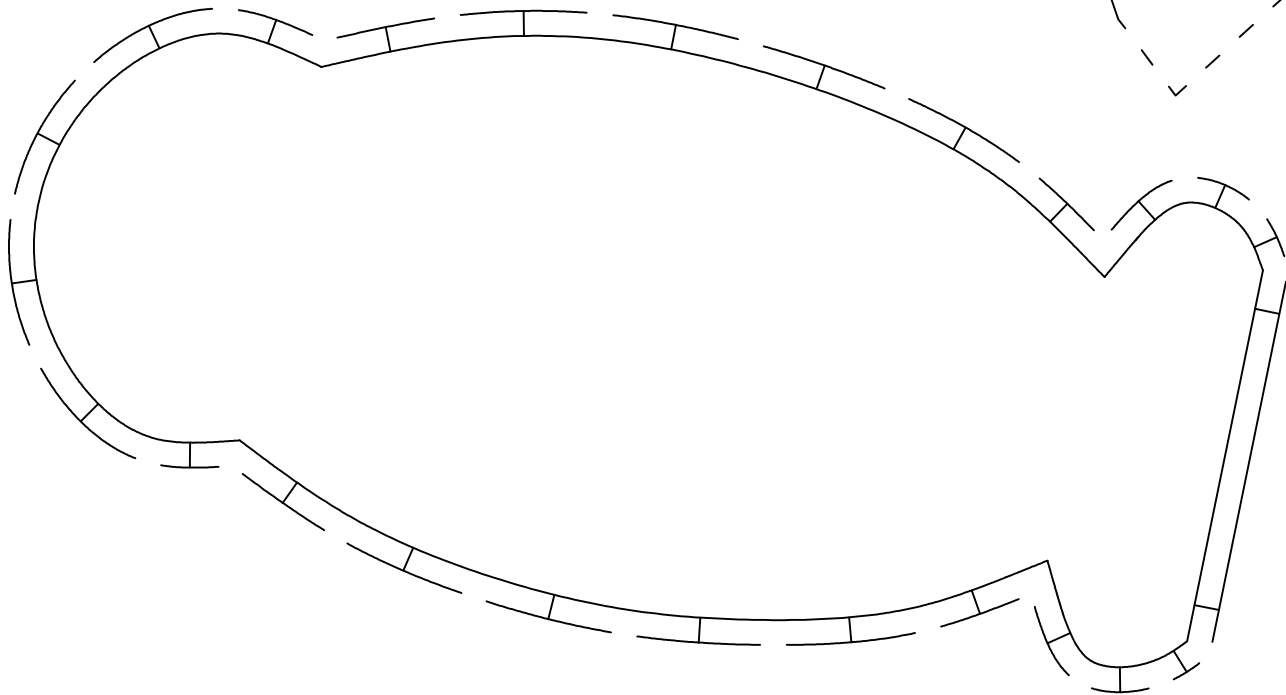
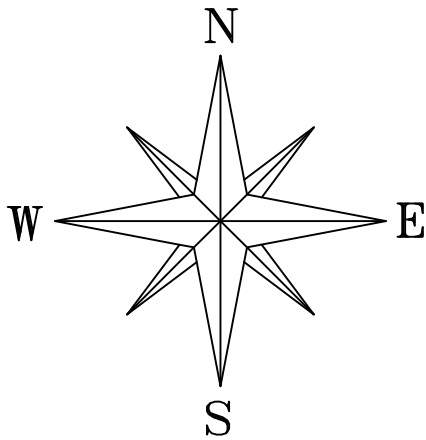
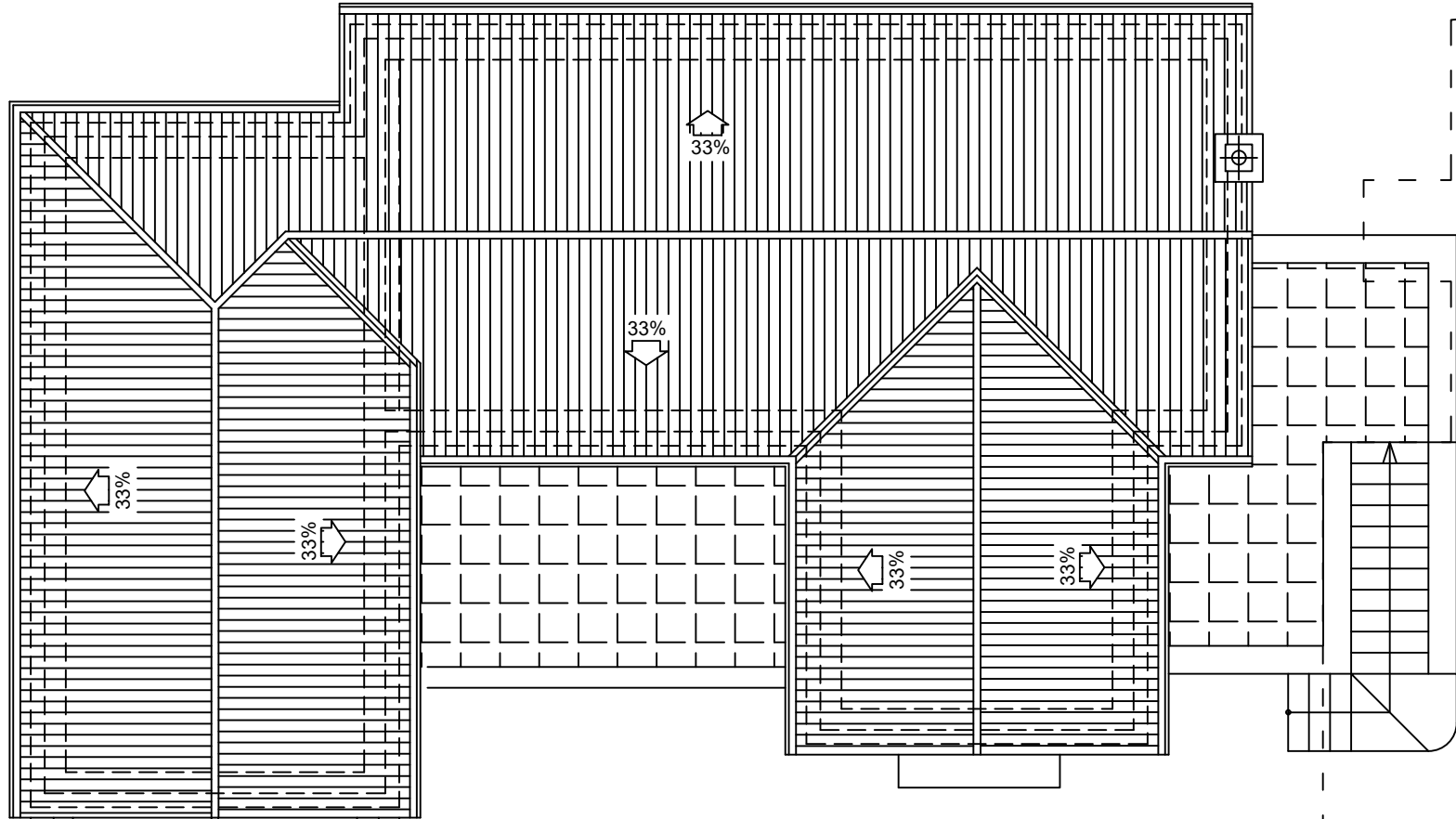
Medij	Water 100 %
Temperatura medija T	20.00 °C
Količina protoka Q	6.40 m³/h
Requested head in pressure unit	8.20 m (0.08 MPa)
Isporučena količina protoka	6.40 m³/h
Visina dobave (tlačna jedinica) u radnoj točki	8.20 m (0.08 MPa)
Broj okretaja u radnoj točki	2737 1/min
Cjelokupna električna potrošnja struje u radnoj točki	0.24 kW
Cjelokupna snaga vratila u radnoj točki	0.19 kW
NPSH pump @ BP	1.25 m
Hidraulički stupanj iskorištenja u pogonskoj točki	73.54 %
Ukupna učinkovitost motora u radnoj točki	56.18 %

Karakteristične krivulje

Pumpa C02

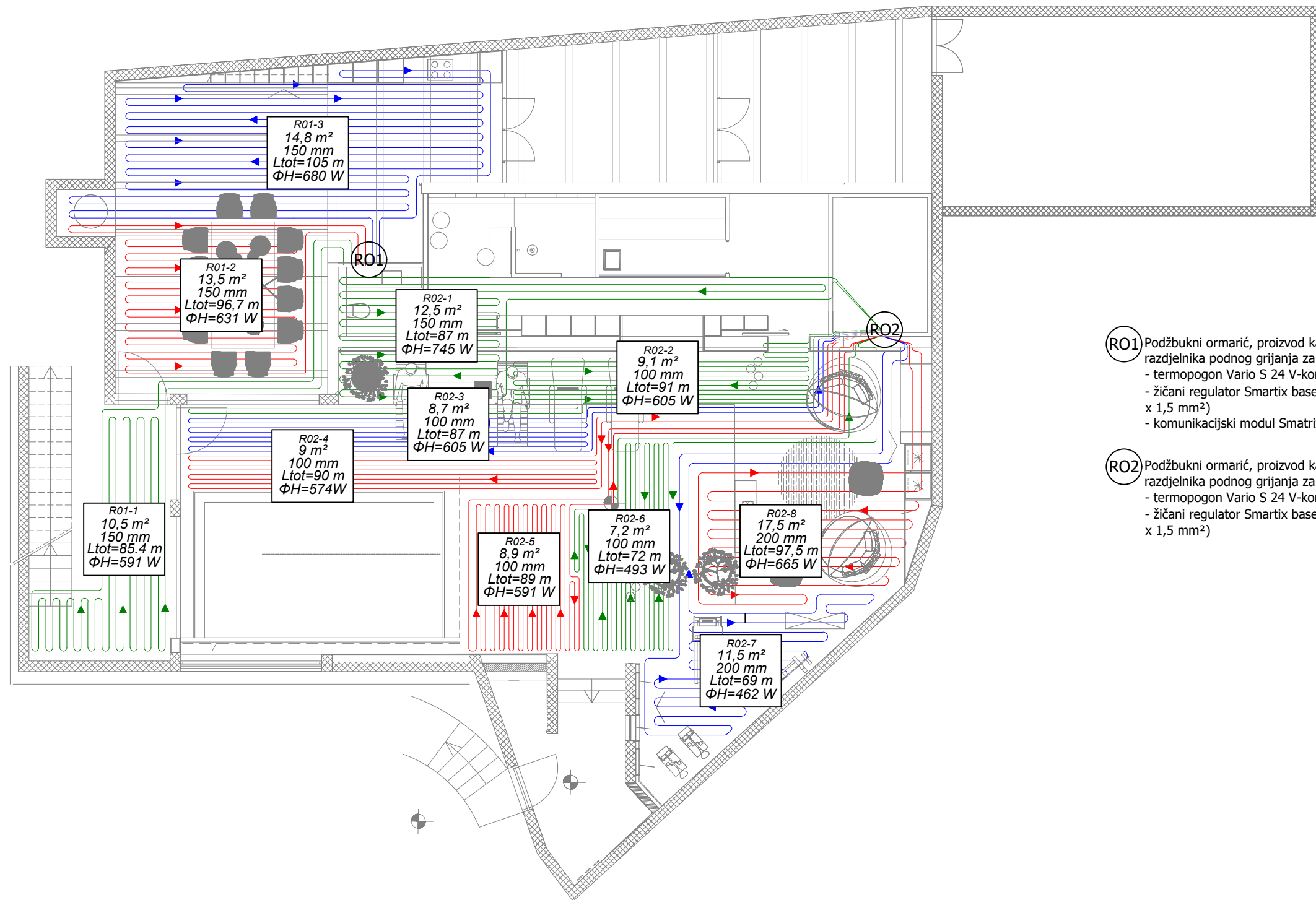


Medij	Water 100 %
Temperatura medija T	20.00 °C
Količina protoka Q	12.00 m³/h
Requested head in pressure unit	8.70 m (0.09 MPa)
Isporučena količina protoka	12.00 m³/h
Visina dobave (tlačna jedinica) u radnoj točki	8.70 m (0.09 MPa)
Broj okretaja u radnoj točki	2277 1/min
Cjelokupna električna potrožnja struje u radnoj točki	0.48 kW
Cjelokupna snaga vratila u radnoj točki	0.38 kW
NPSH pump @ BP	1.08 m
Hidraulički stupanj iskorištenja u pogonskoj točki	74.91 %
Ukupna učinkovitost motora u radnoj točki	57.71 %



SVEUČILIŠTE U RIJECI
TEHNIČKI FAKULTET
51000 RIJEKA, Vukovarska 58, HRVATSKA

Naziv građevine: Obiteljska kuća za odmor	Predmet: TKIAR	List: 01	Listova: 11
Izradio: Kristijan Rudan	Mentor: Izv. prof. dr. sc. Igor Wolf		
Sadržaj nacrt: Situacijski nacrt	Mjerilo: 1:100	Datum: rujan 2022.	

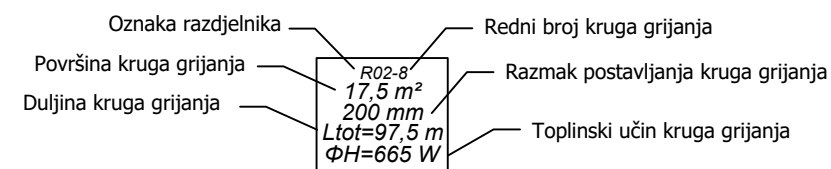


- RO1** Podžbukni ormarić, proizvod kao „Uponor“, tip IW dim. 550 x 730 x 110 mm, za smještaj razdjelnika podnog grijanja za 3 kruga
- termopogon Vario S 24 V-kom 3
 - žičani regulator Smartix base pulse X-242 BUS, modul za proširenje M-242, napajanje 230 V (3 x 1,5 mm²)
 - komunikacijski modul Smatrix pulse R-208, proizvod kao „Uponor“
- RO2** Podžbukni ormarić, proizvod kao „Uponor“, tip IW dim. 550 x 730 x 110 mm, za smještaj razdjelnika podnog grijanja za 8 krugova
- termopogon Vario S 24 V-kom 8
 - žičani regulator Smartix base pulse X-242 BUS, modul za proširenje M-242, napajanje 230 V (3 x 1,5 mm²)

napomene:

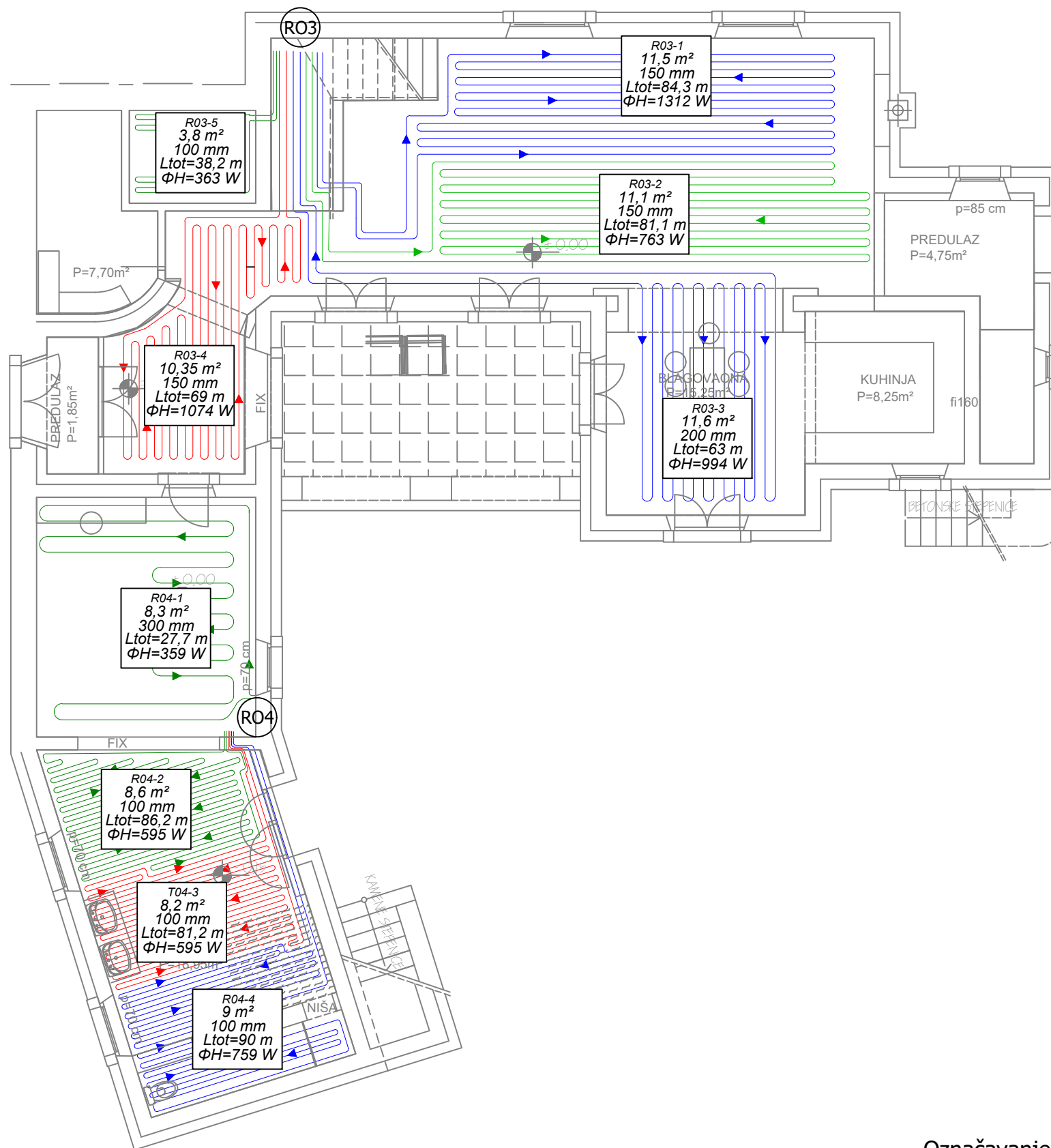
- Projektni temperaturni režim vode u reimu grijanja je 40/35 °C, a u režimu hlađenja je 16/18 °C, za ventilokonvektore 9/14 °C
- cjvni razvod do razdjelnika podnog grijanja i ventilokonvektora izvesti iz tvrdih bakrenih cijevi
- cijevni razvod postaviti u podu
- cijevi toplinski izolirati toplinskom izolacijom kao armaflex tip XG debljine d = 19 mm

Označavanje



SVEUČILIŠTE U RIJECI
TEHNIČKI FAKULTET
51000 RIJEKA, Vukovarska 58, HRVATSKA

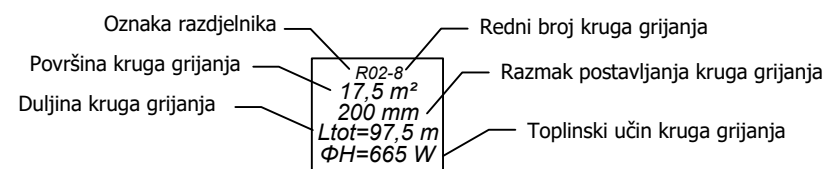
Naziv građevine: Obiteljska kuća za odmor	Predmet: TKIAR	List: 02	Listova: 11
Izradio: Kristijan Rudan	Mentor: Izv. prof. dr. sc. Igor Wolf		
Sadržaj nacрта: Tlocrt suteran - podno grijanje	Mjerilo: 1:100	Datum: rujan 2022.	



napomene:

- Projektni temperaturni režim vode u reimu grijanja je 40/35 °C, a u režimu hlađenja je 16/18 °C, za ventilokonvektore 9/14 °C
- cjvni razvod do razdjelnika podnog grijanja i ventilokonvektora izvesti iz tvrdih bakrenih cijevi
- cijevni razvod postaviti u podu
- cijevi toplinski izolirati toplinskom izolacijom kao armaflex tip XG debljine d = 19 mm

Označavanje

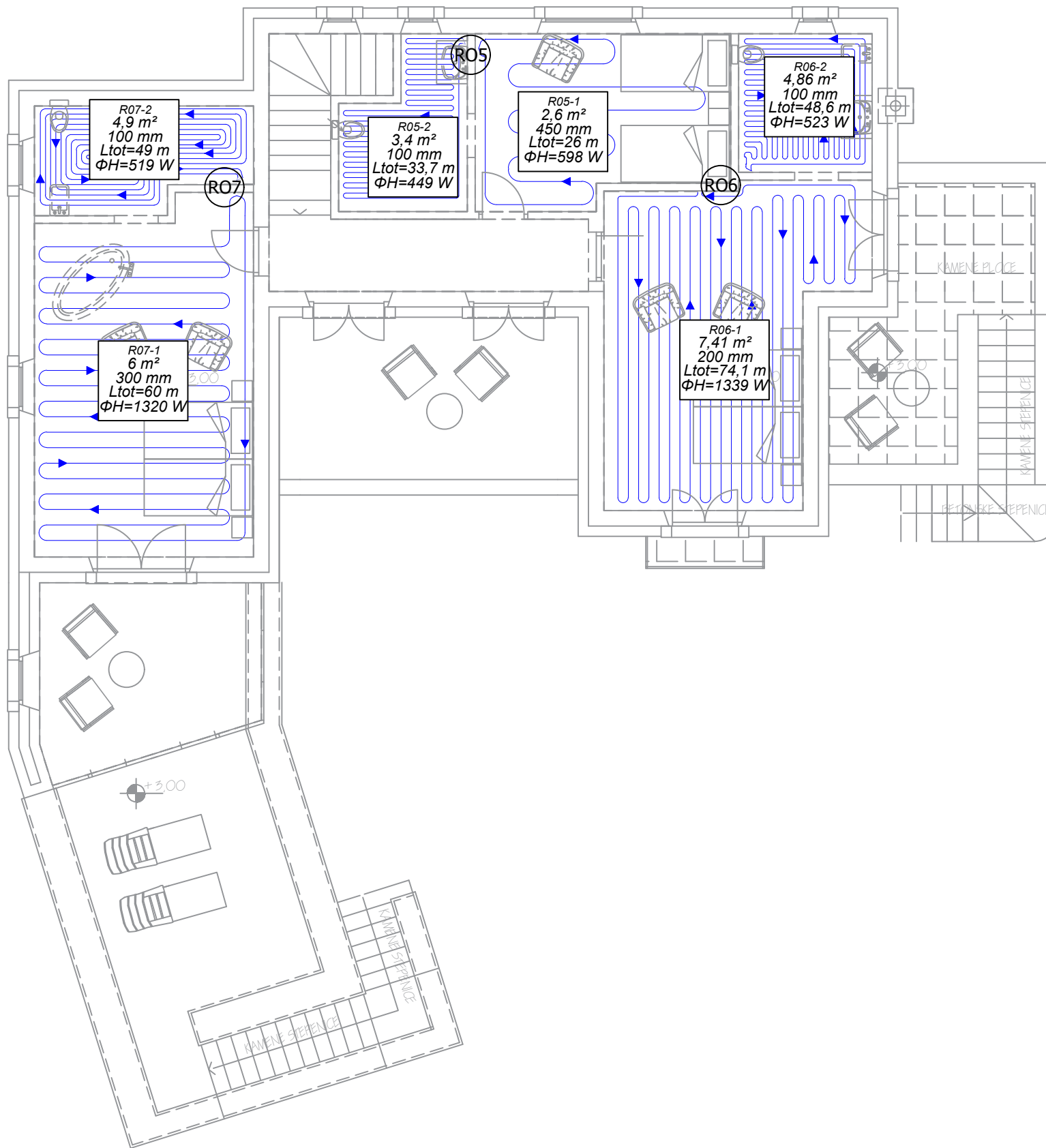


- R03** Podžbukni ormarić, proizvod kao „Uponor“, tip IW dim. 750 x 730 x 110 mm, za smještaj razdjelnika podnog grijanja za 5 krugova
- termopogon Vario S 24 V-kom 5
 - žičani regulator Smartix base pulse X-242 BUS, modul za proširenje M-242, napajanje 230 V (3 x 1,5 mm²)
 - komunikacijski modul Smatrix pulse R-208, proizvod kao „Uponor“
- R04** Podžbukni ormarić, proizvod kao „Uponor“, tip IW dim.750 x 730 x 110 mm, za smještaj razdjelnika podnog grijanja za 6 krugova
- termopogon Vario S 24 V-kom 6
 - žičani regulator Smartix base pulse X-242 BUS, modul za proširenje M-242, napajanje 230 V (3 x 1,5 mm²)



SVEUČILIŠTE U RIJECI
TEHNIČKI FAKULTET
51000 RIJEKA, Vukovarska 58, HRVATSKA

Naziv građevine: Obiteljska kuća za odmor	Predmet: TKIAR	List: 03	Listova: 11
Izradio: Kristijan Rudan	Mentor: Izv. prof. dr. sc. Igor Wolf		
Sadržaj nacrt: Tlocrt prizemlja: Podno grijanje	Mjerilo: 1:100	Datum: rujan 2022.	

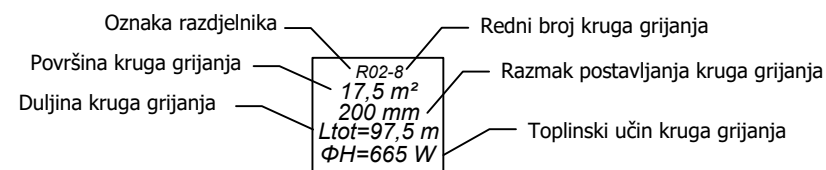


- R05** Podžbukni ormarić, proizvod kao „Uponor“, tip IW dim. 750 x 730 x 110 mm, za smještaj razdjelnika podnog grijanja za 5 krugova
- termopogon Vario S 24 V-kom 5
 - žičani regulator Smartix base pulse X-242 BUS, modul za proširenje M-242, napajanje 230 V (3 x 1,5 mm²)
- R06** Podžbukni ormarić, proizvod kao „Uponor“, tip IW dim. 750 x 730 x 110 mm, za smještaj razdjelnika podnog grijanja za 7 krugova
- termopogon Vario S 24 V-kom 7
 - žičani regulator Smartix base pulse X-242 BUS, modul za proširenje M-242, napajanje 230 V (3 x 1,5 mm²)
- R07** Podžbukni ormarić, proizvod kao „Uponor“, tip IW dim. 750 x 730 x 110 mm, za smještaj razdjelnika podnog grijanja za 7 krugova
- termopogon Vario S 24 V-kom 7
 - žičani regulator Smartix base pulse X-242 BUS, modul za proširenje M-242, napajanje 230 V (3 x 1,5 mm²)

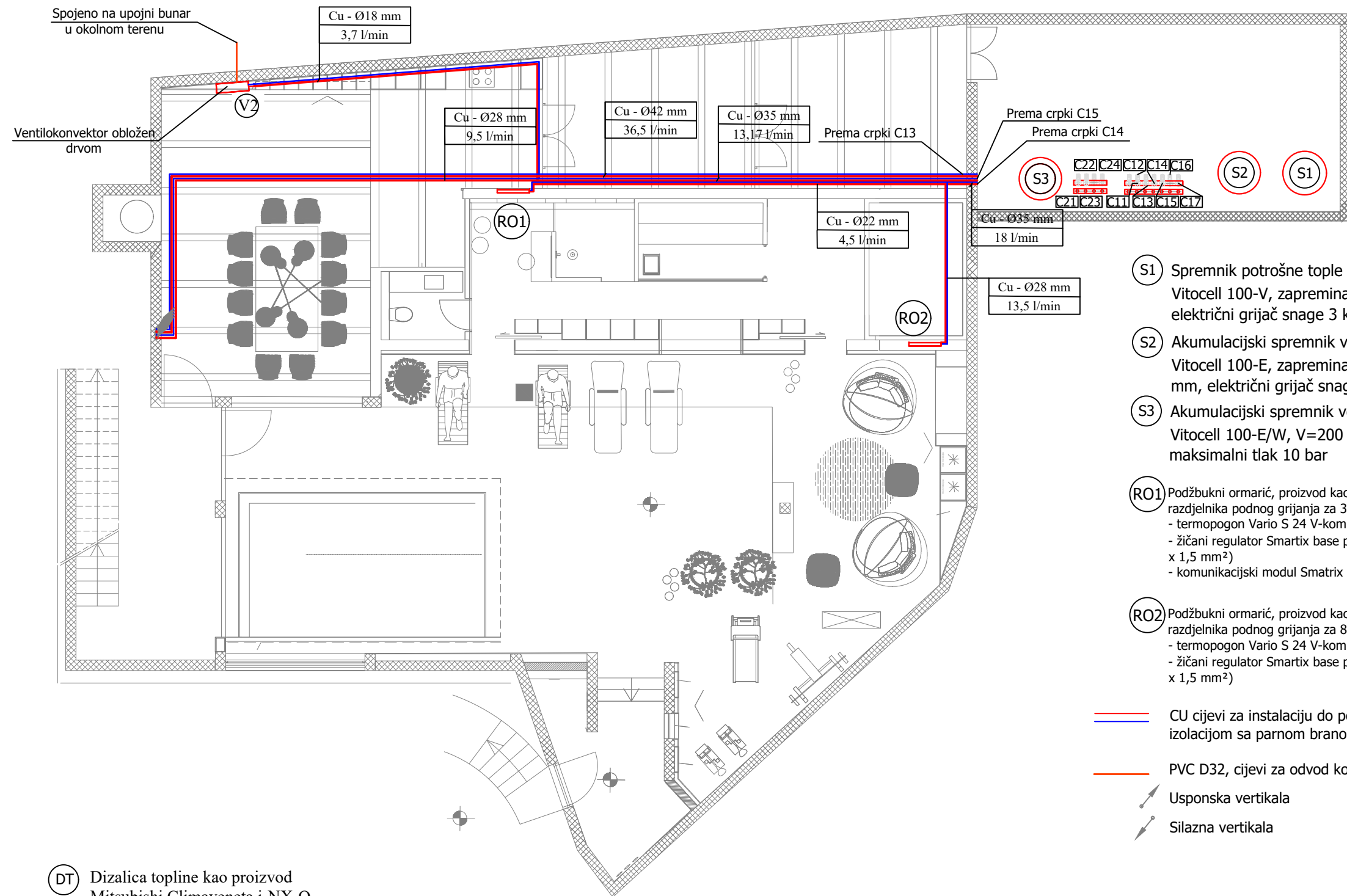
napomene:

- Projektni temperaturni režim vode u reimu grijanja je 40/35 °C, a u režimu hlađenja je 16/18 °C, za ventilokonvektore 9/14 °C
- cjvni razvod do razdjelnika podnog grijanja i ventilokonvektora izvesti iz tvrdih bakrenih cijevi
- cijevni razvod postaviti u podu
- cijevi toplinski izolirati toplinskom izolacijom kao armaflex tip XG debljine d = 19 mm

Označavanje



 SVEUČILIŠTE U RIJECI TEHNIČKI FAKULTET 51000 RIJEKA, Vukovarska 58, HRVATSKA			
Naziv građevine: Obiteljska kuća za odmor	Predmet: TKIAR	List: 04	Listova: 11
Izradio: Kristijan Rudan	Mentor: Izv. prof. dr. sc. Igor Wolf		
Sadržaj nacrt: Tlocrt I. kata: Podno grijanje	Mjerilo: 1:100	Datum: rujan 2022.	



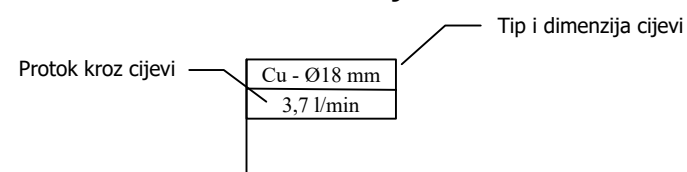
- (S1) Spremnik potrošne tople vode, proizvod kao „Viessmann“, tip Vitocell 100-V, zapremina V=750 l, dim. V x Š (promjer) =2106 x Ø960 mm, električni grijač snage 3 kW, maksimalni tlak 8 bar
- (S2) Akumulacijski spremnik vode (puffer), proizvod kao „Viessmann“, tip Vitocell 100-E, zapremina V=950 l, dim. V x Š (promjer) =2195 x Ø1004 mm, električni grijač snage 3 kW, maksimalni tlak 10 bar
- (S3) Akumulacijski spremnik vode (pufer), proizvod kao „Viessmann“, tip Vitocell 100-E/W, V=200 lit, dim. V x Š (promjer) = 1409 x Ø581 mm, maksimalni tlak 10 bar
- (RO1) Podžbukni ormarić, proizvod kao „Uponor“, tip IW dim. 550 x 730 x 110 mm, za smještaj razdjelnika podnog grijanja za 3 kruga
- termopogon Vario S 24 V-kom 3
- žičani regulator Smartix base pulse X-242 BUS, modul za proširenje M-242, napajanje 230 V (3 x 1,5 mm²)
- komunikacijski modul Smatrix pulse R-208, proizvod kao „Uponor“
- (RO2) Podžbukni ormarić, proizvod kao „Uponor“, tip IW dim. 550 x 730 x 110 mm, za smještaj razdjelnika podnog grijanja za 8 krugova
- termopogon Vario S 24 V-kom 8
- žičani regulator Smartix base pulse X-242 BUS, modul za proširenje M-242, napajanje 230 V (3 x 1,5 mm²)
- CU cijevi za instalaciju do pozicija ventilokonvektora i ormarića podnog grijanja, s izolacijom sa parnom branom debljine 13 mm
- PVC D32, cijevi za odvod kondezata sa izolacijom sa parnom branom debljine 9 mm
- Usponska vertikala
- Silazna vertikala

(DT) Dizalica topline kao proizvod Mitsubishi Climaveneta i-NX-Q 0252P. Kapacitet grijanja/hlađenja 74,1 kW / 67,5 kW. Snaga ventilatora 6x0,3 kW, I = 6 x 1,1 A

napomene:

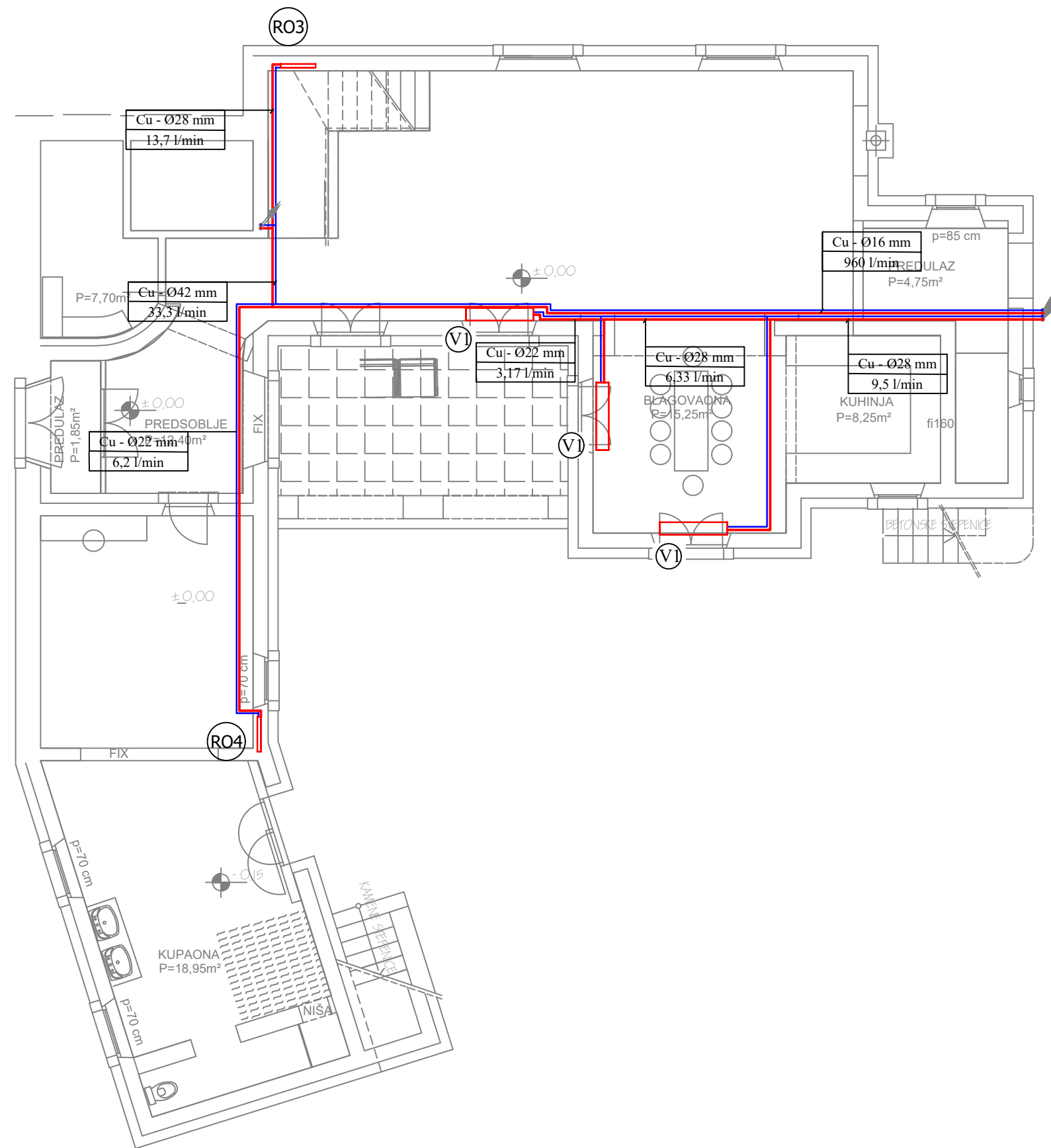
- Projektni temperaturni režim vode u reimu grijanja je 40/35 °C, a u režimu hlađenja je 16/18 °C, za ventilokonvektore 9/14 °C
- cjvni razvod do razdjelnika podnog grijanja i ventilokonvektora izvesti iz tvrdih bakrenih cijevi
- cijevni razvod postaviti u podu
- cijevi toplinski izolirati toplinskom izolacijom kao armaflex tip XG debljine d = 19 mm

Označavanje



SVEUČILIŠTE U RIJECI
TEHNIČKI FAKULTET
51000 RIJEKA, Vukovarska 58, HRVATSKA

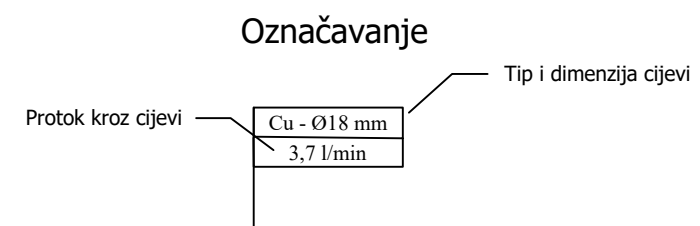
Naziv građevine: Obiteljska kuća za odmor	Predmet: TKIAR	List: 05	Listova: 11
Izradio: Kristijan Rudan	Mentor: Izv. prof. dr. sc. Igor Wolf		
Sadržaj nacrt: Tlocrt suterena: dispozicija cijevnog razvoda	Mjerilo: 1:100	Datum: rujan 2022.	



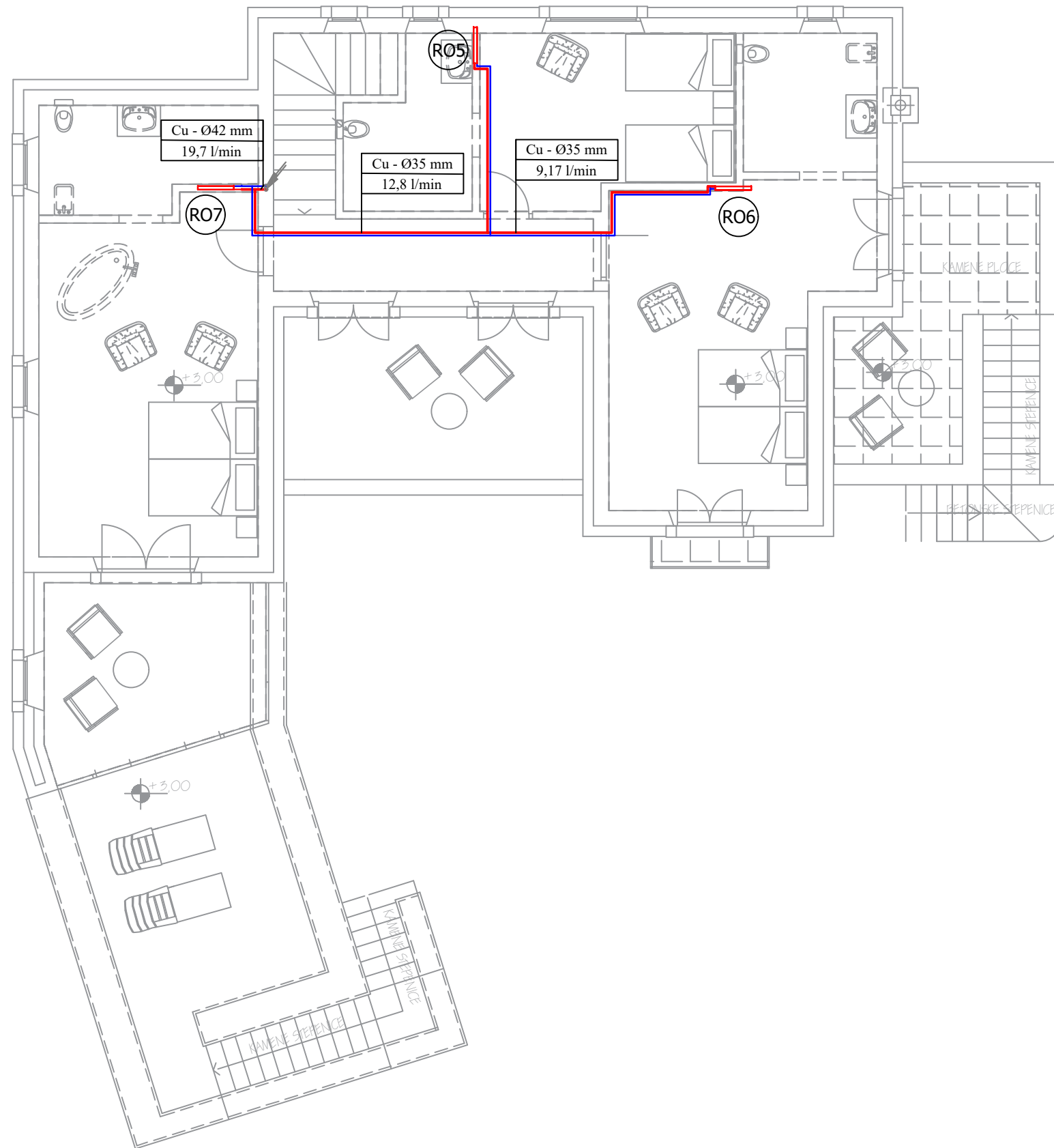
- RO3** Podžbukni ormarić, proizvod kao „Uponor“, tip IW dim. 750 x 730 x 110 mm, za smještaj razdjelnika podnog grijanja za 5 krugova
- termopogon Vario S 24 V-kom 5
 - žičani regulator Smartix base pulse X-242 BUS, modul za proširenje M-242, napajanje 230 V (3 x 1,5 mm²)
 - komunikacijski modul Smatrix pulse R-208, proizvod kao „Uponor“
- RO4** Podžbukni ormarić, proizvod kao „Uponor“, tip IW dim.750 x 730 x 110 mm, za smještaj razdjelnika podnog grijanja za 6 krugova
- termopogon Vario S 24 V-kom 6
 - žičani regulator Smartix base pulse X-242 BUS, modul za proširenje M-242, napajanje 230 V (3 x 1,5 mm²)

napomene:

- Projektni temperaturni režim vode u reimu grijanja je 40/35 °C, a u režimu hlađenja je 16/18 °C, za ventilokonvektore 9/14 °C
- cjvni razvod do razdjelnika podnog grijanja i ventilokonvektora izvesti iz tvrdih bakrenih cijevi
- cijevni razvod postaviti u podu
- cijevi toplinski izolirati toplinskom izolacijom kao armaflex tip XG debljine d = 19 mm



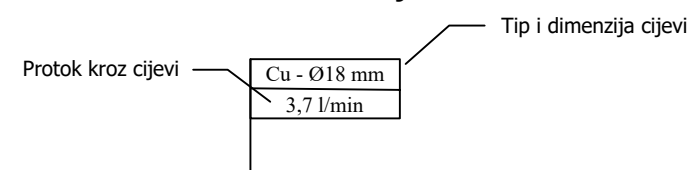
TEHNIČKI FAKULTET RIJEKA SVEUČILIŠTE U RIJECI TEHNIČKI FAKULTET 51000 RIJEKA, Vukovarska 58, HRVATSKA			
Naziv građevine: Obiteljska kuća za odmor	Predmet: TKIAR	List: 06	Listova: 11
Izradio: Kristijan Rudan	Mentor: Izv. prof. dr. sc. Igor Wolf		
Sadržaj nacrta: Tlocrt prizemlja: Dispozicija cijevnog razvoda	Mjerilo: 1:100	Datum: rujan 2022.	



- R05** Podžbukni ormarić, proizvod kao „Uponor“, tip IW dim. 750 x 730 x 110 mm, za smještaj razdjelnika podnog grijanja za 5 krugova
- termopogon Vario S 24 V-kom 5
- žičani regulator Smartix base pulse X-242 BUS, modul za proširenje M-242, napajanje 230 V (3 x 1,5 mm²)
- R06** Podžbukni ormarić, proizvod kao „Uponor“, tip IW dim. 750 x 730 x 110 mm, za smještaj razdjelnika podnog grijanja za 7 krugova
- termopogon Vario S 24 V-kom 7
- žičani regulator Smartix base pulse X-242 BUS, modul za proširenje M-242, napajanje 230 V (3 x 1,5 mm²)
- R07** Podžbukni ormarić, proizvod kao „Uponor“, tip IW dim. 750 x 730 x 110 mm, za smještaj razdjelnika podnog grijanja za 7 krugova
- termopogon Vario S 24 V-kom 7
- žičani regulator Smartix base pulse X-242 BUS, modul za proširenje M-242, napajanje 230 V (3 x 1,5 mm²)

napomene:
-Projektni temperaturni režim vode u reimu grijanja je 40/35 °C, a u režimu hlađenja je 16/18 °C, za ventilokonvektore 9/14 °C
-cjvni razvod do razdjelnika podnog grijanja i ventilokonvektora izvesti iz tvrdih bakrenih cijevi
-cijevni razvod postaviti u podu
-cijevi toplinski izolirati toplinskom izolacijom kao armaflex tip XG debljine d = 19 mm

Označavanje

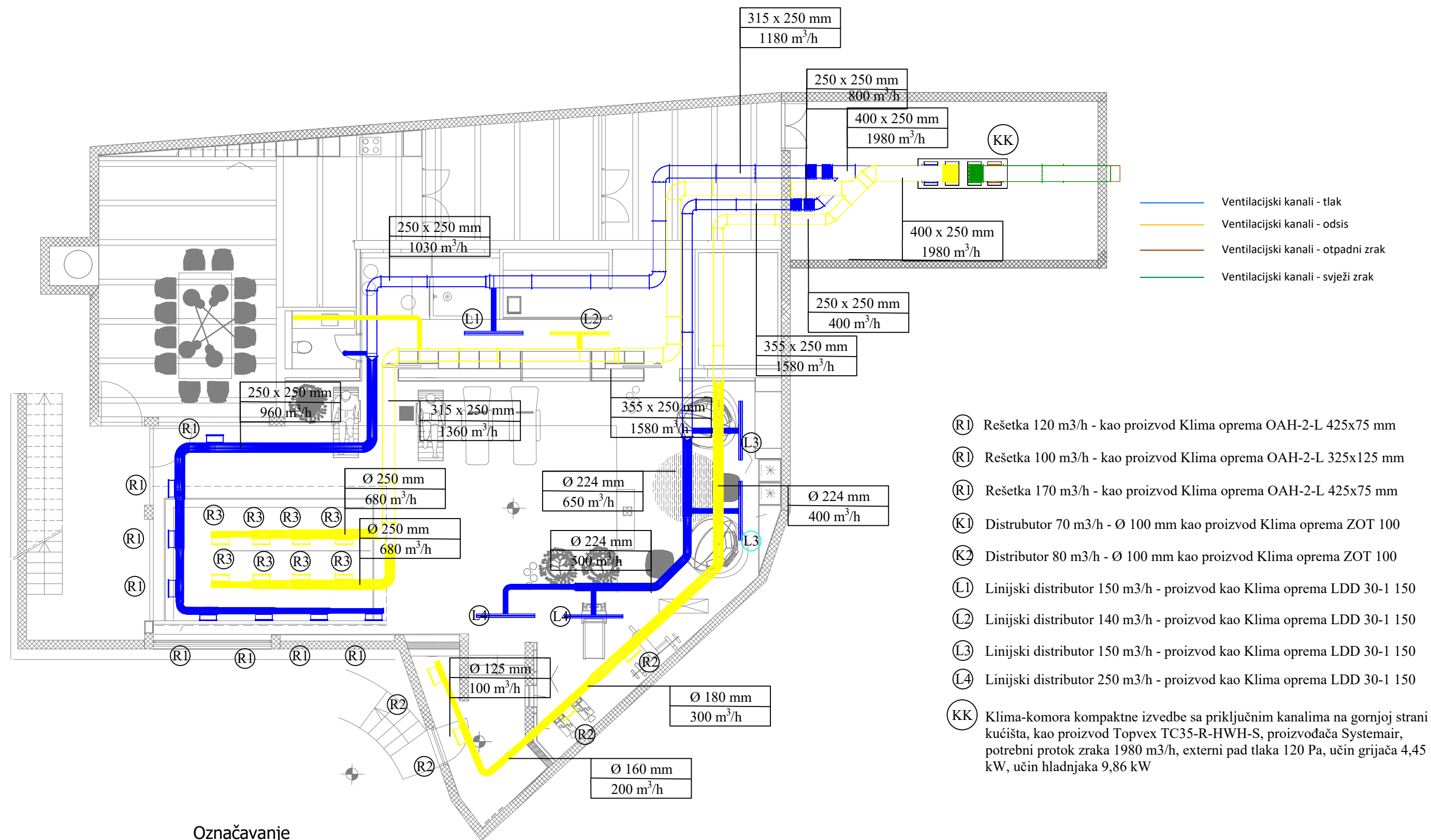


 SVEUČILIŠTE U RIJECI TEHNIČKI FAKULTET 51000 RIJEKA, Vukovarska 58, HRVATSKA			
Naziv građevine: Obiteljska kuća za odmor	Predmet: TKIAR	List: 07	Listova: 11
Izradio: Kristijan Rudan	Mentor: Izv. prof. dr. sc. Igor Wolf		
Sadržaj nacrta: Tlocrt I. kata: Dispozicija cijevnog razvoda		Mjerilo: 1:100	Datum: rujan 2022.

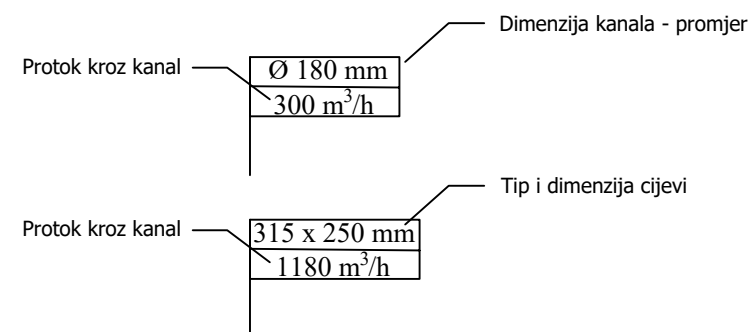
-



Naziv građevine: Obiteljska kuća za odmor	Predmet: TKIAR	List: 8	Listova: 11
Izradio: Kristijan Rudan	Mentor: Izv. prof. dr. sc. Igor Wolf		
Sadržaj nacrta: Prostorna shema cijevnog razvoda	Mjerilo: 1:100	Datum: rujan 2022.	



Označavanje



SVEUČILIŠTE U RIJECI
TEHNIČKI FAKULTET
51000 RIJEKA, Vukovarska 58, HRVATSKA

Naziv građevine: Obiteljska kuća za odmor	Predmet: TKIAR	List: 09	Listova: 11
Izradio: Kristijan Rudan	Mentor: Izv. prof. dr. sc. Igor Wolf		
Sadržaj nacrtu: Tlocrt suterena: Razvod ventilacije	Mjerilo: 1:100	Datum: rujan 2022.	

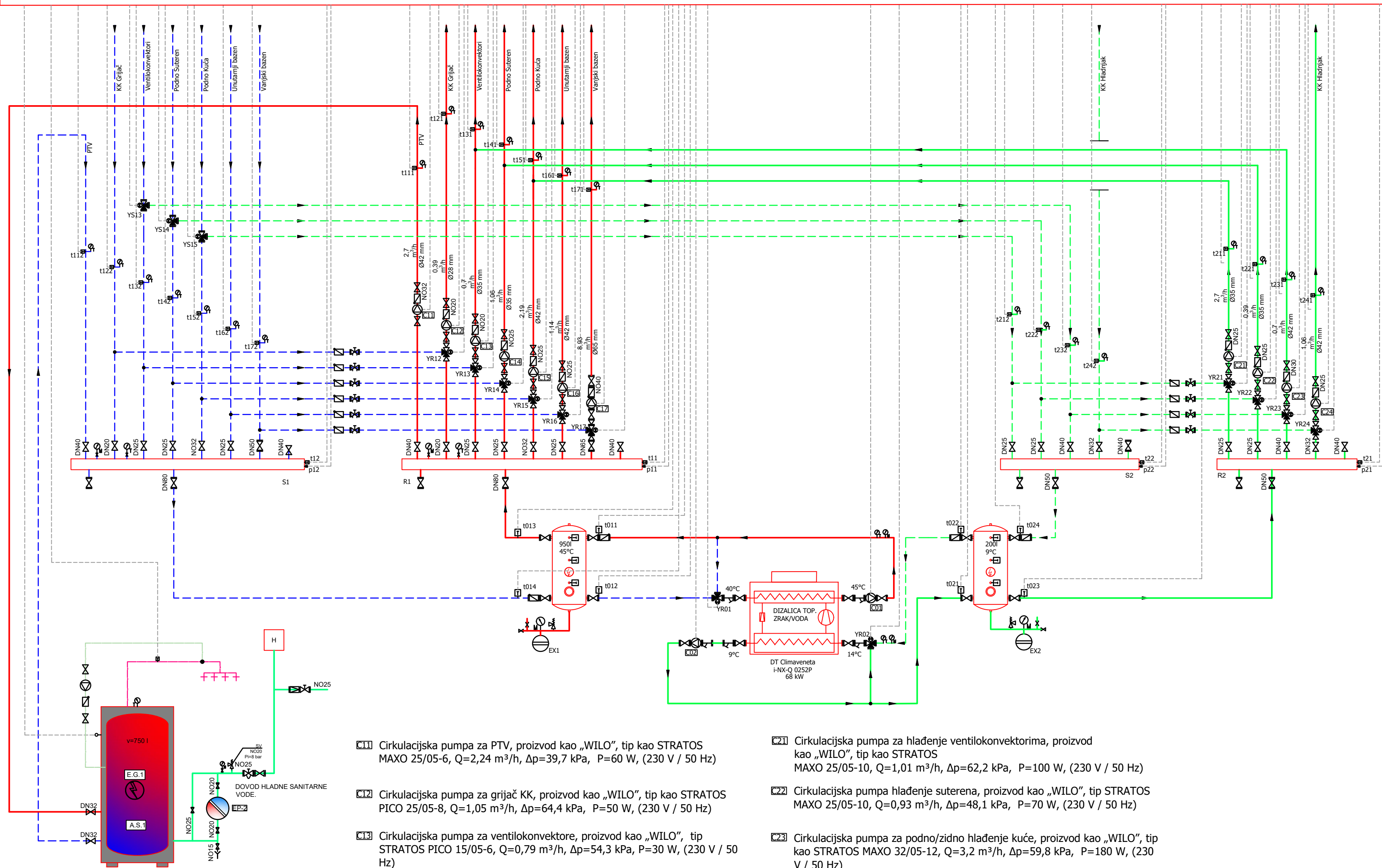
- Ⓡ1 Rešetka 120 m3/h - kao proizvod Klima oprema OAH-2-L 425x75 mm
- Ⓡ1 Rešetka 100 m3/h - kao proizvod Klima oprema OAH-2-L 325x125 mm
- Ⓡ1 Rešetka 170 m3/h - kao proizvod Klima oprema OAH-2-L 425x75 mm
- Ⓚ1 Distributor 70 m3/h - Ø 100 mm kao proizvod Klima oprema ZOT 100
- Ⓚ2 Distributor 80 m3/h - Ø 100 mm kao proizvod Klima oprema ZOT 100
- Ⓛ1 Linijski distributor 150 m3/h - proizvod kao Klima oprema LDD 30-1 150
- Ⓛ2 Linijski distributor 140 m3/h - proizvod kao Klima oprema LDD 30-1 150
- Ⓛ3 Linijski distributor 150 m3/h - proizvod kao Klima oprema LDD 30-1 150
- Ⓛ4 Linijski distributor 250 m3/h - proizvod kao Klima oprema LDD 30-1 150



SVEUČILIŠTE U RIJEKI
TEHNIČKI FAKULTET
51000 RIJEKA, Vukovarska 58, HRVATSKA

Naziv građevine: Obiteljska kuća za odmor	Predmet: TKIAR	List: 10	Listova: 11
Izradio: Kristijan Rudan	Mentor: Izv. prof. dr. sc. Igor Wolf		
Sadržaj nacrtja: Prostorna shema razvoda ventilacije	Mjerilo: 1:100	Datum: rujan 2022.	

CNUS



- 11 Cirkulacijska pumpa za PTV, proizvod kao „WILO“, tip kao STRATOS MAXO 25/05-6, $Q=2,24 \text{ m}^3/\text{h}$, $\Delta p=39,7 \text{ kPa}$, $P=60 \text{ W}$, (230 V / 50 Hz)
- 12 Cirkulacijska pumpa za grijač KK, proizvod kao „WILO“, tip kao STRATOS PICO 25/05-8, $Q=1,05 \text{ m}^3/\text{h}$, $\Delta p=64,4 \text{ kPa}$, $P=50 \text{ W}$, (230 V / 50 Hz)
- 13 Cirkulacijska pumpa za ventilokonvektore, proizvod kao „WILO“, tip STRATOS PICO 15/05-6, $Q=0,79 \text{ m}^3/\text{h}$, $\Delta p=54,3 \text{ kPa}$, $P=30 \text{ W}$, (230 V / 50 Hz)
- 14 Cirkulacijska pumpa podno grijanje suterena, proizvod kao „WILO“, tip kao STRATOS PICO 25/05-8, $Q=1,06 \text{ m}^3/\text{h}$, $\Delta p=62,5 \text{ kPa}$, $P=50 \text{ W}$, (230 V / 50 Hz)
- 15 Cirkulacijska pumpa za podno grijanje kuće, proizvod kao „WILO“, tip kao STRATOS MAXO 25/05-8, $Q=2,19 \text{ m}^3/\text{h}$, $\Delta p=57,3 \text{ kPa}$, $P=90 \text{ W}$, (230 V / 50 Hz)
- 16 Cirkulacijska pumpa za izmjenjivač unutarnjeg bazena, proizvod kao „WILO“, tip STRATOS MAXO 30/0,5-8, $Q=2,08 \text{ m}^3/\text{h}$, $\Delta p=51,6 \text{ kPa}$, $P=70 \text{ W}$, (230 V / 50 Hz)
- 17 Cirkulacijska pumpa za ventilokonvektore, proizvod kao „WILO“, tip kao STRATOS MAKSO 40/05-12, $Q=8,3 \text{ m}^3/\text{h}$, $\Delta p=74,3 \text{ kPa}$, $P=300$, (230 V / 50 Hz)

- 21 Cirkulacijska pumpa za hlađenje ventilokonvektorima, proizvod kao „WILO“, tip kao STRATOS MAXO 25/05-10, $Q=1,01 \text{ m}^3/\text{h}$, $\Delta p=62,2 \text{ kPa}$, $P=100 \text{ W}$, (230 V / 50 Hz)
- 22 Cirkulacijska pumpa hlađenje suterena, proizvod kao „WILO“, tip STRATOS MAXO 25/05-10, $Q=0,93 \text{ m}^3/\text{h}$, $\Delta p=48,1 \text{ kPa}$, $P=70 \text{ W}$, (230 V / 50 Hz)
- 23 Cirkulacijska pumpa za podno/zidno hlađenje kuće, proizvod kao „WILO“, tip kao STRATOS MAXO 32/05-12, $Q=3,2 \text{ m}^3/\text{h}$, $\Delta p=59,8 \text{ kPa}$, $P=180 \text{ W}$, (230 V / 50 Hz)
- 24 Cirkulacijska pumpa za hladnjak KK, proizvod kao „WILO“, tip kao STRATOS MAXO 25/05-10, $Q=2,05 \text{ m}^3/\text{h}$, $\Delta p=55,9 \text{ kPa}$, $P=110 \text{ W}$, (230 V / 50 Hz)



SVEUČILIŠTE U RIJECI
TEHNIČKI FAKULTET
51000 RIJEKA, Vukovarska 58, HRVATSKA

Naziv građevine: Obiteljska kuća za odmor	Predmet: TKIAR	List: 11	Listova: 11
Izradio: Kristijan Rudan	Mentor: Izv. prof. dr. sc. Igor Wolf		
Sadržaj nacrt: Funkcionalna shema strojarnice	Mjerilo: /	Datum: rujan 2022.	