Projekt sustava grijanja dizalicom topline

Herceg, Stjepan

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:605231

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Stjepan Herceg

Zagreb, 2019.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor: Student:

Prof. dr. sc. Igor Balen, dipl. ing. Stjepan Herceg

Zagreb, 2019.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se svome mentoru prof. dr. sc. Igoru Balenu na pruženim stručnim savjetima, susretljivosti i strpljenju tijekom izrade ovog rada.

Stjepan Herceg

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE
Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:
procesno-energetski, konstrukcijski, brodostrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Stjepan Herceg** Mat. br.: 0035206035

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Projekt sustava grijanja dizalicom topline**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Design of heating system with heat pump**

Opis zadatka:

Potrebno je izraditi projekt sustava grijanja stambeno poslovne zgrade sa trideset stanova i jednim poslovnim prostorom na sedam etaža (Pr+1K+2K+3K+4K+5K+6K) ukupne površine 3800 m², prema zadanoj arhitektonskoj podlozi. Kao izvor topline predvidjeti dizalicu topline zrak-voda. Predvidjeti individualno mjerenje potrošnje toplinske energije za grijanje na ulazu u svaku vlasničku cjelinu. Izračunati godišnju potrebnu toplinsku energiju za grijanje i za pripremu potrošne tople vode prema Algoritmu za izračun energetskih svojstava zgrada.
Za zgradu predvidjeti sustav radijatorskog grijanja s temperaturnim režimom tople vode 55/40°C. Predvidjeti akumulacijski sustav pripreme potrošne tople vode i osmisliti sustav bilanciranja potrošnje tople vode po vlasničkim cjelinama. Zgrada se nalazi na području grada Splita.

Na raspolaganju su energetski izvori:
- elektro - priključak 220/380V; 50Hz,
- vodovodni priključak tlaka 5 bar.

Rad treba sadržavati:
- pregled sustava grijanja stambeno poslovnih zgrada s osnovnim shemama,
- toplinsku bilancu za zimsko razdoblje prema normi HRN EN 12831,
- tehničke proračune koji definiraju izbor opreme,
- tehnički opis funkcije sustava,
- funkcionalnu shemu spajanja sustava,
- crteže kojima se definira raspored i montaža opreme.

U radu navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:
29. studenog 2018.

Rok predaje rada:
1. rok: 22. veljače 2019.
2. rok (izvanredni): 28. lipnja 2019.
3. rok: 20. rujna 2019.

Predviđeni datumi obrane:
1. rok: 25.2. - 1.3. 2019.
2. rok (izvanredni): 2.7. 2019.
3. rok: 23.9. - 27.9. 2019.

Zadatak zadao:
Prof. dr. sc. Igor Balen

Predsjednik Povjerenstva:
Prof. dr. sc. Igor Balen

SADRŽAJ

SADRŽAJ 5
POPIS SLIKA 7
POPIS TABLICA 8
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE 9
POPIS OZNAKA 10
SAŽETAK 14
SUMMARY 15
1. SUSTAVI GRIJANJA U STAMBENIM ZGRADAMA 16
1.1. Toplinska ugodnost 16
1.2. Sustavi grijanja 17
1.3. Potrošna topla voda 20
2. TOPLINSKA BILANCA ZGRADE 21
2.1. Opis zgrade 21
2.2. Toplinski gubici 22
2.2.1. Pregled osnovnih formula norme HRN EN 12831[4] 22
2.2.2. Ulazni podaci za proračun toplinskih gubitaka 25
2.2.3 Rezultati proračuna toplinskih gubitaka 27
2.3. Proračun godišnje potrebne energije za grijanje $Q_{H,nd}$ 30
2.3.1 Pregled osnovnih formula algoritma [7] 31
2.3.2. Ulazni podaci za proračun 34
2.3.3 Rezultati proračuna 35
2.4. Proračun potrebne toplinske energije za pripremu potrošne tople vode (PTV) 37
3. DIMENZIONIRANJE SUSTAVA GRIJANJA 39
3.1. Odabir radijatora 39
3.2. Odabir kupaonskih grijača 41
3.3. Spajanje radijatora na sustav grijanja 46
5. DIMENZIONIRANJE I ODABIR OPREME SUSTAVA 49
5.1. Odabir dizalice topline zrak-voda 49
5.2. Odabir međuspremnika 51

5.2. Dimenzioniranje cijevnog razvoda primarnog kruga 52
5.3. Cijevni razvod sekundarnog kruga i cirkulacijska pumpa za stambeni dio zgrade 52
5.4. Cijevni razvod sekundarnog kruga i cirkulacijska pumpa za poslovni prostor 54
5.5. Ekspanzijska posuda sustava grijanja 56
5.6. Kalorimetar 58
6. SUSTAV PRIPREME POTROŠNE TOPLE VODE 59
6.1. Dimenzioniranje i odabir spremnika PTV-a 59
5.2. Dimenzioniranje i odabir recirkulacijske pumpe PTV-a 61
6. TEHNIČKI OPIS SUSTAVA 63
6.1. Sustav grijanja 63
6.2. Sustav pripreme potrošne tople vode 64
6.3. Regulacija sustava 64
7. ZAKLJUČAK 65
POPIS LITERATURE 66

POPIS SLIKA

SLIKA 1. PARAMETRI TOPLINSKE UGODNOSTI [1] 17
SLIKA 2. PRINCIP RADA DIZALICE TOPLINE [2] 19
SLIKA 3. AKUMULACIJSKI SUSTAV PRIPREME PTV-A DIZALICOM TOPLINE [3] 20
SLIKA 4. SJEVERNO I ISTOČNO/ZAPADNO PROČELJE ZGRADE 21
SLIKA 5. TLOCRT KARAKTERISTIČNE ETAŽE ZGRADE 21
SLIKA 6. PRIKAZ POTREBNE MJESEČNE TOPLINSKE ENERGIJE ZA GRIJANJE POSLOVNOG DIJELA ZGRADE 35
SLIKA 7. PRIKAZ POTREBNE MJESEČNE TOPLINSKE ENERGIJE ZA GRIJANJE STAMBENOG DIJELA ZGRADE 36
SLIKA 8. RADIJATOR PURMO COMPACT C22 [8] 39
SLIKA 9. UGRADBENE DIMENZIJE RADIJATOR COMPACT C22 [8] 39
SLIKA 10. KUPAONSKE LJESTVE DELLA [9] 42
SLIKA 11. UGRADBENE MJERE CIJEVNIH GRIJAČA [9] 42
SLIKA 12. RAZDJELNIK IVAR „KSA 037 B06“ [10] 46
SLIKA 13. PODŽBUKNI ORMARIĆ IVAR AC 830 [10] 47
SLIKA 14. DAIKIN ALTERMA HIGH TEMPERATURE FLEX TYPE [12] 49
SLIKA 15. MEĐUSPREMNIK TOPLINE CAS 1001 [13] 51
SLIKA 16. PUMPA MAGNA3 32-60N [14] 53
SLIKA 17. DIJAGRAM RADNE KRIVULJE PUMPE STAMBENOG DIJELA ZGRADE [14] 54
SLIKA 18. PUMPA ALPHA2 25-40N 130 [14] 55
SLIKA 19. DIJAGRAM RADNE KRIVULJE PUMPE POSLOVNOG PROSTORA [14] 56
SLIKA 20. MEMBRANSKA EKSPANZIJSKA POSUDA FLEXCON 800 [15] 58
SLIKA 21. ULTRAZVUČNI KALORIMETAR 2WR6 [17] 58
SLIKA 22. AKUMULACIJSKI SPREMNIK PTV-A CAS-S [13] 61
SLIKA 23. RECIRKULACIJSKA PUMPA COMFORT UP15-14B PM [14] 62
SLIKA 24. VODOMJER GSD8-FM [19] 62

POPIS TABLICA

TABLICA 1. UNUTARNJE PROJEKTNE TEMPERATURE 25
TABLICA 2. VRIJEDNOSTI U KOEFICIJENATA ZA POJEDINE GRAĐEVNE ELEMENTE 26
TABLICA 3. PODACI ZA PRORAČUN VENTILACIJSKIH GUBITAKA PREMA NORMI 26
TABLICA 4. FAKTORI SMANJENJA TEMPERATURNE RAZLIKE ZA NEGRIJANE PROSTORE PREMA NORMI 26
TABLICA 5. KOREKCIJSKI FAKTOR ZA PONOVNO ZAGRIJAVANJE ZGRADE PREMA NORMI . 27
TABLICA 6. OPIS I KARAKTERISTIKE PROSTORIJE 211 27
TABLICA 7. TRANSMISIJSKI TOPLINSKI GUBICI PREMA VANJSKOM OKOLIŠU PROSTORIJE 211 27
TABLICA 8. TOPLINSKI MOSTOVI PREMA VANJSKOM OKOLIŠU PROSTORIJE 211 28
TABLICA 9. TRANSMISIJSKI TOPLINSKI GUBICI PROSTORIJE 211 KROZ PROSTORIJE GRIJANE NA RAZLIČITU TEMPERATURU 28
TABLICA 10. TOPLINSKI GUBICI ZGRADE PO STANOVIM I ETAŽAMA 30
TABLICA 11. ULAZNI PODACI ZA PRORAČUN GODIŠNJE POTREBE ZA ENERGIJOM 34
TABLICA 12. ..... PODACI ZA PRORAČUN GODIŠNJE POTREBNE ENERGIJE ZA POSLOVNI I STAMBENI DIO 35
TABLICA 13. DETALJNIJI PRIKAZ PRORAČUNA GODIŠNJE TOPLINSKE ENERGIJE ZA GRIJANJE POSLOVNOG PROSTORA 36
TABLICA 14. DETALJNIJI PRIKAZ PRORAČUNA GODIŠNJE TOPLINSKE ENERGIJE ZA GRIJANJE STAMBENOG DIJELA ZGRADE 37
TABLICA 15. KARAKTERISTIKE RADIJATORA TIP C22 OD PROIZVOĐAČA [8] 41
TABLICA 16. KARAKTERISTIKE KUPAONSKIH GRIJAČA OD PROIZVOĐAČA [9] 43
TABLICA 17. ..... ODABRANI RADIJATORI – USPOREDBA UČINA RADIJATORA I TOPLINSKIH GUBITAKA 44
TABLICA 18. ODABRANI RAZDJELNICI I PODŽBUKNI ORMARIĆI 47
TABLICA 19. KARAKTERISTIKE PLASTIČNIH CIJEVI RADOPRESS PE-X [11] 48
TABLICA 20. TEHNIČKE KARAKTERISTIKE VANJSKE JEDINICE DIZALICE TOPLINE 50
TABLICA 21. TEHNIČKE KARAKTERISTIKE UNUTARNJE JEDINICE DIZALICE TOPLINE 50
TABLICA 22. TEHNIČKE KARAKTERISTIKE SPREMNIKA CAS 1001 51
TABLICA 23. PRORAČUN PADA TLAKA PRIMARNOG KRUGA 52
TABLICA 24. PRORAČUN PADA TLAKA SEKUNDARNOG KRUGA GRIJANJA STAMBENOG DIJELA ZGRADE 53
TABLICA 25. PRORAČUN PADA TLAKA SEKUNDARNOG KRUGA GRIJANJA POSLOVNOG DIJELA ZGRADE 54
TABLICA 26. UKUPAN VOLUMEN VODE U SUSTAVU 56
TABLICA 27. TEHNIČKE KARAKTERISTIKE AKUMULACIJSKOG SPREMNIKA PTV-A CAS-S 801 60

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

1. Funkcionalna shema spajanja i automatske regulacije
2. Shema spajanja usponskih vodova
3. Tlocrt podruma – dispozicija opreme
4. Tlocrt prizemlja – dispozicija opreme
5. Tlocrt 1. kata – dispozicija opreme
6. Tlocrt karakterističnog kata – dispozicija opreme
7. Tlocrt 6. kata - dispozicija opreme

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
$\Phi_{GR,i}$	[W]	- projektno toplinsko opterećenje grijanja prostorije
$\Phi_{T,i}$	[W]	- projektni transmisijski toplinski gubici prostorije
$\Phi_{V,i}$	[W]	- projektni ventilacijski toplinski gubici prostorije
$\Phi_{RH,i}$	[W]	- dodatni toplinski učinak za kompenzaciju prekida grijanja
$H_{T,ie}$	[W/K]	- koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema vanjskom okolišu
$H_{T,iue}$	[W/K]	- koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora kroz negrijani prostor prema vanjskom okolišu
$H_{T,ig}$	[W/K]	- stacionarni koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema tlu
$H_{T,ij}$	[W/K]	- koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema susjednom grijanom prostoru različite temperature
$\theta_{int,i}$	[°C]	- unutarnja projektna temperatura grijanog prostora
θ_e	[°C]	- vanjska projektna temperatura
A_k	[m^2]	- površina plohe “k“ (zid, prozor ,vrata) kroz koju prolazi toplina
U_k	[W/m^2K]	- koeficijent prolaza topline građevnog elementa “k“
e_k , e_l	[-]	- korekcijski faktori izloženosti koji uzimaju u obzir klimatske utjecaje kao i vlažnost, temperaturu, brzina vjetra
ψ_l	[W/mK]	- linijski koeficijent prolaza topline linijskog toplinskog mosta “l“
l_l	[m]	- dužina linijskog toplinskog mosta između vanjskog okoliša i prostorije
b_u	[-]	- faktor smanjenja temperaturne razlike koji uzima u obzir temperaturu negrijanog prostora i vanjsku projektnu temperaturu
f_{g1}	[-]	- korekcijski faktor za utjecaj godišnje oscilacije vanjske temperature
f_{g2}	[-]	- faktor smanjenja temperaturne razlike koji uzima u obzir razliku između godišnje srednje vanjske i vanjske projektne temperature
$U_{equiv,k}$	[W/m^2K]	- ekvivalentni koeficijent prolaza topline iz tablica i dijagrama prema tipologiji poda
G_W	[-]	- korekcijski faktor za utjecaj podzemne vode
$\theta_{m,e}$	[°C]	- godišnja srednja vanjska temperatura
f_{ij}	[-]	- faktor smanjanja temperaturne razlike koji uzima u obzir razliku između temperature susjednog prostora i vanjske projektne temperature
θ_{ads}	[°C]	- temperatura prostorije grijane na različitu temperaturu
$H_{V,i}$	[W/K]	- koeficijent ventilacijskih toplinskih gubitaka
V_i	[m^3/h]	- protok zraka u grijani prostor

$V_{inf,i}$	[m^3/h]	- maksimalni protok zrak u prostoriju ulijed infiltracije kroz zazore
ρ_z	[kg/m^3]	- gustoća zraka
c_{pz}	[kJ/kgK]	- specifični toplinski kapacitet zraka
n_{50}	[h^{-1}]	- broj izmjena zraka u prostoriji pri razlici tlaka 50 Pa između prostorije i vanjskog okoliša
e_i	[-]	- koeficijent zaštićenosti, uzima u obzir utjecaj vjetra odnosno zaštićenost zgrade i broj otvora prema okolišu
ε_i	[-]	- korekcijski faktor za visinu, uzima u obzir različit odnos tlakova s povećanjem visine iznad okolnog tla
A_i	[m^2]	- površina poda grijanog prostora
f_{RH}	[W/m^2K]	- korekcijski faktor ovisan o vremenu zagrijavanja i pretpostavljenom padu temperature za vrijeme prekida
$Q_{H,nd,cont}$	[kWh]	- potrebna toplinska energija za grijanje pri kontinuiranom radu
$Q_{H,ht}$	[kWh]	- ukupno izmijenjena toplinska energija u periodu grijanja
$\eta_{H,gn}$	[-]	- faktor iskorištenja toplinskih dobitaka
$Q_{H,gn}$	[kWh]	- ukupni toplinski dobici zgrade u periodu grijanja (ljudi, oprema, uređaji, rasvjeta i sunčevo zračenje)
Q_{Tr}	[kWh]	- izmijenjena toplinska energija transmisijom za proračunsku zonu
Q_{Ve}	[kWh]	- potrebna toplinska energija za ventilaciju/klimatizaciju za proračunsku zonu
Q_{int}	[kWh]	- unutarnji toplinski dobici zgrade
Q_{sol}	[kWh]	- toplinski dobici od Sunčeva zračenja
$Q''_{H,nd}$	[kWh/m^2a]	- godišnja potreba toplinske energije za grijanje stambene zgrade, svedena na jedinicu korisne površine
H_{Tr}	[W/K]	- koeficijent transmisijske izmjene topline proračunske zone
H_{Ve}	[W/K]	- koeficijent ventilacijske izmjene topline proračunske zone
$\vartheta_{int,H}$	[°C]	- unutarnja postavna temperatura grijane zone
ϑ_{e_m}	[°C]	- srednja vanjska temperatura za proračunski period (sat ili mjesec)
t	[h]	- trajanje proračunskog razdoblja
q_{spec}	[W/m^2]	- specifični unutarnji dobitak po m^2 korisne površine
$Q_{sol,k}$	[kWh]	- srednja dozračena energija sunčevog zračenja kroz k-ti građevni dio u grijani prostor
$b_{tr,l}$	[-]	- faktor smanjenja za susjedni negrijani prostor s unutarnjim toplinskim izvorom l
$Q_{sol,u,l}$	[kWh]	- srednja dozračena energija sunčevog zračenja kroz l-ti građevni dio u susjedni negrijani prostor
$F_{sh,ob}$	[-]	- faktor zasjenjenja od vanjskih prepreka direktnom upadu sunčevog zračenja
$S_{S,k}$	[MJ/m^2]	- srednja dozračena energija sunčevog zračenja na površinu građevnog dijela k za promatrani period

$A_{sol,k}$	[m^2]	- efektivna površina građevnog elementa (otvora, zida) k na koju upada sunčevo zračenje
$F_{r,k}$	[-]	- faktor oblika između otvora k i neba
$\Phi_{r,k}$	[W]	- toplinski tok zračenjem od površine otvora k prema nebu
a_H	[-]	- bezdimenzijski parametar ovisan o vremenskoj konstanti zgrade τ
y_H	[-]	- omjer toplinskih dobitaka i ukupne izmijenjene topline transmisijom i ventilacijom u režimu grijanja
$\tau_{H,0}$	[h]	- referentna vremenska konstanta za grijanje
$Q_{H,nd,m,i}$	[kWh/mj]	- toplinska energija za grijanje zgrade (zone) pri nekontinuiranom radu u i-tom mjesecu
$\alpha_{H,red,i}$	[-]	- redukcijski faktor koji uzima u obzir prekide u grijanju u i-tom mjesecu
$Q_{H,nd,con\ t,m,i}$	[kWh/mj]	- toplinska energija za grijanje zgrade (zone) pri kontinuiranom radu u i-tom mjesecu
$L_{H,m,i}$	[d/mj]	- broj dana rada sustava grijanja u i-tom mjesecu
$d_{m,i}$	[d/mj]	- ukupan broj dana u i-tom mjesecu
$f_{H,hr}$	[-]	- udio sati u tjednu tijekom kojih grijanje radi s normalnom postavnom vrijednošću unutarnje temperature
Q_W	[kWh]	- toplinska energija potrebna za pripremu PTV-a u promatranom periodu
$Q_{W,A,a}$	[kWh/m^{2}a]	- specifična toplinska energija potrebn za pripremu PTV-a
d	[dan]	- broj dana u promatranom periodu
Φ	[W]	- toplinski učin radijatora
Φ_n	[W]	- toplinski učin radijatora određen mjerenjem prema normi HRN EN 442
Δt	[K]	- logaritamska razlika temperatura
Δt_n	[W]	- logaritamska razlika temperatura izračunata za temperature zadane normom HRN EN 442
t_z	[°C]	- temperatura polaza vode
t_p	[°C]	- temperatura povrata vode
t_i	[°C]	- temperatura prostorije
Re	[-]	- Reynoldsov broj
ζ	[-]	- faktor lokalnog otpora
R	[Pa/m]	- jedinični pad tlaka
$V_{n,min}$	[l]	- minimalni volumen zatvorene ekspanzijske posude
V_v	[l]	- dodatni volumen (zaliha) ekspanzijske posude
p_e	[bar]	- projektni krajnji tlak u sustavu grijanja
p_0	[bar]	- primarni tlak ekspanzijske posude
V_e	[l]	- volumen širenja vode izazvan povišenjem temperature vode od 10 °C do maksimalne temperature polaznog voda

V_A	[l]	- ukupni volumen vode u sustavu
V_k	[l]	- volumen vode najvećeg trošila u vodovodnom sustavu
ρ_w	[kg/m^3]	- gustoća vode
c_w	[kJ/kgK]	- specifični toplinski kapacitet vode
ϑ_{tw}	[°C]	- temperatura tople vode
ϑ_{hw}	[°C]	- temperatura hladne vode
φ	[-]	- faktor istovremenosti
Z_a	[h]	- broj sati zagrijavanja
Z_b	[h]	- broj sati trajanja najveće potrošnje
b	[-]	- dodatak za mrtvi prostor ispod grijane površine
ϑ_s	[°C]	- temperatura vode u spremniku
Q_w	[W]	- toplinski gubici svih vodova
$l_{w,k}$	[m]	- dužina svih vodova tople vode u podrumu
$q_{w,k}$	[W/m]	- toplinski gubici vodova tople vode smještenih u podrumu
$l_{w,s}$	[m]	- dužina svih vertikalnih vodova tople vode
$q_{w,s}$	[W/m]	- toplinski gubici vertikalnih vodova tople vode
Δp_p	[Pa]	- potrebna dobava recirkulacijske pumpe
$\Sigma l * R$	[Pa]	- ukupni linijski pad tlaka cjevovoda
Δp_{RV}	[Pa]	- pad tlaka u nepovratnom ventilu
Δp_{TH}	[Pa]	- pad tlaka termostatskog ventila

SAŽETAK

U sklopu završnog rada proračunat je i projektiran sustav grijanja i pripreme potrošne tople vode stambeno-poslovne zgrade. Zgrada je površine 3800 m^2 i nalazi se na području grada Splita. Projektni toplinski gubici izračunati su prema normi HRN EN 12831 i iznose 118 kW. Proračun godišnje potrebne toplinske energije za grijanje proveden je prema „Algoritam za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora prema HRN EN ISO 13790“ i iznosi 17 kW/m^2a za poslovni prostor i 24 kW/m^2 za stambeni dio zgrade. Toplinska energija potrebna za pripremu potrošne tople vode iznosi 36480 kWh/a.

Sustav grijanja kao izvor topline koristi visokotemperaturnu dizalicu topline učina 180 kW. Za grijanje pojedinih prostorija zgrade predviđeni su radijatori do kojih cirkulacijske pumpe kroz dvocijevni sustav dobavljaju ogrjevnu voda temperaturnog režima 55/40°C. U sustav se ugrađuje međuspremnik ogrjevne vode kapaciteta 940 l za mirniji rad dizalice topline. U sustavu grijanja nalazi se još i ekspanzijska posuda volumena 800 l za kompenzaciju promjene volumena vode u sustavu i kalorimetri koji mjere potrošnju toplinske energije u svakoj vlasničkoj cjelini.

Sustav pripreme potrošne tople vode zamišljen je kao akumulacijski sa dva spremnika kapaciteta 740 l. Sustav grijanja kao i sustav pripreme potrošne tople vode opremljeni su potrebnom armaturom i regulacijskim elementima za potpuno automatski rad.

U prilogu se nalaze dispozicijski crteži koji definiraju raspored opreme po etažama i funkcionalna shema spajanja sustava i automatske regulacije te shema usponskih vodova ogrjevnih tijela.

SUMMARY

As part of this bachelor thesis a heating system and a domestic hot water system were designed forthe residential business building. Total area of the building is 3800 m^2 and it is located in the area of the City of Split. The total projected losses of the building, calculated according to the HRN EN 12831 standard, are 118 kW. The annual heat energy required for heating is calculated according to the Algorithm for calculation of the necessary energy for heating and cooling the building, according to HRN ISO 13790 and is 17 kWh/m^2a for business space and 24 kWh/m^2a for the residential part of the building. The heat energy required for the preparation of domestic hot water is 36480 kWh/a.

The heating system as a heat source uses a high-temperature heat pump of 180 kW. For heating of individual building rooms, radiators are provided to which the circulation pumps through the two-way pipe system supply the heating water of 55/40°C. The system is equipped with a 940 l hot water tank for a better work of a heat pump. In the heating system, there is also an expansion vessel of 800 l to compensate for the change in volume of water in the system and calorimeters that measure the consumption of heat energy in each property.

The domestic hot water system is designed as an accumulation system with two storage tanks of 740 l capacity each. The heating system as well as the domestic hot water system is equipped with the required armature and control elements for fully automatic operation.

Along with this work, the disposition drawings that define the layout of the equipment by floor and the functional scheme of the system connection and the automatic regulation and runaway heating system diagram are submitted.

1. SUSTAVI GRIJANJA U STAMBENIM ZGRADAMA

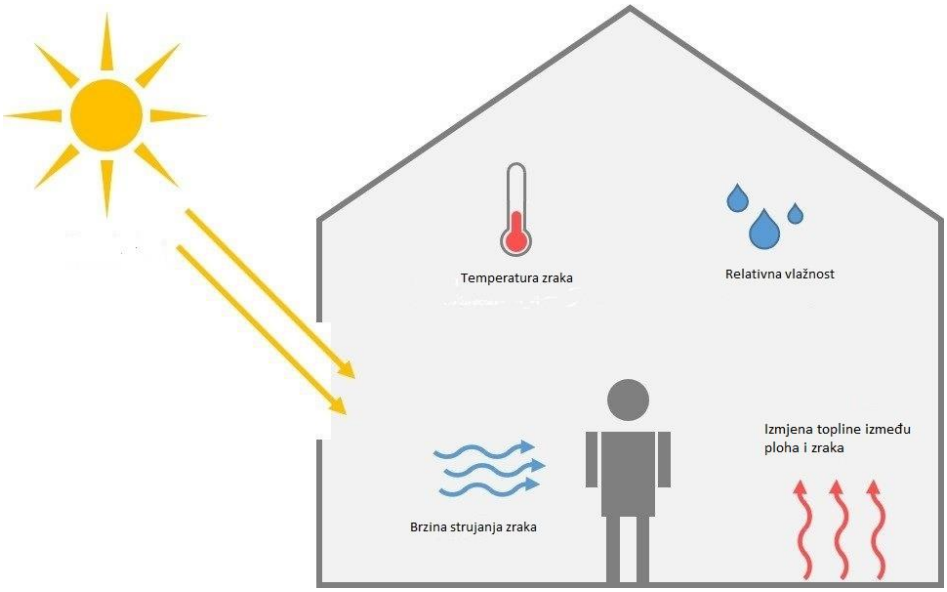
1.1. Toplinska ugodnost

Prema normi ISO 7730, toplinska ugodnost definira se kao stanje svijesti koje izražava zadovoljstvo toplinskim stanjem okoliša. Iz definicije proizlazi da je osjećaj ugodnosti nužno individualan te ga svaka osoba subjektivno određuje pa je nemoguće odrediti određeno stanje okoliša kod kojeg bi baš svaka osoba iskazala zadovoljstvo. Iz tog razloga definiraju se određeni parametri toplinske ugodnosti koji zadovoljavaju većinu korisnika prostora. Ostvarivanje toplinske ugodnosti jedna je od osnovnih zadaća sustava grijanja, ventilacije i klimatizacije. Osnovni parametri koji utječu na toplinsku ugodnost u prostoriji su (slika 1.):

1. Temperatura zraka u prostoriji
2. Temperatura ploha prostorije
3. Vlažnost zraka
4. Smjer i brzina strujanja zraka
5. Razina odjevenosti
6. Razina fizičke aktivnosti
7. Ostali faktori (kvaliteta zraka, buka, namjena prostora, dob korisnika)

Navedene parametre toplinske ugodnosti treba održavati u dozvoljenim rasponima u zoni boravka kako bi se većina korisnika osjećala ugodno. Zona boravka je područje definirano sa 0.5 m od unutarnjih zidova, 1 m od vanjskih zidova, prozora, vrata i radijatora te sa 1.8 m visine. Jedan od najvažnijih parametara koji utječu na toplinsku ugodnost je temperatura zraka. Temperatura zraka definira se u rasponu vrijednosti koji zadovoljavaju većinu korisnika prostorije. Definira se posebno za sezonu grijanja kad bi trebala biti u rasponu između 20°C i 22°C te u sezoni hlađenja kad raspon iznosi između 22°C i 26°C. Za toplinsku ugodnost također je važan temperaturni gradijent po visini prostora i preporuka je da ne bude veći od 3°C od poda do glave korisnika. Uz temperaturu zraka također je važno kontrolirati temperaturu ploha prostorije. Plohe prostorije izmjenjuju toplinu s korisnicima prostorije zračenjem. Stoga je bitno da se ne javi asimetrija između temperatura ploha prostorije te da temperature ploha približno prate temperature zraka u prostoriji. Relativna vlažnost zraka također je bitan faktor kod definiranja toplinske ugodnosti i trebala bi biti u rasponu od 30 do 70 % pri temperaturama zraka od 20 do 25°C. Ako u prostoriji borave korisnici koji se bave značajnijom fizičkom

aktivnošću, relativna vlažnost se može smanjiti zbog velike količine latentne topline koju odaju korisnici. Iznimno bitan parametar u ostvarivanju toplinske ugodnosti je i brzina strujanja zraka. Kako bi izbjegli lokalno hlađenje tijela izazvano strujanjem zraka, za standardne temperaturne uvjete, ograničavamo brzinu strujanja zraka u zoni boravka na 0,25 m/s. Također je bitno da strujanje zraka bude približno konstantno u vremenu bez značajnijih turbulencija.



Slika 1. Parametri toplinske ugodnosti [1]

Parametri koji se također uzimaju u obzir su razina fizičke aktivnosti i razina odjevenosti. Razina fizičke aktivnosti određuje koliko topline tijelo izmjeni s okolišem. Određuje se kao prosječna razina aktivnosti u posljednjih sat vremena. Uz fizičku aktivnost na izmjenu topline s okolinom utječe i razina odjevenosti. Definira se kao toplinski otpor odjeće. Zbroj toplinskih otpora pojedinih dijelova odjeće predstavlja ukupni toplinski otpor. Korisnici prostora mogu imati pritužbe na ugodnost i kada su parametri toplinske ugodnosti unutar zadovoljavajućih raspona. Pritužbe su obično na kvalitetu zraka. Zrak u prostoriji može sadržavati razne čestice, plinove te mirise koji utječu na kvalitetu zraka. U prostoru je potrebno održavati dovoljne količine kisika te je potrebno iz prostora eliminirati svu nepotrebnu buku. Svi navedeni parametri toplinske ugodnosti međusobno su povezani te je nemoguće ostvariti istu toplinsku ugodnost u prostoriji promjenom jednog faktora bez da se promjene drugi faktori.

1.2. Sustavi grijanja

Postoje mnoga različita rješenja za izvođenje sustava grijanja. Odabir odgovarajućeg rješenja ovisi o brojnim faktorima kao što su vremenski uvjeti, geografska lokacija, vrijeme korištenja

zgrade, raspoloživost izvora energije, položaj i tip zgrade. Sustave grijanja prema izvedbi dijelimo na:

- Pojedinačne grijače (lokalno)
- Centralno grijanje
- Daljinsko grijanje
- Sustavi posebne izvedbe – obnovljivi izvori energije

Sustavi centralnog grijanja koriste centralni izvor topline za dovođenje topline u više prostorija. U sustavima grijanja koristimo različite ogrjevne medije kako bi toplinu proizvedenu od strane izvora topline predali prostoriji. Prema ogrjevnom mediju sustave dijelimo na:

- Toplozračne sustave
- Zračno-vodene sustave
- Vodene sustave
- Parne sustave

U vodenim sustavima grijanja toplina se do izmjenjivača u prostoriji dovodi cjevovodom kroz koji struji voda. Distribucija vode vrši se pomoću pumpe, a ovisno o broju cijevi sustav dijelimo na jednocijevni ili dvocijevni.

Za izmjenu topline od ogrjevnog medija na prostor koriste se ogrjevna tijela. Ona su osnovni element sustava grijanja i predstavljaju izmjenjivače topline kojima se zagrijava prostor. Izmjena topline između ogrjevnih tijela i prostora vrši se konvekcijom i zračenjem. Ogrjevna tijela dijele se na:

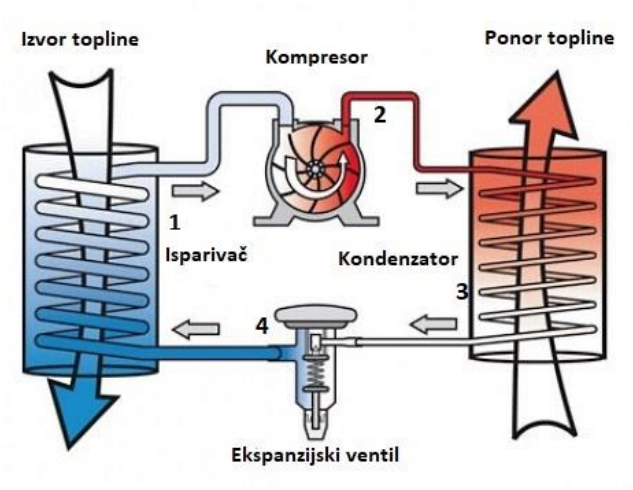
- Člankasta ogrjevna tijela (člankasti radijatori)
- Pločasta ogrjevna tijela (pločasti radijatori)
- Konvektori
- Cijevni grijači (cijevni registri i kupaonski grijači)
- Panelni grijači (podni, zidni, stropni paneli)

Sva navedena ogrjevna tijela imaju iste zahtjeve koje moraju ispuniti, a to su ravnomjerna razdioba temperature po prostoru, visoka učinkovitost, mala masa, jednostavna ugradnja, jednostavno održavanje, uklapanje u interijer izgledom, postojanost na visoku temperaturu, visoki tlak i koroziju. Kod pločastih radijatora dominantna izmjena topline vrši se konvekcijom. Pošto se izrađuju od zavarenih čeličnih ploča također im je povećan udio zračenja s prednje

površine. Sa stražnje strane ugrađuju se konvektorski limovi koji oblikuju okomite kanale kako bi se povećala površina za izmjenu topline konvekcijom. Cijevni grijači imaju relativno malen ogrjevni učin u odnosu na druga ogrjevna tijela, ali zbog svoje jednostavnosti i oblika koriste se u prostorima s malim toplinskim gubicima i prostorima gdje pružaju praktičnost svojim oblikom kao što su kuhinja i kupaonica.

Izvori topline služe za zagrijavanje ogrjevnog medija. Postoje različiti izvori topline, a najvažniji su kotlovi, toplane i obnovljivi izvori energije (dizalice topline, sunčeva energija). Obnovljivi izvori energije sve se češće koriste za potrebe grijanja. Dizalice topline prikupljaju toplinu od izvora topline pri nižim temperaturama i predaju trošilu (ponoru) pri višim temperaturama i za to koristi dovedenu energiju kompresorom (slika 2.). Najčešće su u izvedbi s električnim kompresorom, a mogu biti pogonjene motorom s unutarnjim izgaranjem. Dizalice topline izvode se s tri osnovna tipa izvora/ponora:

- Zrak
- Voda
- Zemlja/tlo.



Slika 2. Princip rada dizalice topline [2]

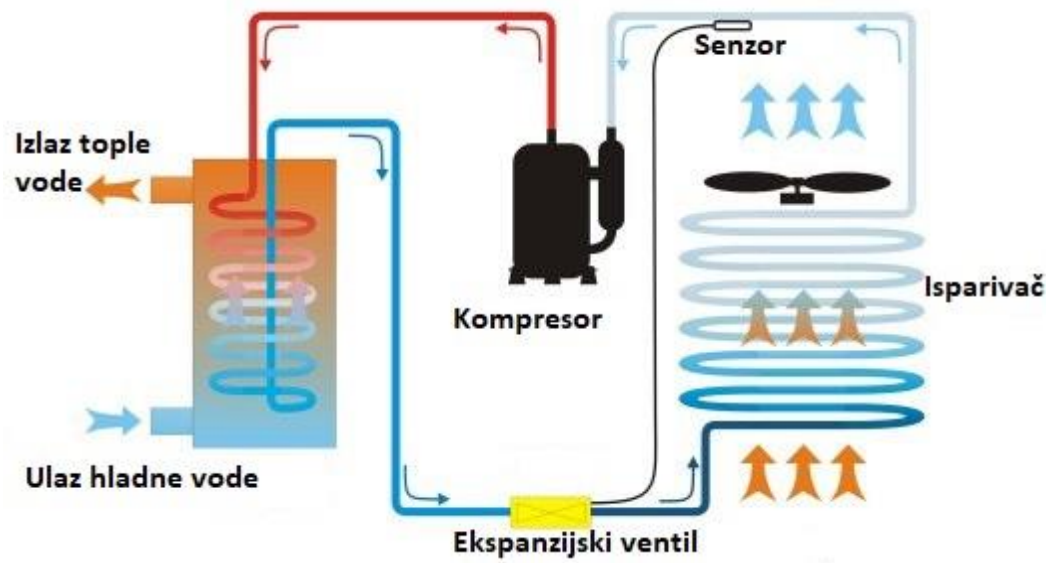
Princip rada dizalice topline sličan je onome rashladnih uređaja samo na višoj temperaturnoj razini. U procesu imamo četiri karakteristične faze prikazane na slici 2 kroz koje prolazi radna tvar 1. isparavanje – 2. kompresija – 3. kondenzacija - 4. ekspanzija. Dizalice topline zrak-voda mogu proizvesti toplinu koja je dva do četiri puta veća od utrošene električne energije. Prednost dizalica topline je što se preokretanjem procesa može dobit rashladni učin (korištenje za hlađenje). Dizalica topline zrak-voda također imaju kompaktnu opremu koja u većini

slučajeva ne zauzima puno prostora unutar same zgrade. Nedostaci takvih sustava su korištenje radnih tvari. Pojedine radne tvari mogu biti štetne za okoliš ako dođe do njihovog propuštanja.

U ovom radu opisat će se sustav dvocijevnog toplovodnog grijanja koji će koristiti pločaste radijatore i cijevne grijače za zagrijavanje pojedinih prostorija, a kao izvor topline koristit će dizalicu toplinu zrak-voda.

1.3. Potrošna topla voda

Potrošna topla voda (PTV) je zagrijana pitka voda do maksimalno 90°C koja se koristi u kućanstvu za osobnu higijenu, kuhanje, čišćenje ili za neke druge potrebe. Potrebna količina potrošne tople vode ovisi o namjeni zgrade, broju stanova, navikama potrošača, danu u tjednu i mnogim drugim uvjetima. Sustav pripreme PTV-a dijeli se na akumulacijske i protočne sustave. Akumulacijski sustavi se koriste na mjestima gdje je potrebna veća količina PTV-a u relativno kratkom razdoblju (bolnice, hoteli, stambene zgrade) pa se PTV priprema unaprijed i akumulira u spremniku (slika 3.). Prednosti akumulacijskog sustava su regulabilna temperatura PTV-a, veliki kapacitet uz manji izvor topline i lako pokrivanje vršnog opterećenja. Nedostaci su stajanje vode u spremniku, veća investicija i veći prostor potreban za ugradnju od protočnog sustav. Stajanjem vode u spremniku javlja se opasnost od pojave legionele, bakterije koja ako se udiše u raspršenom aerosolu može biti smrtonosna. Da bi se spriječila pojava legionele voda se zagrijava na više od 60°C jer pri toj temperaturi legionela ugiba. U sustav pripreme PTV-a također se ugrađuje recirkulacijska pumpa kako bi se spriječilo stajanje vode u spremniku te kako bi se osigurala topla voda na izljevnom mjestu odmah pri otvaranju slavine.



Slika 3. Akumulacijski sustav pripreme PTV-a dizalicom topline [3]

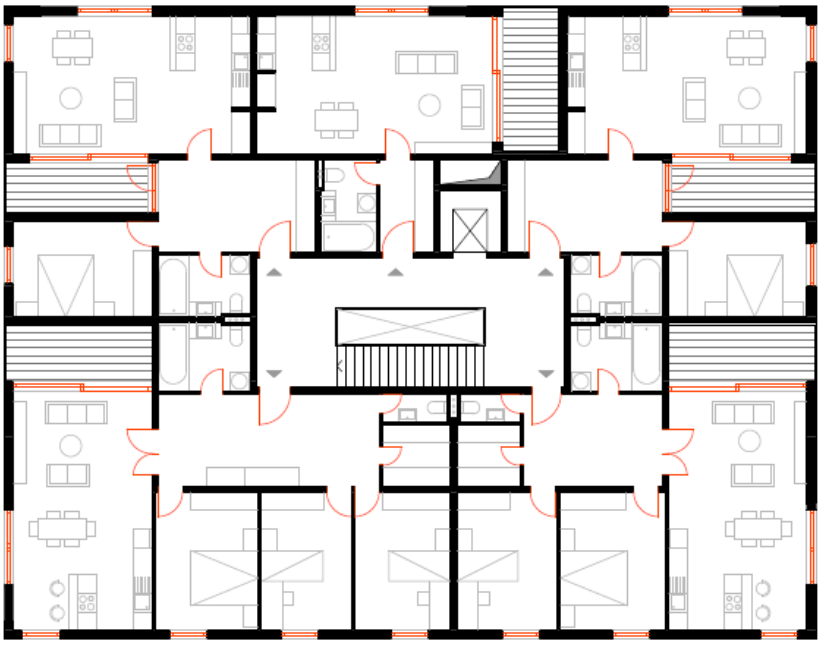
2. TOPLINSKA BILANCA ZGRADE

2.1. Opis zgrade

Poslovno-stambena zgrada na području grada Splita sastoji se od sedam etaža (slika 4.). Zgrada je široka 26 m, duga 20 m i visoka 25 m. Korisna površina zgrade je 2682 m^2. U prizemlju se nalazi poslovni prostor, a stambeni dio na sljedećih 6 etaža. Na svakoj stambenoj etaži nalazi se pet stanova raznih veličina (slika 5.). U centru zgrade nalazi se negrijano stubište. Podrum zgrade služi kao parkirna garaža, a dio podruma kao skladište i strojarnica. Zgrada se ne grije kontinuirano već po potrebi s prekidima.



Slika 4. Sjeverno i istočno/zapadno pročelje zgrade



Slika 5. Tlocrt karakteristične etaže zgrade

2.2. Toplinski gubici

2.2.1. Pregled osnovnih formula norme HRN EN 12831[4]

Ukupni toplinski gubici:

$$\Phi_{GR,i} = \sum \Phi_{T,i} + \sum \Phi_{V,i} + \sum \Phi_{RH,i} \quad [W]$$

$\Phi_{GR,i}$ - projektno toplinsko opterećenje grijanja prostorije [W]

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

$\Phi_{V,i}$ - projektni ventilacijski toplinski gubici prostorije [W]

$\Phi_{RH,i}$ – dodatni toplinski učinak za kompenzaciju prekida grijanja [W]

Transmisijski toplinski gubici:

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

$H_{T,ie}$ – koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema vanjskom okolišu [W/K]

$H_{T,iue}$ - koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora kroz negrijani prostor prema vanjskom okolišu [W/K]

$H_{T,ig}$ – stacionarni koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema tlu [W/K]

$H_{T,ij}$ – koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema susjednom grijanom prostoru različite temperature [W/K]

$\theta_{int,i}$ – unutarnja projektna temperatura grijanog prostora [°C]

θ_e – vanjska projektna temperatura [°C]

Transmisijski gubici prema vanjskom okolišu:

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k * U_k * e_k + \sum_l \psi_l * l_l * e_l \quad [W/K]$$

A_k – površina plohe "k" (zid, prozor ,vrata) kroz koju prolazi toplina [m^2]

U_k – Koeficijent prolaza topline građevnog elementa "k" [W/m^2K]

e_k , e_l- korekcijski faktori izloženosti koji uzimaju u obzir klimatske utjecaje kao vlažnost, temperaturu, brzina vjetra. Određuju se na nacionalnoj razini. Ako vrijednosti nisu određene na nacionalnoj razini uzet 1.

ψ_l – linijski koeficijent prolaza topline linijskog toplinskog mosta "l" [W/mK]

l_l – dužina linijskog toplinskog mosta između vanjskog okoliša i prostorije [m]

Transmisijski gubici kroz negrijane prostore:

$$H_{T,iue} = \sum_k A_k * U_k * b_u + \sum_l \psi_l * l_l * b_u \quad [W/K]$$

b_u – faktor smanjenja temperaturne razlike koji uzima u obzir temperaturu negrijanog prostora i vanjsku projektnu temperaturu

Faktor smanjenja temperaturne razlike određuje se na sljedeći način:

$$b_u = \frac{\theta_{int,i} - \theta_u}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad [-]$$

Transmisijski gubici prema tlu:

$$H_{T,ig} = f_{g1} * f_{g2} * \left(\Sigma_k A_k * U_{equiv,k}\right) * G_W \quad [W/K]$$

f_{g1} – korekcijski faktor za utjecaj godišnje oscilacije vanjske temperature, predložena vrijednost = 1.45

f_{g2} – faktor smanjenja temperaturne razlike koji uzima u obzir razliku između godišnje srednje vanjske i vanjske projektne temperature prema izrazu:

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad [-]$$

$\theta_{m,e}$ – godišnja srednja vanjska temperatura [°C]

$U_{equiv,k}$ – ekvivalentni koeficijent prolaza topline iz tablica i dijagrama prema tipologiji poda (dubina ispod površine tla, B' ...) [W/m^{2}K]

G_W – korekcijski faktor za utjecaj podzemne vode, za udaljenosti poda do vode <1 m uzeti =1.15, inače =1.00

Gubici topline prema susjednim prostorijama grijanim na različitu temperaturu:

$$H_{T,ij} = \sum_k f_{ij} * A_k * U_k \quad [W/K]$$

f_{ij} – faktor smanjenja temperaturne razlike koji uzima u obzir razlikuj između temperature susjednog prostora i vanjske projektne temperature:

$$f_{ij} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{ads}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad [-]$$

θ_{ads} – temperatura prostorije grijane na različitu temperaturu od θ_{int} [°C]

Ventilacijski toplinski gubici:

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

$H_{V,i}$ – koeficijent ventilacijskih toplinskih gubitaka [W/K]

$$H_{V,i} = V_i * \rho_z * c_{pz} = V_i * 0{,}34 \quad [W/K]$$

V_i – protok zraka u grijani prostor [m^3/h]

Protok zraka bez ventilacijskog sustava:

$$V_i = max\left(V_{inf,i}\,, V_{min,i}\right) \quad [m^3/h]$$

$V_{inf,i}$ – maksimalni protok zrak u prostoriju uslijed infiltracije kroz zazore [m^3/h]

$V_{min,i}$ – minimalni higijenski protok zraka [m^3/h]

$$V_{min,i} = n_{min} * V_i \quad [m^3/h]$$

V_i – volumen prostorije izračunat prema unutarnjim dimenzijama (volumen zraka) [m^3]

$$V_{inf,i} = 2 * V_i * n_{50} * e_i * \varepsilon_i \quad [m^3/h]$$

n_{50} – broj izmjena zraka u prostoriji (h^{-1}) pri razlici tlaka 50 Pa između prostorije i vanjskog okoliša

e_i – koeficijent zaštićenosti, uzima u obzir utjecaj vjetra odnosno zaštićenost zgrade i broj otvora prema okolišu

ε_i – korekcijski faktor za visinu, uzima u obzir različit odnos tlakova s povećanjem visine iznad okolnog tla

Dodatni toplinski učinak za kompenzaciju prekida grijanja:

$$\Phi_{RH,i} = A_i * f_{RH} \quad [W]$$

A_i – površina poda grijanog prostora [m^2]

f_{RH} – korekcijski faktor ovisan o vremenu zagrijavanja i pretpostavljenom padu temperature za vrijeme prekida [W/m^2]

2.2.2. Ulazni podaci za proračun toplinskih gubitaka

Za proračun je potrebno odabrati vrijednost vanjske projektne temperature koja se uzima prema podacima propisanim od Ministarstva graditeljstva i prostornog uređenja (MGiPU). Prema meteorološkim podacima MGiPU vanjska projektna temperatura za grad Split iznosi -3°C. Grijanim prostorijama potrebno je odabrati unutarnje projektne temperature prema normi. Odabrane unutarnje projektne temperature prema normi za pojedine prostorije dane su u tablici 1.

Tablica 1. Unutarnje projektne temperature

Prostorija	**Projektna unutarnja temperatura (ϑ_int) [°C]**
Dnevni boravak + kuhinja	20
Spavaća soba	20
Kupaonica	24
Ulazni prostor	15
Wc	20
Stubište	15
Poslovni prostor	20

Vrijednosti koeficijenata prolaza topline U [W/m^2K] prikazani su u tablici 2. U ovom projektu koeficijenti nisu bili zadani već su određeni prema debljini i vrsti pojedinih materijala građevnih elemenata uzimajući u obzir dopuštene vrijednosti koeficijenata prema Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama [5].

Tablica 2. Vrijednosti U koeficijenata za pojedine građevne elemente

Oznaka	**Građevni element**	**U [W/m^{2}K]**	**U_dop [W/m^{2}K]**
VZ	Vanjski zid	0,2	0,45
UDZ	Unutarnji debeli zid	0,7	0,8
UTZ	Unutarnji tanki zid (pregradni zid)	1	-
P	Prozor	1,1	1,8
BV	Balkonska vrata	1,1	1,8
VV	Ulazna vrata metalna	1	2,4
UV	Unutarnja vrata	1,2	-
RK	Ravni krov	0,2	0,3
MKO	Međukatna konstrukcija (prema okolišu)	0,3	0,3
SPG	Strop/pod iznad garaže	0,3	0,3
SPP	Strop/pod iznad podruma	0,3	0,6
SSP	Staklena stijene prizemlje	1,1	1,8
MK	Međukatna konstrukcija	0,4	0,8

Vrijednosti potrebne za proračun ventilacijskih gubitaka prema normi dane su na tablici 3.

Tablica 3. Podaci za proračun ventilacijskih gubitaka prema normi

Prostor	**n[1/h]**
Kupaonica, WC	1,5
Ostale prostorije	0,5
Ostali podaci za proračun ventilacijskih gubitaka	
n_{50}	3 h^{-1}
ε_i	1
e_i	0,03

Pošto postoje prostorije koje se ne griju potrebno je definirati i pripadajuće faktore smanjenja temperaturne razlike. Pošto su nepoznate temperature negrijanih prostora uzimaju se preporučene vrijednosti iz norme.

Tablica 4. Faktori smanjenja temperaturne razlike za negrijane prostore prema normi

Negrijani prostor	**b_u**
Stubište	0,4
Podrum	0,5
Garaža	0,8

Pretpostavljeno je da za vrijeme prekida grijanja temperatura padne za 1 K te da je potrebno 2 sata da se postigne željena temperatura u prostoru kod ponovnog zagrijavanja. Vrijednosti su uzete iz norme, za stambene zgrade male mase. Podaci su prikazani u tablici 5.

Tablica 5. Korekcijski faktor za ponovno zagrijavanje zgrade prema normi

Vrijeme zagrijavanja [h]	Pretpostavljeni pad temperature [K]	f_RH [W/m^2]
2	1	6

2.2.3 Rezultati proračuna toplinskih gubitaka

Toplinski gubici računaju se za pojedinu prostoriju pomoću navedenih formula iz norme. Ovdje je dan primjer računanja toplinskih gubitaka za stan 1, prostoriju 1 na 2. katu (oznaka prostorije 211). Opis i karakteristike prostorije nalaze se u tablici 6. Proračun je proveden pomoću programa MS Excel, a postupak je prikazan u tablici 7 (transmisijski gubici prema vanjskom okolišu), tablici 8 (toplinski mostovi prema vanjskom okolišu) i tablici 9 (transmisijski gubici prema prostorijama grijanim na različitu temperaturu).

Tablica 6. Opis i karakteristike prostorije 211

Kat			2		
Stan			21		
Prostorija			1		
Oznaka prostorije			211		
Projektna unutarnja temperatura			ϑ_int =	20	°C
Projektna vanjska temperatura			ϑ_e =	-3	°C
Geometrija					
Visina		h	2,95	m	
Širina		š	7,7	m	
Duljina		l	4,5	m	
Volumen prostorije		V_int	102	m^3	
Površina poda		A_pod	34,65	m^2	
Broj izmjena zraka		n_min	0,5	h^{-1}	
Faktor izloženosti		e_k	1		

Tablica 7. Transmisijski toplinski gubici prema vanjskom okolišu prostorije 211

Transmisijski gubici prema vanjskom okolišu								
Oznaka	**Građevinski element**	**Strana svijeta**	**dužina (l)**	**širina/visina (h)**	**A_k**	**U_k**	**e_k**	**A_k*U_k*e_k**
			m	**m**	**m^2**	**W/m^2 K**	**-**	**W/K**
P	Prozor	S	2,4	2,2	5,28	1,1	1	5,808
VZ	Vanjski zid	S	8,2	3,15	20,5	0,2	1	4,11
P	Prozor	Z	1,2	2,2	2,64	1,1	1	2,904
VZ	Vanjski zid	Z	5,1	3,15	13,4	0,2	1	2,685
BV	Balkonska vrata	J	3,9	2,75	10,7	1,1	1	11,7975
VZ	Vanjski zid	J	5	3,15	5,02	0,2	1	1,005
Suma svih elemenata					**ΣA_k*U_k*e_k**	**W/K**		**28,3**

Tablica 8. Toplinski mostovi prema vanjskom okolišu prostorije 211

Oznaka	Tolinski most prema vanjskom okolišu	Strana svijeta	dužina (l_k)	ψ_k	e_k	ψ_k*e_k*l_k
			m	W/mK	-	W/K
TMV	Vanjski zid-vertikalno	SZ	3,15	0,01	1	0,0315
TMV	Vanjski zid-vertikalno	JZ	3,15	0,01	1	0,0315
TMU	Vanjski zid-vertikalno	S	3,15	0,195	1	0,61425
TMP	Prozor (donji+gornji+bočni dio)	S	9,2	0,12	1	1,104
TMP	Prozor (donji+gornji+bočni dio)	Z	6,8	0,12	1	0,816
TMB	Balkonska vrata(donji dio)	J	3,9	0,13	1	0,507
TMB	Balkonska vrata(gornji+bočni dio)	J	9,4	0,12	1	1,128
TMZS	Spoj zid-strop	-	18,3	0,33	1	6,039
TMZP	Spoj zid-pod	-	18,3	0,33	1	6,039
Suma toplinskih mostova			**Σ ψ_k*l_k*e_k [W/K]**			**16,3**

Ukupni koeficijent toplinskih gubitaka od grijanog prostora prema vanjskom okolišu jednak je zbroju transmisijskih gubitaka i pripadajućih toplinskih mostova.

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k * U_k * e_k + \sum_l \psi_l * l_l * e_l \quad [W/K]$$

$$H_{T,ie} = 28{,}3 + 16{,}3 = 44{,}6\ W/K$$

Tablica 9. Transmisijski toplinski gubici prostorije 211 kroz prostorije grijane na različitu temperaturu

Transmisijski gubici od grijane prostorije prema prostorijama grijanim na različitu temperaturu								
Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	f_ij	A_k*U_k*f_ij
			m	m	m2	w/m^{2}K	-	W/K
V	Vrata	J	0,8	2,2	1,76	1,2	0,217	0,4591304
UDZ	Unutarnji debeli zid	J	3	2,95	7,09	0,7	0,217	1,0789130
Suma svih elemenata					**Σ A_k*U_k*f_ij**		**[W/K]**	**1,5**

Ukupni toplinski gubici transmisijom dobiju se kao zbroj gubitaka prema vanjskom okolišu i gubitaka prema prostorijama grijanim na različitu temperaturu.

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

$$\Phi_{T,i} = (44{,}6 + 0 + 0 + 1{,}5) * \left(20 - (-3)\right) = 1062\ W$$

Za proračun ventilacijskih gubitaka između protoka zraka u prostoriju uslijed infiltracije i minimalnog protoka zraka zbog higijenskog minimuma odabran je veći za računanje toplinskih gubitaka.

$$V_i = max\left(V_{inf,i}\,, V_{min,i}\right) \quad [m^3/h]$$

$$V_{min,i} = n_{min} * V_i \quad [m^3/h]$$

$$n_{min} = 0{,}5\ h^{-1}$$

$$V_{min,i} = 0{,}5 * 102{,}2 = 51{,}1\ m^3/h$$

$$V_{inf,i} = 2 * V_i * n_{50} * e_i * \varepsilon_i \quad [m^3/h]$$

$$n_{50} = 3\ h^{-1}$$

$$e_i = 0{,}03$$

$$\varepsilon_i = 1$$

$$V_{inf,i} = 2 * 102{,}2 * 3 * 0{,}03 * 1 = 18{,}4\ m^3/h$$

$$V_i = max(18{,}4\,, 51{,}1)$$

$$H_{V,i} = V_i * \rho * c_p = V_i * 0{,}34$$

$$H_{V,i} = V_i * 1{,}2 * 1005 * \frac{1}{3600} = V_i * 0{,}34 = 51{,}1 * 0{,}34 = 17{,}4\ W/K$$

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

$$\Phi_{V,i} = 17{,}4 * \left(20 - (-3)\right) = 400\ W$$

Proračun potrebne topline za ponovno zagrijavanje računa se kao:

$$\Phi_{RH,i} = A_i * f_{RH} \quad [W]$$

$$\Phi_{RH,i} = 34{,}65 * 6 = 208\ W$$

Ukupni toplinski gubici prostorije 211 jednaki su sumi transmisijskih, ventilacijskih gubitaka i topline potrebne za ponovno zagrijavanje prostorije.

$$\Phi_{GR,i} = \sum \Phi_{T,i} + \sum \Phi_{V,i} + \sum \Phi_{RH,i} \quad [W]$$

$$\Phi_{GR,i} = 1062 + 400 + 208 = 1670\ W$$

Cjelokupni proračun toplinskih gubitaka za svaku pojedinu prostoriju nalazi se u Prilogu 1. U tablici 10 dani su rezultati proračuna toplinskih gubitaka po stanovima i etažama

Tablica 10. Toplinski gubici zgrade po stanovim i etažama

Stan	**Površina**	**Φ_GR,i**	**Φ_GR,i/površina**
-	**[m^2]**	**[W]**	**[W/m^2]**
Poslovni prostor			
-	402	18610	46
Kat 1.			
1	70	3209	46
2	108	3926	37
3	87	3488	40
4	70	3345	48
5	45	2237	49
Ukupno	**380**	**16205**	
Karakterističan kat (2.,3.,4.,5.)			
1	70	3204	46
2	108	3637	34
3	87	3497	40
4	70	3334	48
5	45	2146	47
Ukupno	**380**	**15818**	
Kat 6.			
1	70	3883	56
2	108	4635	43
3	87	4330	50
4	70	3988	57
5	45	2651	59
Ukupno	**380**	**19487**	
Ukupni toplinski gubici zgrade (PP+1.kat+4*kar.kat+6.kat) [W]			**117574**
Korisna površina zgrade [m^2]			**2682**
Specifični toplinski gubici [W/m^2]			**44**

Ukupni toplinski gubici prema HRN EN 12831 iznose 117574 W na 2682 m^2 korisne površine što daje 44 W/m^2 specifičnih toplinskih gubitaka.

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

Godišnja potrebna energija za grijanje $Q_{H,nd}$ je količina topline koju sustavom grijanja treba dovesti u zgradu tijekom jedne godine za održavanje unutarnje projektne temperature u zgradi tijekom razdoblja grijanja. Proračun se provodi prema „Algoritam za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje zgrade prema HRN EN ISO 13790“ [7]. Postoji godišnja,

mjesečna i satna metoda. Ovdje će biti predstavljene osnovne formule mjesečne metode po kojoj će se zatim izračunati potrebna godišnja količina topline za grijanje posebno za stambeni, a posebno za poslovni dio zgrade. Posebno se provodi proračun za ova dva dijela zgrade jer postoji razlika u namjeni i vremenu korištenja pojedinog dijela zgrade.

2.3.1 Pregled osnovnih formula algoritma [7]

Potrebna toplinska energija za grijanje:

$$Q_{H,nd,cont} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} Q_{H,gn} \quad [kWh]$$

$Q_{H,nd,cont}$ – potrebna toplinska energija za grijanje pri kontinuiranom radu [kWh]

$Q_{H,ht}$ – ukupno izmijenjena toplinska energija u periodu grijanja [kWh]

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

$Q_{H,gn}$ – ukupni toplinski dobici zgrade u periodu grijanja (ljudi, oprema, uređaji, rasvjeta i sunčevo zračenje) [kWh]

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

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

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

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

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

Toplinski gubici transmisijom i ventilacijom:

$$Q_{Tr} = \frac{H_{Tr}}{1000}\left(\vartheta_{int,H} - \vartheta_e\right)t \quad [kWh]$$

$$Q_{Ve} = \frac{H_{Ve}}{1000}\left(\vartheta_{int,H} - \vartheta_e\right)t \quad [kWh]$$

H_{Tr} – koeficijent transmisijske izmjene topline proračunske zone [W/K]

H_{Ve} – koeficijent ventilacijske izmjene topline proračunske zone [W/K]

$\vartheta_{int,H}$ – unutarnja postavna temperatura grijane zone [°C]

ϑ_{e_m} – srednja vanjska temperatura za proračunski period (sat ili mjesec) [°C]

t- trajanje proračunskog razdoblja [h]

Unutarnji toplinski dobici:

$$Q_{int} = \frac{q_{spec} A_k t}{1000} \quad [kWh]$$

q_{spec} – specifični unutarnji dobitak po m^2 korisne površine [W/m^2]

A_k – korisna površina [m^2]

t - proračunsko vrijeme [h]

Toplinski dobici od sunčeva zračenja:

$$Q_{sol} = \sum_k Q_{sol,k} + \sum_l (1 - b_{tr,l,}) Q_{sol,u,l} \quad [kWh]$$

$Q_{sol,k}$ – srednja dozračena energija sunčevog zračenja kroz k-ti građevni dio u grijani prostor [kWh]

$b_{tr,l}$ - faktor smanjenja za susjedni negrijani prostor s unutarnjim toplinskim izvorom l

$Q_{sol,u,l}$ – srednja dozračena energija sunčevog zračenja kroz l-ti građevni dio u susjedni negrijani prostor [kWh]

Srednja dozračena sunčeva energija kroz prozirni građevni dio zgrade k:

$$Q_{sol,k} = \frac{F_{sh,ob} S_{S,k} A_{sol,k}}{3{,}6} - \frac{F_{r,k} \Phi_{r,k} t}{1000} \quad [kWh]$$

$F_{sh,ob}$ – faktor zasjenjenja od vanjskih prepreka direktnom upadu sunčevog zračenja [-]

$S_{S,k}$ – srednja dozračena energija sunčevog zračenja na površinu građevnog dijela k za promatrani period [MJ/m^2]

$A_{sol,k}$ – efektivna površina građevnog elementa (otvora, zida) k na koju upada sunčevo zračenje [m^2]

$F_{r,k}$ – faktor oblika između otvora k i neba (za nezasjenjeni vodoravni krov =1, za nezasjenjeni okomiti zid =0.5)

$\Phi_{r,k}$ – toplinski tok zračenjem od površine otvora k prema nebu [W]

t - proračunsko vrijeme [h]

Faktor iskorištenja toplinskih dobitaka:

$\eta_{H,gn} = \frac{1-y_H^{a_H}}{1-y_H^{a_H+1}}$ za $y_H > 0$ i $y_H \neq 1$ $[-]$

$\eta_{H,gn} = \frac{a_H}{a_H+1}$ za $y_H = 0$ $[-]$

$\eta_{H,gn} = \frac{1}{y_H}$ za $y_H < 0$ $[-]$

a_H - bezdimenzijski parametar ovisan o vremenskoj konstanti zgrade τ [-]

y_H – omjer toplinskih dobitaka i ukupne izmijenjene topline transmisijom i ventilacijom u režimu grijanja:

$$y_H = \frac{Q_{H,gn}}{Q_{H,ht}}$$

Bezdimenzijski parametar računa se iz sljedećeg izraza:

$$a_H = a_0 + \frac{\tau}{\tau_{H,0}}$$

$\tau_{H,0}$ – referentna vremenska konstanta za grijanje, za mjesečni proračun iznosi 15 h

a_0 – bezdimenzijski parametar, za mjesečni proračun iznosi 1

Izračun mjesečnih vrijednosti pri nekontinuiranom radu:

$$Q_{H,nd,m,i} = \alpha_{H,red,i} * Q_{H,nd,con\,t,m,i} \frac{L_{H,m,i}}{d_{m,i}} \quad [kWh]$$

$$\alpha_{H,red} = 1 - 3 * \left(\frac{\tau_{H,0}}{\tau}\right) * y_H * \left(1 - f_{H,hr}\right) \quad [-]$$

$Q_{H,nd,m,i}$ – toplinska energija za grijanje zgrade (zone) pri nekontinuiranom radu u i-tom mjesecu [kWh/mj]

$\alpha_{H,red,i}$ – redukcijski faktor koji uzima u obzir prekide u grijanju u i-tom mjesecu [-]

$Q_{H,nd,con\,t,m,i}$ – toplinska energija za grijanje zgrade (zone) pri kontinuiranom radu u i-tom mjesecu [kWh/mj]

$L_{H,m,i}$ – broj dana rada sustava grijanja u i-tom mjesecu [d/mj]

$d_{m,i}$ – ukupan broj dana u i-tom mjesecu [d/mj]

$f_{H,hr}$ – udio sati u tjednu tijekom kojih grijanje radi s normalnom postavnom vrijednošću unutarnje temperature [-]

Godišnja potrebna energija za grijanje:

$$Q_{H,nd,a} = \sum_{i=1}^{12} Q_{H,nd,m,i} \quad [kWh/a]$$

Vrijednost godišnje energije za grijanje, svedena na jedinicu korisne površine:

$$Q''_{H,nd} = \frac{Q_{H,nd,a}}{A_k} \quad [kWh/m^2a]$$

A_k – korisna površina zgrade (zone) [m^2]

2.3.2. Ulazni podaci za proračun

Ulazni podaci za proračun su srednja mjesečna vanjska temperatura odabrana iz podataka MGiPU za meteorološku postaju Split-Marjan i broj dana i sati po mjesecu. Vrijednosti se nalaze u tablici 11.

Tablica 11. Ulazni podaci za proračun godišnje potrebe za energijom

mjesec	broj dana	broj sati	ϑ_e,m
siječanj	31	744	6,6
veljača	28	672	7,5
ožujak	31	744	9,9
travanj	30	720	13,4
svibanj	31	744	18
lipanj	30	720	21,6
srpanj	31	744	24,5
kolovoz	31	744	24
rujan	30	720	20,5
listopad	31	744	16,2
studeni	30	720	11,6
prosinac	31	744	7,9
Ukupno	**365**	**8760**	

Unutarnja proračunska temperatura u obje zone iznosi 20°C. Zgrada je podijeljena na dva funkcionalna dijela koji se koriste u različito vrijeme. Radno vrijeme sustava grijanja poslovnog prostora je tijekom tjedna od 6:00 do 22:00, a subotom od 8:00 do 15:00 dok je nedjeljom poslovni prostor zatvoren. Vrijeme rada sustava grijanja je svaki dan od 6:00 do 24:00.

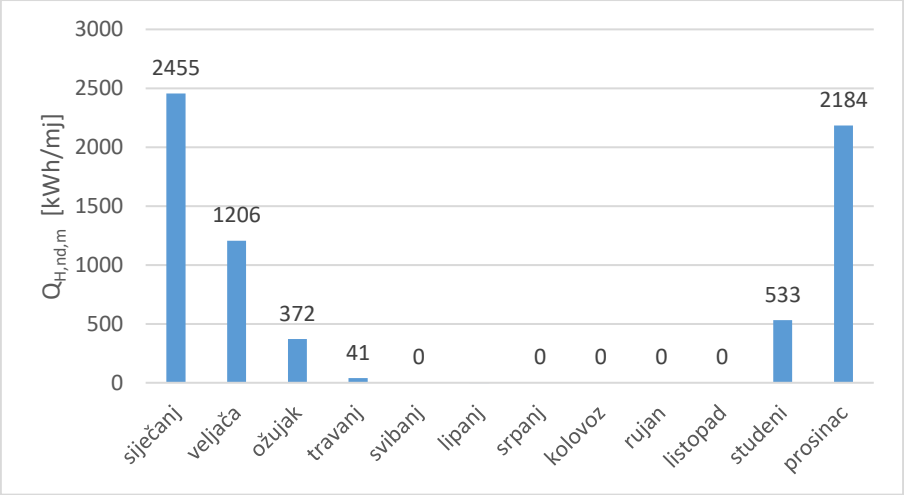
Unutarnji izvori topline iznose 6 W/m^2 za poslovni prostor, a za stambeni dio zgrade 5 W/m^2. Ostali izračunati podaci potrebni za proračun nalaze se u tablici 12.

Tablica 12. Podaci za proračun godišnje potrebne energije za poslovni i stambeni dio

Poslovni dio			Stambeni dio		
H_Tr	442	W/K	H_Tr	2053	W/K
H_Ve	257	W/K	H_Ve	865	W/K
A_k	402	m2	A_k	2280	m2

2.3.3 Rezultati proračuna

Proračun je proveden pomoću programa MS Excel-a prema navedenim formulama. Dobivene mjesečne vrijednosti potrebne energije za grijanje za poslovni dio zgrade kao i za stambeni dio zgrade prikazane su grafovima (slika 6. i 7.). Detaljniji proračuni dani su u tablicama 13. i 14.

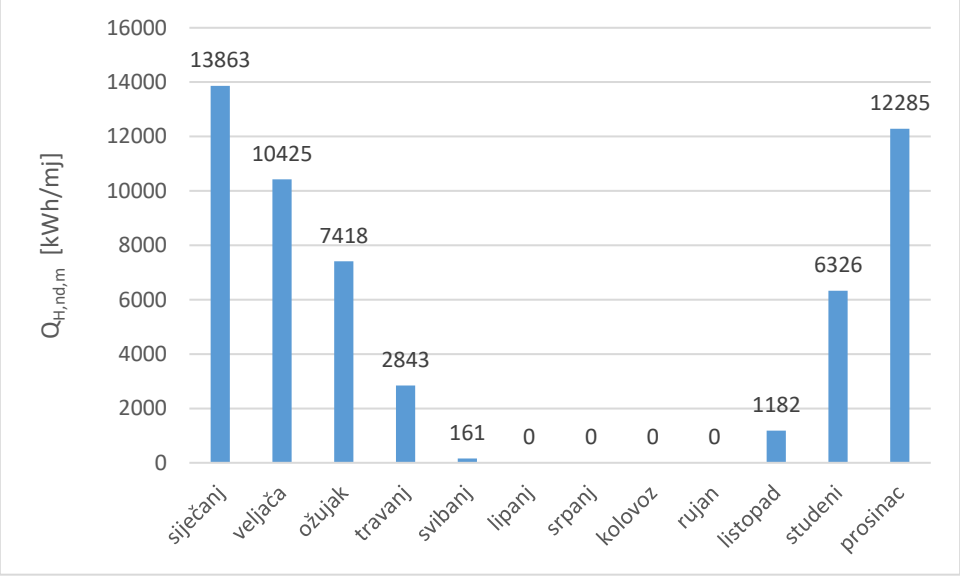


Slika 6. Prikaz potrebne mjesečne toplinske energije za grijanje poslovnog dijela zgrade

Tablica 13. Detaljniji prikaz proračuna godišnje toplinske energije za grijanje poslovnog prostora

Mjesec	Q_Tr	Q_Ve	Q_ht	Q_sol	Q_int	Q_gn	y_H	η_H,gn	α_H,red	Q_h,nd,cont,m	Q_H,nd,m
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[-]	[-]	[-]	[kWh]	[kWh]
siječanj	4407	2562	6969	1998	1795	3793	0,54	0,96	0,74	3338	2455
veljača	3713	2159	5872	2817	1621	4437	0,76	0,89	0,63	1921	1206
ožujak	3321	1931	5253	4547	1795	6342	1,21	0,72	0,52	715	372
travanj	2100	1221	3322	5888	1737	7625	2,3	0,43	0,52	78	41
svibanj	658	382	1040	7730	1795	9524	9,16	0,11	0,52	1	0
lipanj	-509	-296	-805	8788	1737	10524	-13,1	-0,08	1,00	0	0
srpanj	-1480	-860	-2340	8834	1795	10628	-4,54	-0,22	1,00	0	0
kolovoz	-1315	-765	-2080	7420	1795	9214	-4,43	-0,23	1,00	0	0
rujan	-159	-93	-252	5273	1737	7010	-27,9	-0,04	1,00	0	0
listopad	1250	727	1976	3851	1795	5645	2,86	0,35	0,52	0	0
studeni	2673	1554	4228	2200	1737	3937	0,93	0,83	0,54	978	533
prosinac	3979	2314	6293	1664	1795	3459	0,55	0,95	0,73	2990	2184
										Q_H,nd,a	**6790 kWh/a**

Ukupna potrebna energija za grijanje poslovnog prostora dobije se kao suma mjesečnih potreba i iznosi 6790 kWh/a što podijeljeno s korisnom površinom od 402 m^2 iznosi 17 kWh/m^2a.



Slika 7. Prikaz potrebne mjesečne toplinske energije za grijanje stambenog dijela zgrade

Tablica 14. Detaljniji prikaz proračuna godišnje toplinske energije za grijanje stambenog dijela zgrade

mjesec	Q_Tr	Q_Ve	Q_ht	Q_sol	Q_int	Q_gn	y_H	η_H,gn	α_H,red	Q_h,nd,cont,m	Q_H,nd,m
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[-]	[-]	[-]	[kWh]	[kWh]
siječanj	20468	8624	29091	4007	8482	12488	0,43	0,85	0,75	18484	13863
veljača	17245	7266	24511	5578	7661	13239	0,54	0,80	0,75	13899	10425
ožujak	15427	6500	21927	8579	8482	17060	0,78	0,71	0,75	9890	7418
travanj	9756	4110	13866	10932	8208	19140	1,38	0,53	0,75	3790	2843
svibanj	3055	1287	4342	13935	8482	22416	5,16	0,18	0,75	214	161
lipanj	-2365	-996	-3362	15638	8208	23846	-7,09	-0,14	1,00	0	0
srpanj	-6873	-2896	-9769	15616	8482	24098	-2,47	-0,40	1,00	0	0
kolovoz	-6110	-2574	-8684	13375	8482	21857	-2,52	-0,40	1,00	0	0
rujan	-739	-311	-1050	9720	8208	17928	-17,1	-0,06	1,00	0	0
listopad	5804	2446	8250	7342	8482	15823	1,92	0,42	0,75	1576	1182
studeni	12417	5232	17648	4376	8208	12584	0,71	0,73	0,75	8435	6326
prosinac	18482	7787	26269	3284	8482	11766	0,45	0,84	0,75	16379	12285
										Q_H,nd,a	**54502 kWh/a**

Ukupna potrebna energija za grijanje stambenog dijela dobije se kao suma mjesečnih potreba i iznosi 54502 kWh/a što podijeljeno s korisnom površinom od 2280 m^2 daje 24 kWh/m^2a.

2.4. Proračun potrebne toplinske energije za pripremu potrošne tople vode (PTV)

Količina toplinske energije potrebne za pripremu potrošne tople vode računa se prema „Algoritam za određivanje energetskih zahtjeva i učinkovitosti termotehničkih sustava u zgradama prema normi HRN EN 15316 [8]“. Kako u poslovnom prostoru nisu predviđene prostorije koje koriste PTV proračun će se provest za stambeni dio prema formuli:

$$Q_W = \frac{Q_{W,A,a}}{365} * A_k * d \qquad [kWh]$$

Q_W –toplinska energija potrebna za pripremu PTV-a u promatranom periodu [kWh]

$Q_{W,A,a}$ – specifična toplinska energija potrebna za pripremu PTV-a [kWh/m^2a]

$Q_{W,A,a}$ = 12,5 kWh/m^2a za zgrade s 3 stambene jedinice

$Q_{W,A,a}$ = 16 kWh/m^2a za zgrade s više od 3 stambene jedinice

A_k – korisna površina zgrade [m^2]

d – broj dana u promatranom periodu [dan]

$$Q_W = \frac{16}{365} * 2280 * 365 = 36480\ kWh/a$$

Za pripremu PTV-a godišnje je potrebno 36480 kWh/a toplinske energije.

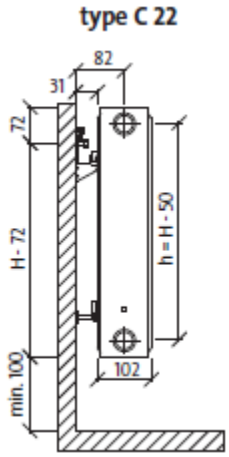
3. DIMENZIONIRANJE SUSTAVA GRIJANJA

3.1. Odabir radijatora

Kao ogrjevna tijela u zgradi odabrani su pločasti radijatori tvrtke Purmo. Pločastih radijatori, od strane proizvođača, ponuđeni se u raznim izvedbama. Odabrani su radijatori modela Compact tipa C22 koji se sastoji od dvije ogrjevne ploče i dva kompleta konvektorskih limova (slika 8. i 9.). Odabrani radijatori opremljeni su odzračnim ventilom, termostatskim ventilom i po dva standardna priključka sa svake strane za spajanje na razvodni cjevovod. Radijatori se na dvocijevni razvod spajaju H-ventilima.



Slika 8. Radijator Purmo Compact C22 [9]



Slika 9. Ugradbene dimenzije radijator Compact C22 [9]

Odabir pojedinih radijatora vrši se iz kataloga proizvođača prema izračunatim projektnim toplinski gubicima prostorija. U katalogu proizvođača ogrjevni učin radijatora izražen je u sukladnosti s normom HRN EN 442 za standardni temperaturni režim 75/65°C. Budući da kroz ogrjevna tijela struji voda temperaturnog režima 55/40°C, učin radijatora potrebno je preračunati na zadani temperaturni režim te odabrati radijatore iz kataloga proizvođača. Koriste se sljedeće dvije formule:

$$\Phi = \Phi_n * [\frac{\Delta t}{\Delta t_n}]^n \quad (1)$$

$$\Delta t = \frac{t_z - t_p}{\ln(\frac{t_z - t_i}{t_p - t_i})} \quad (2)$$

Φ – toplinski učin radijatora [W]

Φ_n - toplinski učin radijatora određen mjerenjem prema normi EN 442 [W]

Δt – logaritamska razlika temperatura [K]

Δt_n – logaritamska razlika temperatura izračunata za temperature zadane normom HRN EN 442 [W]

t_z – temperatura polaza vode [°C]

t_p – temperatura povrata vode [°C]

t_i –temperatura prostorije [°C]

n – eksponent karakterističan za određeni tip radijatora [-]

Standardne temperature prema normi definirane su temperaturom polaza i povrata 75/65°C te temperaturom prostorije od 20°C. Zadane temperature, prema jednadžbi (2) daju logaritamsku razliku temperature Δt_n u iznosu od 49.8°C.

Postupak odabira radijatora prikazan je za prostoriju 211 koja ima projektne toplinske gubitke od 1669 W. Za sve ostale prostorije odabiru se radijatori po istom postupku. Logaritamska razlika temperatura za zadane temperature polaza i povrata dobije se iz jednadžbe (2):

$$\Delta t = \frac{55 - 40}{\ln(\frac{55 - 20}{40 - 20})} = 26{,}8\ °\mathrm{C}$$

Odabrani su radijatori visine 600 mm s eksponentom grijača n=1,3358 (iz kataloga proizvođača). Učin odabranog radijatora 600x2300 na temperaturnom režimu 75/65/20°C iznosi 3931 W. Iz formule (1) dobije se učin za režim 55/40/20°C:

$$\Phi = 3931 * [\frac{26,8}{49,8}]^{1,3358} = 1718\ W$$

Odabrani radijator ima veći učin (1718 W) od projektnih gubitaka (1669 W) te zadovoljava potrebe sobe za toplinom.

Tablica 15. Karakteristike radijatora tip C22 od proizvođača [9]

Dužina (mm)	Parametri $t_s/t_p/t_i$	Visina (mm)						
		300	400	450	500	550	600	900
400	75/65/20 °C	384	488	539	588	636	684	955
	55/45/20 °C	195	247	272	296	320	343	474
500	75/65/20 °C	481	611	674	735	796	855	1194
	55/45/20 °C	244	309	340	370	400	428	592
600	75/65/20 °C	577	733	808	882	955	1025	1433
	55/45/20 °C	293	371	408	444	480	514	711
700	75/65/20 °C	673	855	943	1029	1114	1196	1672
	55/45/20 °C	342	432	476	518	560	600	829
800	75/65/20 °C	769	977	1078	1176	1273	1367	1910
	55/45/20 °C	391	494	544	592	640	685	948
900	75/65/20 °C	865	1099	1212	1323	1432	1538	2149
	55/45/20 °C	440	556	612	666	720	771	1066
1000	75/65/20 °C	961	1221	1347	1470	1591	1709	2388
	55/45/20 °C	488	618	680	740	799	857	1185
1100	75/65/20 °C	1057	1343	1482	1617	1750	1880	2627
	55/45/20 °C	537	680	748	814	879	943	1303
1200	75/65/20 °C	1153	1465	1616	1764	1909	2051	2866
	55/45/20 °C	586	741	816	888	959	1028	1422
1400	75/65/20 °C	1345	1709	1886	2058	2227	2393	3343
	55/45/20 °C	684	865	952	1037	1119	1200	1659
1600	75/65/20 °C	1538	1954	2155	2352	2546	2734	3821
	55/45/20 °C	781	988	1088	1185	1279	1371	1896
1800	75/65/20 °C	1730	2198	2425	2646	2864	3076	4298
	55/45/20 °C	879	1112	1224	1333	1439	1542	2133
2000	75/65/20 °C	1922	2442	2694	2940	3182	3418	4776
	55/45/20 °C	977	1236	1360	1481	1599	1714	2370
2300	75/65/20 °C	2210	2808	3098	3381	3659	3931	5492
	55/45/20 °C	1123	1421	1564	1703	1839	1971	2725
2600	75/65/20 °C	2499	3175	3502	3822	4137	4443	6209
	55/45/20 °C	1270	1606	1768	1925	2079	2228	3080
3000	75/65/20 °C	2883	3663	4041	4410	4773	5127	7164
	55/45/20 °C	1465	1853	2040	2221	2398	2571	3554
	[W/m] 90/70/20 °C	1211	1540	1701	1857	2012	2163	3033
Eksponent n		1.3094	1.3180	1.3226	1.3270	1.3314	1.3358	1.3561

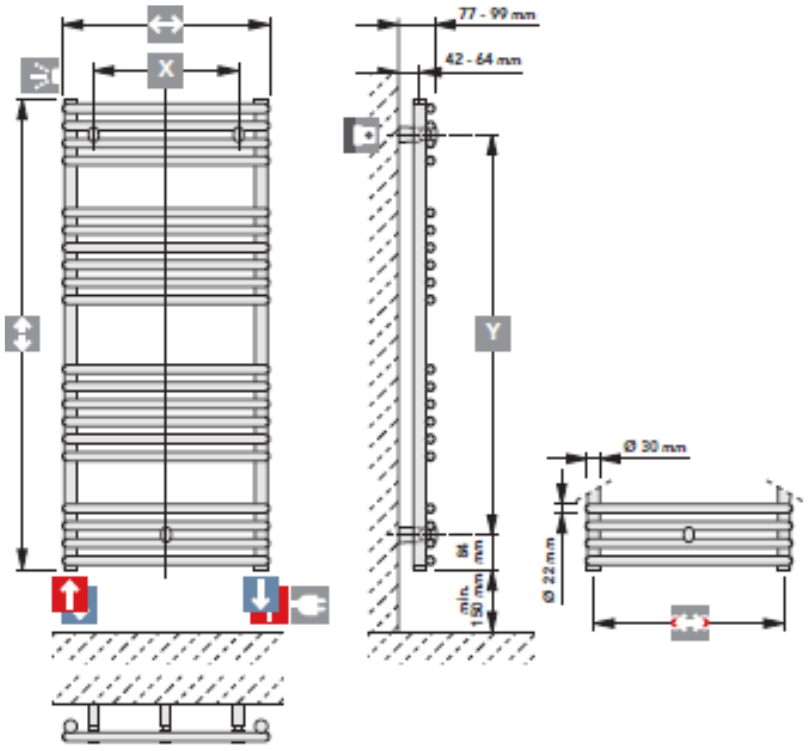
3.2. Odabir kupaonskih grijača

Odabrani su cijevni kupaonski radijator proizvođača Vogel&Noot. Među ponuđenim modelima odabrani su kupaonski radijatori tipa Della koji dolaze opremljeni s odzračnim ventilom,

termostatskim ventilom i standardnim priključcima s obje strane radijatora za lakše priključivanje na cijevni razvod (slika 10. i 11.).



Slika 10. Kupaonske ljestve Della [10]



Slika 11. Ugradbene mjere cijevnih grijača [10]

Postupak odabira kupaonskih radijatora prikazan je za prostoriju 213 koja ima projektne toplinske gubitke od 489 W. Logaritamska razlika temperatura za zadane temperature polaza i povrata te temperaturu prostorije dobije se iz jednadžbe (2):

$$\Delta t = \frac{55-40}{\ln(\frac{55-24}{40-24})} = 22{,}7\ °\text{C}$$

Odabrani su radijatori visine 1800 mm i širine 900 mm. Eksponent grijača je n=1,168 (iz kataloga proizvođača). Učin odabranog radijatora 1800x900 na temperaturnom režimu 75/65/20°C iznosi 1326 W. Iz formule (1) dobije se učin za režim 55/40/20°C:

$$\Phi = 1326 * [\frac{22{,}7}{49{,}8}]^{1{,}168} = 529\ W$$

Odabrani kupaonski radijator ima veći učin (529 W) od projektnih toplinskih gubitaka (489 W) te zadovoljava potrebe prostorije za toplinom.

Tablica 16. Karakteristike kupaonskih grijača od proizvođača [10]

Tehnički podaci

Nazivna visina	Ugradbena visina	Ugradbena dužina	Toplinski učin u Watt kod (1)					Exponent toplinskog učina n	El. grijač Snaga	Kolicina vode	Težina
[mm]	[mm]	[mm]	90/70/20 °C	75/65/20 °C	70/55/20 °C	70/55/24 °C	55/45/20 °C		Watt	Litra	Kg
700	(714)	400	359	286	234	204	152	1,239	-	2,3	5,2
		500	425	343	284	250	189	1,170	300	2,7	5,9
		600	500	404	334	294	222	1,175	300	3,1	6,7
		750	612	493	407	358	270	1,182	300	3,7	8,0
		900	722	581	479	421	317	1,189	300	4,3	9,2
1100	(1134)	400	542	431	351	307	227	1,257	300	3,7	7,8
		500	640	512	419	367	274	1,227	300	4,1	9,2
		600	753	604	496	435	326	1,210	300	4,8	10,5
		750	916	738	609	535	403	1,186	600	5,7	12,4
		900	1074	869	720	634	480	1,161	600	6,7	14,3
1800	(1764)	400	813	653	537	472	353	1,202	600	5,7	12,2
		500	975	782	642	563	422	1,210	600	6,5	14,6
		600	1146	921	758	666	499	1,199	600	7,5	16,7
		750	1397	1126	929	817	615	1,184	600	8,9	19,7
		900	1641	1326	1097	966	730	1,168	900	10,4	22,8

(1) Ispitano prema EN 442

Odabrani radijatori za pojedine prostorije i njihovi učini te projektni toplinski gubici prikazani su u tablici 17.

Tablica 17. Odabrani radijatori – usporedba učina radijatora i toplinskih gubitaka

Oznaka prostorije	Radijator	Učin radijatora	Toplinski gubici
-	-	[W]	[W]
Poslovni prostor			
PP1	(PURMO C22 900x2300)x3	7343	6525
PP2	(PURMO C22 900x2300)x3	7343	6502
PP3	(PURMO C22 900x2300)x2	4895	3464
PP4	PURMO C22 900x2300	2448	2119
Ukupno poslovni prostor		**22029**	**18610**
1. kat			
111	PURMO C22 600x2300	1717	1669
112	PURMO C22 600x1100	821	749
113	DELLA 1800x900	529	489
114	PURMO C22 600x400	377	302
Ukupno stan 1		**3444**	**3209**
121	PURMO C22 600x2300	1717	1715
122	PURMO C22 600x500	373	361
123	PURMO C22 600x700	522	459
124	PURMO C22 600x600	448	378
125	DELLA 700x600	195	179
126	DELLA 1800x900	529	602
127	PURMO C22 300x500	268	232
Ukupno stan 2		**4052**	**3926**
131	PURMO C22 600x2300	1717	1711
132	PURMO C22 600x700	522	520
133	PURMO C22 600x700	522	483
134	DELLA 700x500	166	140
135	DELLA 1800x900	529	571
136	PURMO C22 300x400	214	63
Ukupno stan 3		**3670**	**3488**
141	PURMO C22 600x2300	1717	1656
142	PURMO C22 600x1100	821	752
143	DELLA 1800x900	529	471
144	PURMO C22 600x500	472	466
Ukupno stan 4		**3539**	**3345**
151	PURMO C22 600x2300	1717	1565
152	DELLA 1800x900	529	497
153	PURMO C22 300x400	214	175
Ukupno stan 5		**2460**	**2237**

Karakterističan kat (2., 3., 4., 5.)			
211	PURMO C22 600x2300	1717	1669
212	PURMO C22 600x1100	821	749
213	DELLA 1800x900	529	460
214	PURMO C22 600x400	377	326
Ukupno stan 1		**3444**	**3204**
221	PURMO C22 600x2300	1717	1715
222	PURMO C22 600x500	373	361
223	PURMO C22 600x700	522	459
224	PURMO C22 600x600	448	378
225	DELLA 700x600	195	179
226	DELLA 1800x900	529	528
227	PURMO C22 300x500	268	232
Ukupno stan 2		**4052**	**3852**
231	PURMO C22 600x2300	1717	1711
232	PURMO C22 600x700	522	520
233	PURMO C22 600x700	522	483
234	DELLA 700x500	166	140
235	DELLA 1800x900	529	559
236	PURMO C22 300x400	214	84
Ukupno stan 3		**3670**	**3497**
241	PURMO C22 600x2300	1717	1656
242	PURMO C22 600x1100	821	752
243	DELLA 1800x900	529	460
244	PURMO C22 600x500	472	466
Ukupno stan 4		**3539**	**3334**
251	PURMO C22 600x2300	1717	1565
252	DELLA 1800x900	529	471
253	PURMO C22 300x400	214	110
Ukupno stan 5		**2460**	**2146**
6. kat			
611	PURMO C22 600x2600	1941	1923
612	PURMO C22 600x1200	896	864
613	DELLA 1800x900	529	607
614	PURMO C22 600x600	565	489
Ukupno stan 1		**3931**	**3883**
621	PURMO C22 600x2300 PURMO C22 600x400	1717 299	1972
622	PURMO C22 600x900	672	598
623	PURMO C22 600x900	672	627
624	PURMO C22 600x800	597	554
625	DELLA 700x750	237	216
626	DELLA 1800x900	529	658
627	PURMO C22 600x500	472	431

Ukupno stan 2		**5195**	**5056**
631	PURMO C22 600x2300 PURMO C22 600x400	1717 299	1965
632	PURMO C22 600x900	672	663
633	PURMO C22 600x900	672	631
634	DELLA 700x750	237	205
635	DELLA 1800x900	529	643
636	PURMO C22 300x500	268	223
Ukupno stan 3		**4394**	**4330**
641	PURMO C22 600x2600	1941	1911
642	PURMO C22 600x1200	896	866
643	DELLA 1800x900	529	607
644	PURMO C22 600x700	660	604
Ukupno stan 4		**4026**	**3988**
651	PURMO C22 600x2600	1941	1854
652	DELLA 1800x900	529	608
653	PURMO C22 300x400	214	189
Ukupno stan 5		**2684**	**2651**
Ukupno		**128084**	**117574**

3.3. Spajanje radijatora na sustav grijanja

Svi radijatori jedne vlasničke jedinice spojeni su na razdjelnik u zidnom podžbuknom ormariću. Spajanje pomoću razdjelnika pruža mogućnost da se prema bilo kojem ogrjevnom tijelu, u slučaju propuštanja cjevovoda ili ne korištenja prostora, zatvori protok ogrjevne vode. Odabrani su razdjelnici proizvođača IVAR, model KSA 037 (slika 12). Razdjelnici su standardno opremljeni odzračnim ventilom i ventilom za pražnjenje. Ovisno o broju radijatora u stanu koriste se razdjelnici različitih veličina.



Slika 12. Razdjelnik IVAR KSA 037 B06 [11]

Razdjelnici se nalaze unutar podžbuknog ormarića (slika 13.) koje preporučuje proizvođač prema odabranom razdjelniku. Podžbukni ormarići nalaze se ispred ulaza u stanove radi jednostavnijeg pristupa i održavanja opreme.



Slika 13. Podžbukni ormarić IVAR AC 830 [11]

Odabrani modeli razdjelnika i zidnih kutija prikazani su u sljedećoj tablici.

Tablica 18. Odabrani razdjelnici i podžbukni ormarići

Stan	Razdjelnik	Ugradbeni ormarić	Dimenzije [mm]
Poslovni prostor			
-	KSA 037 B09	200190	900x960x160
1. kat			
11	KSA 037 B04	200590	600x960x160
12	KSA 037 B07	200690	800x960x160
13	KSA 037 B06	200090	700x960x160
14	KSA 037 B04	200590	600x960x160
15	KSA 037 B03	200590	600x960x160
Karakterističan kat			
21	KSA 037 B04	200590	600x960x160
22	KSA 037 B07	200690	800x960x160
23	KSA 037 B06	200090	700x960x160
24	KSA 037 B04	200590	600x960x160
25	KSA 037 B03	200590	600x960x160
6. kat			
61	KSA 037 B04	200590	600x960x160
62	KSA 037 B08	200690	800x960x160
63	KSA 037 B07	200690	800x960x160
64	KSA 037 B04	200590	600x960x160
65	KSA 037 B03	200590	600x960x160

Radijatori su s razdjelnikom spojeni plastičnim cijevima proizvođača Pipelife. Od ponuđenih modela plastičnih cijevi odabrane su Radopress PE-X cijevi. Za stambeni dio odabiru se cijevi ϕ16x2,0 dok se u poslovnom prostoru koriste cijevi ϕ20x2,0. Tehnički podaci za cijevi prikazani su u tablici 19.

Tablica 19. Karakteristike plastičnih cijevi Radopress PE-X [12]

Dimenzija cijevi [mm]	16 x 2,0	20 x 2,0
Vanjski promjer [mm]	16	20
Debljina stijenke [mm]	2	2
Unutrašnji promjer [mm]	12	16
Težina [g/m]	125	155
Težina s vodom [g/m]	238	356
Kapacitet [l/m]	0,113	0,201
Topl. provodljivost (srednja vrijednost) [W/mK]	0,43	0,43
Koeficijent toplinskog rastezanja [mm/mK]	0,024	0,024
Površinska hrapavost (unutarnja cijev) [µm]	1,5	1,5
Difuzija kisika [mg/ld]	0	0
Maks. radna tempeatura [°C]	70	70
Kratkotrajna maks. radna temperatura [°C]	95	95
Maks. radni tlak (at 70 °C) [bar]	10	10
Kratkotrajni maks. radni tlak (at 95 °C) [bar]	10	10
Polumjer savijanja kod slobodnog savijanja	5 x D	5 x D
Polumjer savijanja uz korištenje alata za savijanje	3,5 x D	3,5 x D

5. DIMENZIONIRANJE I ODABIR OPREME SUSTAVA

5.1. Odabir dizalice topline zrak-voda

Potreban toplinski učin dizalice topline određuje se prema instaliranoj snazi radijatora koja iznosi 128 kW. Kako je sustav pripreme potrošne tople vode isto zamišljen dizalicom topline, toplinski učin za zagrijavanje PTV-a od 37,8 kW dodajemo na instaliranu snagu radijatora i ukupno dobijemo 165,8 kW potrebne toplinkse energije. Odabrana je dizalica topline proizvođača Daikin - Daikin Alterma High Temperature Flex Type. Visokotemperaturna dizalica topline Daikin Alterma High Temperature Flex Type sastoji se od unutarnjih jedinica koje su smještene u strojarnicu i vanjskih jedinica koje su smještene u vanjski okoliš (slika 14.). Kaskadna tehnologija tvrtke Daikin koristi vanjsku jedinicu za uzimanje topline iz okolnog zraka i prenosi je u unutarnju jedinicu preko kruga radne tvari R-410A. Unutarnja jedinica povećava uzetu toplinu okoline preko kruga radne tvari R-134a i zatim koristu tu toplinu za grijanje vode. Ovakvim vođenjem procesa omogućuje se zagrijavanje vode do 80° bez uporabe dodatnih grijača.



Slika 14. Daikin Alterma High Temperature Flex Type [13]

Odabrana vanjska jedinica EMRQ 16AB ima ukupni učin od 44.8 kW i u kombinaciji s unutarnjom jedinicom EKHBRD 016ADY17 može proizvesti toplu vodu temperature 80°C. Odabrane su 4 vanjske jedinice koje se povezuju na 4 unutarnje jedinice. Ukupan učin dizalice topline tada iznosi 179.2 kW. Tehničke karakteristike pojedine unutarnje i vanjske jedinice dane su u tablicama 20 i 21.

Tablica 20. Tehničke karakteristike vanjske jedinice dizalice topline

Vanjska jedinica		
Kapacitet grijanja	[kW]	44.8
Učinkovitost zagrijavanja vode	[%]	93
Klasa učinkovitosti	[-]	A
Dimenzije		
Visina	[mm]	1680
Širina	[mm]	1300
Duljina	[mm]	765
Težina	[kg]	339
Radni parametri		
Dozvoljene vanjske temperature	[°C]	-20-35
Radna tvar	[-]	R-410A
GWP	[-]	2,087
Masa radne tvar	[kg]	11,1
Razina zvučne snage	[dBA]	84
Razina zvučnog pritiska	[dBA]	63
Električni priključa	[V]	3-/380-415
Dimenzije priključaka		
Kapljevinski vod	[mm]	12,7
Usisni vod	[mm]	28,6
Maksimalna dozvoljena dužina vodova	[m]	100

Tablica 21. Tehničke karakteristike unutarnje jedinice dizalice topline

Unutarnja jedinica		
Dimenzije		
Visina	[mm]	705
Širina	[mm]	600
Duljina	[mm]	695
Težina	[kg]	147
Radni parametri		
Dozvoljene vanjske temperature	[°C]	-20-35
Radna tvar	[-]	R-134a
GWP	[-]	1,43
Masa radne tvar	[kg]	2.6
Temperature grijane vode	[°C]	25-80
Razina zvučnog pritiska	[dBA]	46
Razina zvučnog pritiska- tihi mod	[dBA]	45

5.2. Odabir međuspremnika

Međuspremnik služi za poboljšavanje pogonski uvjeta u sustavnim grijanja te omogućuje mirniji rad dizalice topline. Vodom iz međuspremnika omogućuje se lakše savladavanje maksimalnog opterećenja u sezoni grijanja. Standardna inženjerska praksa iskustveno predlaže 5-20 l/kW toplinskog učina. Odabran je međuspremnik CAS 1001 proizvođača Centrometal (slika 15.) čije se karakteristike nalaze u tablici 22:

Tablica 22. Tehničke karakteristike spremnika CAS 1001

Spremnik CAS 1001		
Volumen	[l]	940
Promjer tijela spremnika	[mm]	790
Vanjski promjer	[mm]	990
Ukupna visina	[mm]	2150
Priključci	[R]	6/4"
Max. Radni tlak	[bar]	3
Max. Radna temp.	[°C]	100
Min. Visina prostorije	[mm]	2350
Masa tijela spremnika	[kg]	185
Ukupna masa spremnika	[kg]	197
Toplinska izolacija	[mm]	100



Slika 15. Međuspremnik topline CAS 1001 [14]

5.2. Dimenzioniranje cijevnog razvoda primarnog kruga

Primarni krug sastoji se od cjevovoda koji povezuje dizalicu topline s akumulacijskim spremnicima PTV-a i sa spremnikom ogrjevne vode. Odabire se kritična dionica (akumulacijski spremnik PTV-a) za koju se računa pad tlaka. Sva oprema se nalazi u kotlovnici i garaži pa je dozvoljeni jedinični pad tlak u rasponu od 40-200 Pa/m. Dimenzioniranje je prikazano u tablici 23:

Tablica 23. Proračun pada tlaka primarnog kruga

Dionica	L	Toplina	Protok vode	Odabrane cijevi	v, m/s	Re	λ	R	RL	Σζ	Z	RL+Z
	m	W	kg/s	mm	m/s	-	-	Pa/m	Pa	-	Pa	Pa
1	0,4	44800	0,53	ϕ42,4x3,25	0,541	46729	0,02509	100	39	3,5	500	539
2	14,37	179200	2,14	Φ60,3x3,65	0,99	126611	0,02131	193	2780	7	3368	6148
3	0,24	89600	1,07	ϕ48,3x3,25	0,79	80268	0,0230	172	41	5	1554	1595
								Pad tlaka na armaturi i izmjenjivačima				16400
								Ukupni pad tlaka [Pa]				24682

Svaka unutarnja jedinica ima vlastitu pumpu koja može savladati pad tlaka od 83000 Pa što je više od pada tlaka primarnog kruga koji iznosi 20683 Pa stoga nije potrebna dodatna pumpa.

5.3. Cijevni razvod sekundarnog kruga i cirkulacijska pumpa za stambeni dio zgrade

Zgrada je podijeljena u dvije funkcionalne cjeline koje nemaju isti period grijanja. Zbog toga se odvaja cirkulacijski krug poslovnog prostora i stambenog dijela. Sekundarni krug spaja akumulacijski spremnik ogrjevne vode s ogrjevnim tijelima u pojedinim prostorijama. Cijevni razvod do najudaljenijeg ogrjevnog tijela predstavlja kritičnu dionicu tj. dionicu s najvećim padom tlaka. Dimenzionira se cjevovod do kritičnog ogrjevnog tijela (najudaljenije ogrijevno tijelo – prostorija 621, radijator C22 600x2300) takav da jedinični pad tlak u njemu ne bude veći od 100 Pa/m. Postupak dimenzioniranja prikazan je u tablici 24:

Tablica 24. Proračun pada tlaka sekundarnog kruga grijanja stambenog dijela zgrade

Dionica	L	Toplina	Protok vode	Odabrane cijevi	Brzina strujanja	Re	λ	R	RL	Σζ	Z	RL+Z
#	[m]	[W]	[kg/s]	[mm]	[m/s]	[-]	[-]	[Pa/m]	[Pa]	[-]	[Pa]	[Pa]
1	12,94	106055	1,694	Cuϕ54x2	0,87	74854	0,0203	153	1978,4	6	2257,2	4236
2	1,46	84334	1,347	Cuϕ54x2	0,69	59523	0,0201	96	139,6	0,5	118,9	259
3	9,82	61590	0,984	Cuϕ54x2	0,51	43470	0,0215	55	536,7	0,5	63,4	600
4	4,92	46606	0,744	Cuϕ54x2	0,38	32895	0,0230	33	164,1	0,5	36,3	200
5	7,1	25455	0,407	Cuϕ42x1,5	0,34	23034	0,0250	38	266,7	2,5	146,4	413
6	6,3	21403	0,342	Cuϕ35x1,5	0,43	23604	0,0249	71	447,5	1,5	137,0	585
7	6,3	17351	0,277	Cuϕ35x1,5	0,35	19135	0,0262	49	309,7	1,5	90,0	400
8	6,3	13299	0,212	Cuϕ35x1,5	0,27	14666	0,0280	31	194,6	1,5	52,9	248
9	6,3	9247	0,148	Cuϕ28x1,5	0,30	13053	0,0289	53	333,6	1,5	68,6	402
10	6,3	5195	0,083	Cuϕ22x1	0,27	9167	0,0318	56	353,7	2,5	88,2	442
11	27,5	1717	0,027	PE-Xϕ16x2	0,25	5049	0,0377	93	2569,0	8,5	252,6	2822
* pad tlaka armature određen iza kataloga proizvođača [11]									Pad tlaka na armaturi* [Pa]			22600
									Ukupni pad tlaka [Pa]			33205

Potrebna visina dobave pumpe:

$$H_p = \frac{\Delta p_p}{\rho * g} = \frac{33205}{1000 * 9{,}81} = 3{,}39\ m$$

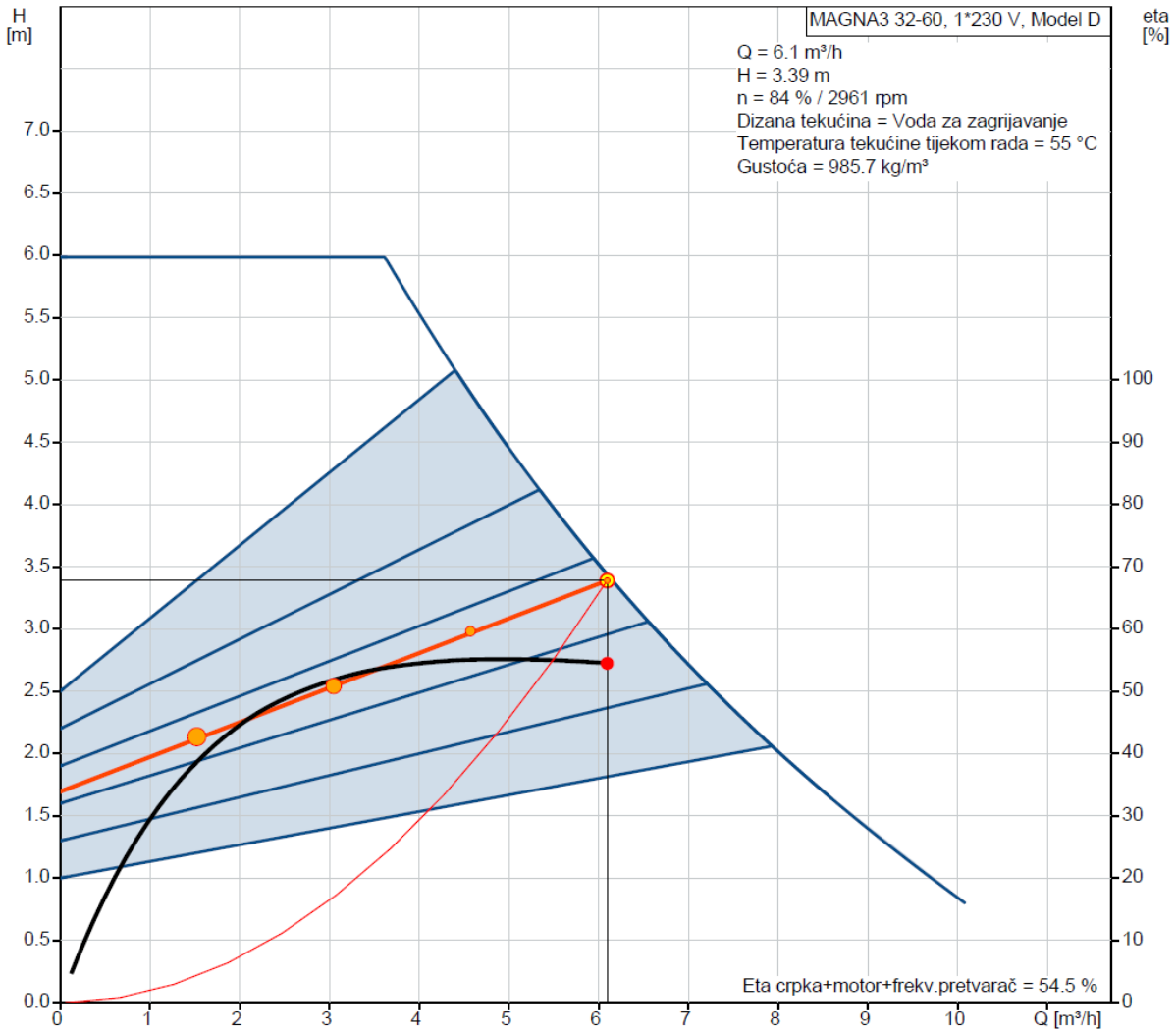
Ukupni volumni protok pumpe:

$$V_p = 6{,}10\ m^3/h$$

Pumpa je odabran pomoću internetske aplikacije proizvođača pumpi Grundfos. Odabrani model pumpe je MAGNA3 32-60N (slika 16.). Električna snaga pumpe je 94.55 W. Karateristike pumpe i cjevovoda te radna točka prikazani su na slici 17.



Slika 16. Pumpa MAGNA3 32-60N [15]



Slika 17. Dijagram radne krivulje pumpe stambenog dijela zgrade [15]

5.4. Cijevni razvod sekundarnog kruga i cirkulacijska pumpa za poslovni prostor

U cirkulacijskom krugu grijanja poslovnog prostora cjevovod se dimenzionira da jedinični pad tlak u njemu ne prijeđe granicu od 100 Pa/m. Pad tlak do najudaljenijeg ogrjevnog tijela (radijator C22 900x2300 u dijelu prostorije PP2) definira potrebnu pumpu. Proračun je prikazan u tablici 25.

Tablica 25. Proračun pada tlaka sekundarnog kruga grijanja poslovnog dijela zgrade

Dionica	L	Toplina	Protok vode	Odabrane cijevi	Brzina strujanja	Re	λ	R	RL	Σζ	Z	RL+Z
#	m	W	kg/s	mm	m/s	-	-	Pa/m	Pa	-	Pa	Pa
1	16,9	22029	0,352	Cuϕ35x1,5	0,442	24294	0,0247	74,7	1265,9	8	774	2040
2	96	2309	0,037	PE-Xϕ20x2	0,185	5093	0,0376	40,0	3841,2	6,5	111	3952
* pad tlaka armature određen iza kataloga proizvođača [11]									**Pad tlaka na armaturi* [Pa]**			**17800**
									Ukupni pad tlaka [Pa]			**23792**

Potrebna visina dobave pumpe:

$$H_p = \frac{\Delta p_p}{\rho * g} = \frac{23792}{1000 * 9{,}81} = 2{,}43\ m$$

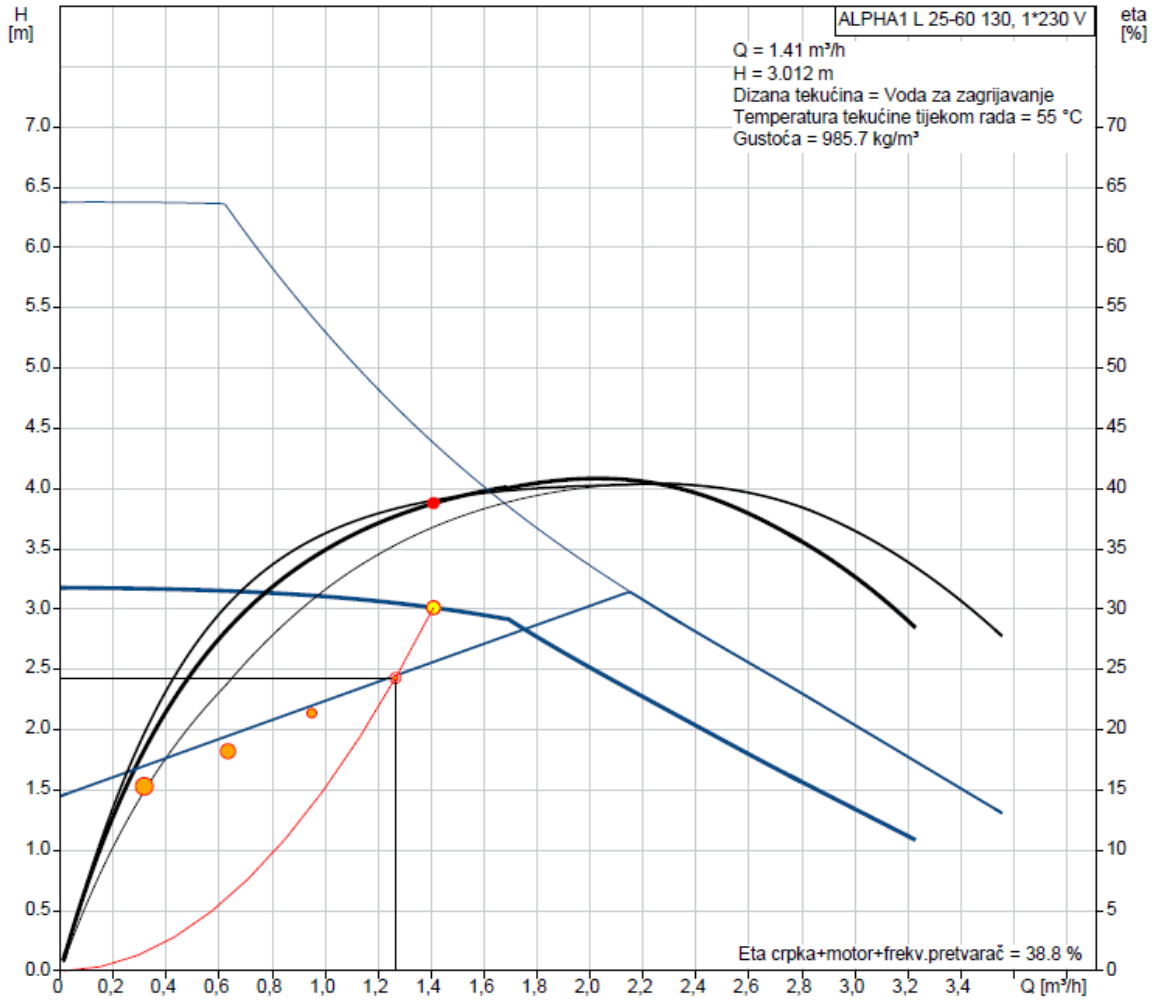
Ukupni volumni protok pumpe:

$$V_p = 1{,}27\ m^3/h$$

Pumpa je odabran pomoću internetske aplikacije proizvođača pumpi Grundfos. Odabrani model pumpe je ALPHA1 25-60N 130 (slika 17.). Električna snaga pumpe je 29,39 W. Karateristike pumpe i cjevovoda te radna točka prikazani su na slici 19.



Slika 18. Pumpa ALPHA2 25-40N 130 [15]



Slika 19. Dijagram radne krivulje pumpe poslovnog prostora [15]

5.5. Ekspanzijska posuda sustava grijanja

Ekspanzijska posuda u sustava grijanja kompenzira promjenu volumna ogrjevnog medija. Do promjene volumena ogrjevnog medija dolazi kod promjene temperature vode. Ekspanzijska posuda štiti sustav od manjka ogrjevne vode ili od pucanja cjevovoda uslijed prevelikog volumena vode. Ukupan volumen vode u sustavu prikazan je u tablici 26:

Tablica 26. Ukupan volumen vode u sustavu

Element sustava	**Volumen [l]**
Radijatori	1289,8
Cijevni razvod	348,05
Akumulacijski spremnik	1000
Izmjenjicač dizalice topline (4x2,5 l)	10
Izmjenjivač u spremniku PTV-a (2x14 l)	28
Ukupno (V_A)	**2675,85**

Minimalni potrebni volumen zatvorene membranske ekspanzijske posude određuje se jednadžbom:

$$V_{n,min} = (V_e + V_v) * \frac{p_e + 1}{p_e - p_0} = (77{,}06 + 13{,}37) * \frac{3 + 1}{3 - 2{,}5} = 723{,}44\ l$$

V_v – dodatni volumen (zaliha) – oko 5% volumena vode u instalaciji, min. 3 l [l]

$$V_v = \frac{0{,}5 * V_A}{100} = 13{,}37\ l$$

p_e – projektni krajnji tlak (0,5 bar ispod tlaka sigurnosnog ventila) [bar], tlak otvaranja sigurnosnog ventila 3,5 bara, projektni krajnji tlak 3 bara

p_0 – primarni tlak ekspanzijske posude (prilikom isporuke) [bar], zbog visine instalacije uzeta vrijednost 2,5 bara iz kataloga proizvođača [16]

V_e – volumen širenja vode izazvan povišenjem temperature vode od 10 °C do maksimalne temperature polaznog voda [l]:

$$V_e = \frac{n * V_A}{100} = \frac{2{,}88 * 2675{,}85}{100} = 77{,}06\ l$$

n – postotak širenja vode [%], uzeta vrijednost 2,88 iz [17]

V_A – ukupni volumen vode u sustavu [l]

Odabrana je membranska ekspanzijska posuda Flexcon 800 proizvođača Flamco volumena 800 litara (slika 18.). Primarni tlak ekspanzijske posude (tlak prilikom isporuke) iznosi 2,5 bara.



Slika 20. Membranska ekspanzijska posuda Flexcon 800 [16]

5.6. Kalorimetar

Za potrebe mjerenja potrošnje toplinske energije svake vlasničke cjeline (stana) ugrađeni su kalorimetri. Kalorimetar mjeri temperaturu vode polaznog voda, temperaturu vode povratnog voda i protok vode te na temelju izmjerenih veličina računa potrošenu toplinsku energiju. Kalorimetri su smješteni u zidne ormariće kod ulaza u pojedini stan za lakše očitavanje potrošnje i servisa. Odabran je ultrazvučni kalorimetar 2WR6 proizvođača Siemens (slika 19.).



Slika 21. Ultrazvučni kalorimetar 2WR6 [18]

6. SUSTAV PRIPREME POTROŠNE TOPLE VODE

Sustav pripreme PTV-a priključuje se na isti izvor topline kao i sustav grijanja. Sustav je akumulacijski što znači da se dio vode na troputnom ventilu razdvaja za zagrijavanje PTV-a u spremniku. U sustav je također ugrađena recirkulacijska pumpa koja sprječava ohlađivanje vode u cijevima tijekom perioda ne korištenja sustava.

6.1. Dimenzioniranje i odabir spremnika PTV-a

Toplinski tok potreban za zagrijavanje PTV-a:

$$\Phi = V_k * \rho_w * c_w * n * (\vartheta_{tw} - \vartheta_{hw}) * \varphi \qquad [W]$$

$$\Phi = \frac{200}{3600 * 1000} * 1000 * 4{,}2 * 30 * (40 - 10) * 0{,}36 = 75{,}6 \ kW$$

V_k - volumen vode najvećeg trošila [l]

ρ_w - gustoća vode [kg/m^3]

c_w – specifični toplinski kapacitet vode [kJ/kgK]

n – broj stanova [-]

ϑ_{tw} - temperatura tople vode [°C]

ϑ_{hw} - temperatura hladne vode [°C]

φ – faktor istovremenosti [-], iz [19] za 30 stanova =0,36

Potreban kapacitet izvora topline (dizalica topline):

$$\Phi_k = \frac{\Phi * Z_b}{Z_a + Z_b} \quad [kW]$$

$$\Phi_k = \frac{75{,}6 * 2}{2 + 2} = 37{,}8 \ kW$$

Z_a – broj sati zagrijavanja [h]

Z_b – broj sati trajanja najveće potrošnje [h]

Akumuliran toplinska energija u spremniku:

$$Q_{spr} = Z_a * \Phi_k \quad [kWh]$$

$$Q_{spr} = 2 * 37{,}8 = 75{,}6 \ kWh$$

Potreban volumen spremnika PTV-a:

$$V_{spr} = \frac{Q_{spr} * b * k}{\rho_w * c_w * (\vartheta_s - \vartheta_{hw})} \quad [l]$$

$$V_{spr} = \frac{75{,}6 * 1{,}1 * 3600 * 1000}{1000 * 4{,}2 * (60 - 10)} = 1425{,}6\ l$$

b – dodatak za mrtvi prostor ispod grijane površine [-]

ϑ_s – temperatura vode u spremniku [°C]

Odabran je akumulacijski spremnik CAS-S 801 proizvođača Centrometal (slika 20.). U sustav se ugrađuju dva takva spremnika. Spremnici imaju u donjem dijelu izmjenjivač kroz koji struji ogrjevna voda primarnog kruga. Karakteristike spremnika dane su u tablici 2:

Tablica 27. Tehničke karakteristike akumulacijskog spremnika PTV-a CAS-S 801

Spremnik CAS-S 801		
Volumen	[l]	740
Promjer tijela spremnika	[mm]	790
Vanjski promjer	[mm]	990
Ukupna visina	[mm]	1750
Priključci	[R]	6/4"
Max. Radni tlak	[bar]	3
Max. Radna temp.	[°C]	100
Min. Visina prostorije	[mm]	1950
Masa tijela spremnika	[kg]	135
Ukupna masa spremnika	[kg]	147
Cijevni izmjenjivač	[m^2]	2,6
Volumen vode u cijevnom izmj.	[l]	14
Toplinska izolacija	[mm]	100
Visina priključka izmjenjivača	[mm]	320/1370



Slika 22. Akumulacijski spremnik PTV-a CAS-S [14]

5.2. Dimenzioniranje i odabir recirkulacijske pumpe PTV-a

Proračun je proveden prema „Grejanje i klimatizacija“[19]:

Volumski protok vode recirkulacijske pumpe:

$$V_p = \frac{Q_w}{2{,}4} = \frac{l_{w,k} * q_{w,k} + l_{w,s} * q_{w,s}}{2{,}4} = \frac{26{,}3 * 11 + 126 * 7}{2{,}4} = 488{,}04\ l/h$$

Q_w – toplinski gubici svih vodova [W]

$l_{w,k}$ – dužina svih vodova tople vode u podrumu [m]

$q_{w,k}$ – toplinski gubici vodova tople vode smještenih u podrumu [W/m], iz [18] =11 W/m

$l_{w,s}$ – dužina svih vertikalnih vodova tople vode [m]

$q_{w,s}$ – toplinski gubici vertikalnih vodova tople vode [W/m], iz [18] =7 W/m

Odabrana dimenzija cijevi za recirkulacijsku vodu je Cu ϕ22x1 mm. Brzina strujanja vode je 0,3 m/s.

Pad tlaka:

$$\Delta p_p = 1{,}3 * (\Sigma l * R) + \Delta p_{RV} + \Delta p_{TH} \quad [Pa]$$

$$\Delta p_p = 1{,}4 * 1635 + 6000 + 3000 = 11249{,}8\ Pa$$

Δp_p – potrebna dobava recirkulacijske pumpe [Pa]

$\Sigma l * R$ – ukupni linijski pad tlaka cjevovoda [Pa]

Δp_{RV} – pad tlaka u nepovratnom ventilu [Pa], prema [11] =6000 Pa

Δp_{TH} – pad tlaka termostatskog ventila [Pa], prema [11] =3000 Pa

Visina dobave pumpe iznosi:

$$H_p = \frac{\Delta p_p}{\rho * g} = \frac{11249{,}8}{1000 * 9{,}81} = 1{,}147\ m$$

Na temelju volumskog protoka vode i visine dobave odabiremo recirkulacijsku pumpu Comfort UP15-14B PM proizvođača Grundfos (slika 21.).



Slika 23. Recirkulacijska pumpa Comfort UP15-14B PM [15]

Za mjerenje potrošnje tople vode pri ulazu u svaku vlasničku jedinicu ugrađuje se kontrolni vodomjer GSD8-RFM (slika 22.). Vodomjer minimalno očitava potrošnju od 0,05 l pa do 99999 m^3. Radno područje je od 20 pa do 90 °C.



Slika 24. Vodomjer GSD8-FM [20]

6. TEHNIČKI OPIS SUSTAVA

6.1. Sustav grijanja

Sustav grijanja stambeno-poslovne zgrade na području grada Splita izveden je prema arhitektonskoj podlozi. Zgrada sadrži poslovni prostor u prizemlju i 6 katova stambenog prostora, a na svakom stambenom katu nalazi se 5 stanova. Ukupna površina grijanog dijela zgrade iznosi 2682 m^2. Zgrada se grije dizalicom topline, a kao ogrjevna tijela odabrani su radijatori kroz koje struji ogrjevna voda temperaturnog režima 55/40 °C . Ogrjevna tijela u grijanim prostorijama zgrade su radijatori tvrtke Purmo C22 i kupaonski radijatori proizvođača Vogel&Noot Della. Ukupni ogrjevni učin odabranih ogrjevnih tijela iznosi 128 kW. Kao izvor topline odabrana je dizalica topline Daikin Alterma High Temperature Flex Type koja se sastoji se od 4 vanjske i 4 unutarnje jedinice ukupnog ogrjevnog učina 165,8 kW pri temperaturi polaza vode od 80 °C. Unutarnje jedinice dizalice topline imaju vlastite pumpe s frekvencijskom regulacijom koje pumpaju ogrjevnu vodu kroz primarni krug grijanja. Unutarnje jedinice povezuju se na zajednički vod, a svakoj jedinici se stavlja nepovratni ventil kako bi spriječilo povratno strujanje u slučaju promjene učinka pumpe ili prestanka rada. U sustav grijanja je ugrađen međuspremnik topline CAS 1001 volumena 990 l kako bi se akumulirala toplinska energija što omogućuje mirniji rad dizalica topline. Za zaštitu sustava kod promjene volumena ogrjevne vode uslijed promjene temperature ugrađuje se membranska ekspanzijska posuda Flexcon 800 volumena 800 l proizvođača Flamco. Iz međuspremnika se cirkulacijskim pumpama kroz dvocijevni razvod dobavlja ogrjevna voda do ogrjevnih tijela. Pumpa sekundarnog kruga stambenog dijela zgrade je MAGNA3 32-60N proizvođača Grundfos (H_p=3,1 m , V_p=6,10 m^3/h, P_{el}=94,55 W), dok je pumpa sekundarnog kruga poslovnog dijela zgrade ALPHA1 25-60N 130 proizvođača Grundfos (H_p=2,43 m , V_p=1,27 m^3/h, P_{el}=29,39 W). Obje pumpe opremljene su frekventnom regulacijom za mijenjanje protoka tople vode u sekundarnom krugu grijanja. Ogrjevna voda, projektnog temperaturnog režima 55/40°C, iz međuspremnika struji pumpama kroz dvocijevni razvod do razdjelnika pojedine vlasničke cjeline. Na svakoj od vertikala ugrađuje se balansirajući ventil ASV-PV koji regulira tlak u pojedinoj vertikali i hidraulički uravnotežuje sustav. Odabrani su razdjelnici proizvođača Ivar, KSA 037, koji ovisno u broju ogrjevnih tijela imaju različiti broj priključaka. Razdjelnici se smještaju u pripadajući podžbukni ormarić istog proizvođača. Spajanje ogrjevnih tijela na odabrane razdjelnike vrši se plastičnim cijevima proizvođača Pipelife. Kroz pod poslovnog prostora polažu se cijevi PE-X ϕ20x2,0 dok se kroz pod stambenih jedinica polažu cijevi PE-X

ϕ16x2,0. U podžbuknom ormariću također se nalaze ultrazvučni kalorimetri za mjerenje potrošene toplinske energije proizvođača Siemens model 2WR6.

6.2. Sustav pripreme potrošne tople vode

Priprema potrošne tople vode u zgradi ostvaruje se akumulacijskim sustavom. Potrošna topla voda zagrijava se u dva spremnika CAS-S 801 proizvođača Centrometal. Svaki spremnik kapaciteta 740 l ima po jednu izmjenjivačku površinu kroz koji struji ogrjevna voda pripremljena na dizalici topline. Ogrjevna voda za zagrijavanje PTV-a odvaja se na troputnom razdjelnom ventilu. U spremniku se održava temperatura od 60°C kako bi se spriječila pojava bakterija. Kako bi se osigurala topla voda odmah po otvaranju izljevnog mjesta u sustav pripreme PTV-a ugrađuje se recirkulacijska pumpa. U sustav je ugrađena recirkulacijska pumpa Comfort UP15-14B PM proizvođača Grundfos koja se uključuje periodički kako bi se hladna voda iz cijevi pomiješala s toplom vodom iz spremnika. Pri ulasku u svaku vlasničku cjelinu nalazi se vodomjer koji mjeri količinu potrošene tople vode.

6.3. Regulacija sustava

Za regulaciju primarnog kruga grijanja koristi se EKCC-W centralna upravljačka jedinica proizvođača Daikin. Centralna jedinica upravlja radom svih komponenata u primarnom krugu grijanja. Sustav regulacije primarnog kruga održava konstantnu temperaturu spremnika PTV-a i konstantnu temperaturu u akumulacijskom spremniku. Na centralnu jedinicu priključene su unutarnje jedinice dizalice topline preko RTD-W modula kojima, ovisno o opterećenju, centralna jedinica modulira učin ili ih isključuje iz pogona. Rad vanjskih jedinica kontrolira se u ovisnosti o radu unutarnjih jedinica preko protoka radne tvari. Preko troputnog razdjelnog ventila regulator usmjerava ogrjevnu vodu u akumulacijski međuspremnik ili u spremnik PTV-a ovisno o temperaturi u spremnicima. Za mjerenje temperature koriste se temperaturni osjetnici. Temperatura polaznog voda održava se konstantnom, a ovisno o željenoj temperaturi u prostoriji korisnici termostatskim ventilima povećavaju ili smanjuju protok ogrjevne vode kroz radijatore. Cirkulacijske pumpe sekundarnog kruga pumpaju veću ili manju količinu vode ovisno o potrebi. Recirkulacijska pumpa PTV-a regulira se zasebno periodičkim uključivanjem koje pokreće tajmer. Za učinkovitiji rad sustava kod djelomičnog opterećenja u sekundarni krug ugrađuju se balans ventili. Balans ventili AVS-PV proizvođača Danfoss montiraju se pri dnu svake vertikale u cjevovod povrata i u kombinaciji s Danfossovim MSV-F2 ventilom montiranim u polaz održavaju sustav hidraulički uravnotežen i kod djelomičnog opterećenja.

7. ZAKLJUČAK

U ovom radu izrađeno je rješenje grijanja stambeno-poslovne zgrade dizalicom topline zrak-voda. Oprema je dimenzionirana prema projektnim toplinskim gubicima dobivenim prema normi HRN EN 12831. Ukupna godišnja potrebna energija za grijanje izračunata je prema Algoritmu za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790 i iznosi 17 kWh/m^{2}a poslovnog prostora i 24 kWh/m^{2}a stambenog prostora. Ukupna godišnja potrebna energija za pripremu potrošne tople vode iznosi 36480 kWh/a. Sustavom radijatorskog grijanja omogućuje se komfor u zgradi, a uporabom dizalice topline smanjuju se pogonski troškovi sustava grijanja u odnosu na konvencionalne sustave. Akumulacijski sustav pripreme PTV-a omogućuje jednostavno pokrivanje vršnih potreba za toplom vodom u zgradi. Priključenjem sustava pripreme PTV-a na visokotemperaturnu dizalicu topline smanjuju se potrebne količine energije za pripremu PTV-a u odnosu na klasične sustave. Prema izračunatoj godišnjoj potrebnoj energiji za grijanje i pripremu PTV-a (ukupno 97772 kWh/a) i sezonskom koeficijentu učinkovitosti dizalice topline (2,41) dobiva se da je potrebno uložiti 40569 kWh električne energije tijekom jedne godine za ostvarivanje komfora u zgradi. Ugradnja kalorimetara i vodomjera pruža mogućnost individualnog mjerenja potrošnje svake vlasničke cjeline i mogućnost korisnicima zgrade plaćanje stvarne potrošene energije.

POPIS LITERATURE

[1] Greengauge, https://ggbec.co.uk/quick-guide-overheating-thermal-comfort

[2] CroatianClimateChangePanel, http://www.cccp.com.hr

[3] Aiwasun Green Technologies, http://www.aiwasun.com

[4] HRN EN 12831

[5] Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja, Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama

[6] „Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama“

[7] Soldo, Novak, Horvat, „Algoritam za proračun energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790“, Zagreb, svibanj 2017

[8] Dović, Horvat, Rodić, Soldo, Švaić, „Algoritam za određivanje energetskih zahtjeva i učinkovitosti termotehničkih sustava u zgradama“, Zagreb, svibanj 2017

[9] Purmo Radson, https://www.radson.com

[10] Vogel&Noot, ttps://www.vogelundnoot.com

[11] IVAR Hydronic components & systems, https://www.ivar-group.com

[12] Pipelife, https://www.pipelife.hr

[13] Daikin, https://www.daikin.hr

[14] Centrometal, https://www.centrometal.hr

[15] Grundfos, https://hr.grundfos.com/

[16] Flamco, https://flamcogroup.com

[17] I.Balen: Podloge za predavanja iz kolegija „Grijanje“, FSB, Zagreb

[18] Ti-san, http://www.ti-san.hr/prodajni-program/kalorimetri/

[19] Recknagel, Spenger, Schramek, Čeperković, „Grejanje i klimatizacija“, Interklima, Vrnjačka Banja, 2004

[20] Ikoma, https://www.ikoma.hr/hr/vodovodni-materijal/vodomjeri

Prilog 1. – Proračun toplinskih gubitaka prema HRN EN 12831

-proračun prikazan za karakterističan kat

KARAKTERISTIČAN KAT

Lokacija			Split-Marjan		
Kat			2		
Stan			21		
Prostorija			1		
Oznaka prostorije			211		
Projektna unutarnja temperatura			ϑ_int	20	°C
Projektna vanjska temperatura			ϑ_e	-3	°C
Geometrija					
Visina		h	2,95	m	
Širina		š	7,7	m	
Duljina		l	4,5	m	
Volumen prostorije		V_int	102,218	m3	
Površina poda		A_pod	34,65	m2	
Broj izmjena zraka		n_min	0,5		
Faktor izloženosti		e_k	1		

Transmisijski gubici prema vanjskom okolišu								
Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	e_k	A_k*U_k*e_k
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
P	Prozor	S	2,4	2,2	5,28	1,1	1	5,808
VZ	Vanjski zid	S	8,2	3,15	20,55	0,2	1	4,11
P	Prozor	Z	1,2	2,2	2,64	1,1	1	2,904
VZ	Vanjski zid	Z	5,1	3,15	13,425	0,2	1	2,685
BV	Balkonska vrata	J	3,9	2,75	10,725	1,1	1	11,7975
VZ	Vanjski zid	J	5	3,15	5,025	0,2	1	1,005
Suma svih elemenata				ΣA_k*U_k*e_k		W/K		28,3095

Oznaka	Tolinski most prema vanjskom okolišu	Strana svijeta	dužina (l_k)	ψ_k	e_k	ψ_k*e_k*l_k
			m	W/mK	-	W/K
TMV	Vanjski zid-vertikalno	SZ	3,15	0,01	1	0,0315
TMV	Vanjski zid-vertikalno	JZ	3,15	0,01	1	0,0315
TMU	Vanjski zid-vertikalno	S	3,15	0,195	1	0,61425
TMP	Prozor (donji+gornji+bočni dio)	S	9,2	0,12	1	1,104
TMP	Prozor (donji+gornji+bočni dio)	Z	6,8	0,12	1	0,816
TMB	Balkonska vrata(donji dio)	J	3,9	0,13	1	0,507
TMB	Balkonska vrata(gornji+bočni dio)	J	9,4	0,12	1	1,128
TMZS	Spoj zid-strop	-	18,3	0,33	1	6,039
TMZP	Spoj zid-pod	-	18,3	0,33	1	6,039
Suma toplinskih mostova		Σ ψ_k*l_k*e_k		[W/K]		16,31025
Ukupni koeficijent gubitka prema vanjskom okolišu						44,61975

Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu								
Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	f_ij	A_k*U_k*f_ij
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
V	Vrata	J	0,8	2,2	1,76	1,2	0,2174	0,459130435
UDZ	Unutarnji debeli zid	J	3	2,95	7,09	0,7	0,2174	1,078913043
Suma svih elemenata				Σ A_k*U_k*f_ij			[W/K]	1,538043478
Ukupni transmisijski gubici topline								1062

Ventilacijski gubici

Ventilacijski toplinski gubici						
					400	W
V_i=max(V_inf,V_min)				V_i	51,11	m3/h
V_min=n_min*V_prostorije				V_min	51,11	m3/h
V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i				V_inf	18,4	m3/h
	n_50	3				
	e_i	0,03				
	ε_i	1				

Ponovno zagrijavanje prostorije

Ponovno zagrijavanje prostorije				f_RH	6	W/m^{2}K
		Φ_RH	208	W		

Projektni toplinski gubici prostorije

Projektni toplinski gubici prostorije	1669	W

Lokacija			Split-Marjan		
Kat			2		
Stan			21		
Prostorija			2		
Oznaka prostorije			212		
Projektna unutarnja temperatura		ϑ_int	20	°C	
Projektna vanjska temperatura		ϑ_e	-3	°C	
Geometrija					
Visina		h	2,95	m	
Širina		š	4,5	m	
Duljina		l	3,1	m	
Volumen prostorije		V_int	41,1525	m3	
Površina poda		A_pod	13,95	m2	
Broj izmjena zraka		n_min	0,5		

Faktor izloženosti		e_k	1		

Transmisijski gubici prema vanjskom okolišu								
Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	e_k	A_k*U_k*e_k
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
P	Prozor	Z	1,2	2,2	2,64	1,1	1	2,904
VZ	Vanjski zid	Z	3,7	3,15	9,015	0,2	1	1,803
VZ	Vanjski zid	J	4,8	3,15	15,12	0,2	1	3,024
VZ	Vanjski zid	S	5	3,15	15,75	0,2	1	3,15
Suma svih elemenata				ΣA_k*U_k*e_k		W/K		10,881

Oznaka	Tolinski most prema vanjskom okolišu	Strana svijeta	dužina (l_k)	ψ_k	e_k	ψ_k*e_k*l_k
			m	W/mK	-	W/K
TMV	Vanjski zid-vertikalno	SZ	3,15	0,01	1	0,0315
TMV	Vanjski zid-vertikalno	JZ	3,15	0,01	1	0,0315
TMU	Vanjski zid-vertikalno	J	3,15	0,195	1	0,61425
TMP	Prozor (donji+gornji+bočni dio)	Z	6,8	0,12	1	0,816
TMZS	Spoj zid-strop	-	13,5	0,33	1	4,455
TMZP	Spoj zid-pod	-	13,5	0,33	1	4,455
Suma toplinskih mostova		Σ ψ_k*l_k*e_k			W/K	10,40325
Ukupni koeficijent gubitka prema vanjskom okolišu						21,28425

Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu								
Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	f_ij	A_k*U_k*f_ij
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
V	Vrata	I	0,8	2,2	1,76	1,2	0,2174	0,459130435
UDZ	Unutarnji zid	I	1	2,95	1,19	0,7	0,2174	0,181086957
UDZ	Unutarnji zid	I	2	2,95	5,9	0,7	-0,174	-0,71826087
Suma svih elemenata				Σ A_k*U_k*f_ij			W/K	0,640217391
Ukupni transmisijski gubici topline								504

Ventilacijski gubici

Ventilacijski toplinski gubici				161	W
V_i=max(V_inf,V_min)			V_i	20,58	m3/h
V_min=n_min*V_prostorije			V_min	20,58	m3/h
V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i			V_inf	7,407	m3/h
	n_50	3			
	e_i	0,03			
	ε_i	1			

Ponovno zagrijavanje prostorije

Ponovno zagrijavanje prostorije				f_RH	6	W/m^2
		Φ_RH	83,7	W		

Projektni toplinski gubici prostorije

Projektni toplinski gubici prostorije	749	W

Lokacija			Split-Marjan		
Kat			2		
Stan			21		
Prostorija			3		
Oznaka prostorije			213		
Projektna unutarnja temperatura		ϑ_int	24	°C	
Projektna vanjska temperatura		ϑ_e	-3	°C	
Geometrija					
Visina		h	2,95	m	
Širina		š	3	m	
Duljina		l	2	m	
Volumen prostorije		V_int	17,7	m3	
Površina poda		A_pod	6	m2	
Broj izmjena zraka		n_min	1,5		
Faktor izloženosti		e_k	1		

Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu								
Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	f_ij	A_k*U_k*f_ij
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
V	Vrata	S	0,7	2,2	1,54	1,2	0,3913	0,723130435
UTZ	Pregradni zid	S	3	2,95	7,31	1	0,3913	2,860434783
UDZ	Unutarnji zid	Z	2	2,95	5,9	0,7	0,1739	0,71826087
Suma svih elemenata				Σ A_k*U_k*f_ij			W/K	4,301826087

Transmisijski gubici kroz negrijane prostore								
Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	b_u	A_k*U_k*b_u
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
UDZ	Unutarnji zid	I	2	2,95	5,9	0,7	0,4	1,652
Suma svih elemenata					Σ A_k*U_k*f_ij		W/K	1,652

Oznaka	Tolinski most prema negrijanom prostoru	Strana svijeta	dužina (l_k)	ψ_k	b_u	ψ_k*b_u*l_k
			m	W/mK	-	W/K

KPZ	Kut pregradnog zid	SI	3,15	0,035	0,4	0,0441
KPZ	Kut pregradnog zid	JI	3,15	0,035	0,4	0,0441
TMZS	Spoj zid-strop	-	2,4	0,33	0,4	0,3168
TMZP	Spoj zid-pod	-	2,4	0,33	0,4	0,3168
Suma toplinskih mostova			Σ ψ_k*l_k*e_k		W/K	0,7218
Ukupni koeficijent gubitka prema negrijanim prostorijama						2,3738
Ukupni transmisijski gubici topline						180

Ventilacijski gubici

Ventilacijski toplinski gubici					244	W
V_i=max(V_inf,V_min)				V_i	26,55	m3/h
V_min=n_min*V_prostorije				V_min	26,55	m3/h
V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i				V_inf	3,186	m3/h
	n_50	3				
	e_i	0,03				
	ε_i	1				

Ponovno zagrijavanje prostorije

Ponovno zagrijavanje prostorije				f_RH	6	W/m^2
		Φ_RH	36	W		

Projektni toplinski gubici prostorije

Projektni toplinski gubici prostorije	460	W

Lokacija			Split-Marjan		
Kat			2		
Stan			21		
Prostorija			4		
Oznaka prostorije			204		
Projektna unutarnja temperatura			ϑ_int	15	°C
Projektna vanjska temperatura			ϑ_e	-3	°C
Geometrija					
Visina		h	2,95	m	
Širina		š	3	m	
Duljina		l	5,1	m	
Volumen prostorije		V_int	45,135	m3	
Površina poda		A_pod	15,3	m2	
Broj izmjena zraka		n_min	0,5		
Faktor izloženosti		e_k	1		

Transmisijski gubici prema vanjskom okolišu								
Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	e_k	A_k*U_k*e_k
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
BV	Balkonska vrata	Z	1,6	2,75	4,4	1,1	1	4,84
VZ	Vanjski zid	Z	2,2	3,15	2,53	0,2	1	0,506
Suma svih elemenata			ΣA_k*U_k*e_k			W/K		5,346

Oznaka	Tolinski most prema vanjskom okolišu	Strana svijeta	dužina (l_k)	ψ_k	e_k	ψ_k*e_k*l_k
			m	W/mK	-	W/K
TMV	Vanjski zid-vertikalno	SZ	3,15	0,01	1	0,0315
TMV	Vanjski zid-vertikalno	JZ	3,15	0,01	1	0,0315
TMB	Balkonska vrata(donji dio)	Z	1,6	0,13	1	0,208
TMB	Balkonska vrata(gornji+bočni dio)	Z	6,4	0,12	1	0,768
TMZS	Spoj zid-strop	-	2,2	0,33	1	0,726
TMZP	Spoj zid-pod	-	2,2	0,33	1	0,726
Suma toplinskih mostova		Σ ψ_k*l_k*e_k			W/K	2,491
Ukupni koeficijent gubitka prema vanjskom okolišu						7,837

Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu								
Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	f_ij	A_k*U_k*f_ij
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
V	Vrata	S	0,8	2,2	1,76	1,2	-0,217	-0,459130435
UDZ	Unutarnji zid	S	5,1	2,95	13,285	0,7	-0,217	-2,021630435
V	Vrata	Z	0,8	2,2	1,76	1,2	-0,217	-0,459130435
UDZ	Unutarnji zid	Z	1	2,95	1,19	0,7	-0,217	-0,181086957
V	Vrata	J	0,7	2,2	1,54	1,2	-0,174	-0,321391304
UTZ	Pregradni zid	J	3	2,95	7,31	1	-0,174	-1,271304348
Suma svih elemenata			Σ A_k*U_k*f_ij			W/K		-4,713673913

Transmisijski gubici kroz negrijane prostore								
Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	b_u	A_k*U_k*b_u
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
UDZ	Unutarnji zid	J	1,9	2,95	5,605	0,7	0,4	1,5694
Suma svih elemenata			Σ A_k*U_k*f_ij			W/K		1,5694

Oznaka	Tolinski most prema negrijanom prostoru	Strana svijeta	dužina (l_k)	ψ_k	b_u	ψ_k*b_u*l_k
			m	W/mK	-	W/K
KPZ	Kut pregradnog zid	JI	3,15	0,035	0,4	0,0441
KPZ	Kut pregradnog zid	JZ	3,15	0,035	0,4	0,0441

TMZS	Spoj zid-strop	-	2,2	0,33	0,4	0,2904
TMZP	Spoj zid-pod	-	2,2	0,33	0,4	0,2904
Suma toplinskih mostova			Σ ψ_k*l_k*e_k		W/K	0,669
Ukupni koeficijent gubitka prema negrijanim prostorijama						2,2384
Ukupni transmisijski gubici topline						97

Ventilacijski gubici

Ventilacijski toplinski gubici			138	W	
V_i=max(V_inf,V_min)		V_i	22,57	m3/h	
V_min=n_min*V_prostorije		V_min	22,57	m3/h	
V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i		V_inf	8,124	m3/h	
n_50	3				
e_i	0,03				
ε_i	1				

Ponovno zagrijavanje prostorije

Ponovno zagrijavanje prostorije		f_RH	6	W/m^2	
Φ_RH	91,8	W			

Projektni toplinski gubici prostorije

Projektni toplinski gubici prostorije	326	W

Ukupni gubici stana 1

Ukupni gubici stana 1	3204	W

Lokacija		Split-Marjan		
Kat		2		
Stan		22		
Prostorija		1		
Oznaka prostorije		221		
Projektna unutarnja temperatura		ϑ_int	20	°C
Projektna vanjska temperatura		ϑ_e	-3	°C
Geometrija				
Visina	h	2,95	m	
Širina	š	4,5	m	
Duljina	l	7,8	m	
Volumen prostorije	V_int	103,545	m3	
Površina poda	A_pod	35,1	m2	
Broj izmjena zraka	n_min	0,5		
Faktor izloženosti	e_k	1		

Transmisijski gubici prema vanjskom okolišu								
Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	e_k	A_k*U_k*e_k
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
P	Prozor	Z	2,3	2,2	5,06	1,1	1	5,566
VZ	Vanjski zid	Z	8,4	3,15	21,4	0,2	1	4,28
P	Prozor	J	1,2	2,2	2,64	1,1	1	2,904
VZ	Vanjski zid	J	4,9	3,15	12,795	0,2	1	2,559
BV	Balkonska vrata	S	4,5	2,75	12,375	1,1	1	13,6125
ZV	Vanjski zid	S	5	3,15	3,375	0,2	1	0,675
Suma svih elemenata				ΣA_k*U_k*e_k		W/K		29,5965

Oznaka	Toplinski most prema vanjskom okolišu	Strana svijeta	dužina (l_k)	ψ_k	e_k	ψ_k*e_k*l_k
			m	W/mK	-	W/K
TMV	Vanjski zid-vertikalno	SZ	3,15	0,01	1	0,0315
TMV	Vanjski zid-vertikalno	JZ	3,15	0,01	1	0,0315
TMU	Vanjski zid-vertikalno	J	3,15	0,195	1	0,61425
TMP	Prozor (donji+gornji +bočni dio)	Z	9	0,12	1	1,08
TMP	Prozor (donji+gornji +bočni dio)	J	6,8	0,12	1	0,816
TMB	Balkonska vrata(donji dio)	S	4,5	0,13	1	0,585
TMB	Balkonska vrata(gornji+bočni dio)	S	10	0,12	1	1,2
TMZS	Spoj zid-strop	-	18,4	0,33	1	6,072
TMZP	Spoj zid-pod	-	18,4	0,33	1	6,072
Suma toplinskih mostova Σ ψ_k*l_k*e_k					W/K	16,50225
Ukupni koeficijent gubitka prema vanjskom okolišu						46,09875

Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu								
Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	f_ij	A_k*U_k*f_ij
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
V	Vrata	I	1,5	2,2	3,3	1,2	0,217391	0,860869565
UDZ	Unutarnji zid	I	3	2,95	5,55	0,7	0,217391	0,844565217
Suma svih elemenata				Σ A_k*U_k*f_ij			W/K	1,705434783
Ukupni transmisijski gubici topline								1099

Ventilacijski gubici

Ventilacijski toplinski gubici					405	W/K
V_i=max(V_inf,V_min)				V_i	51,7725	m3/h
V_min=n_min*V_prostorije				V_min	51,7725	m3/h
V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i				V_inf	18,6381	m3/h
	n_50	3				
	e_i	0,03				
	ε_i	1				

Ponovno zagrijavanje prostorije

Ponovno zagrijavanje prostorije				f_RH	6	W/m^2
		Φ_RH	210,6	W		

Projektni toplinski gubici prostorije

Projektni toplinski gubici prostorije	1715	W

Lokacija			Split-Marjan		
Kat			2		
Stan			22		
Prostorija			2		
Oznaka prostorije			222		
Projektna unutarnja temperatura		ϑ_int	20	°C	
Projektna vanjska temperatura		ϑ_e	-3	°C	
Geometrija					
Visina		h	2,95	m	
Širina		š	3,37	m	
Duljina		l	4,5	m	
Volumen prostorije		V_int	44,73675	m3	
Površina poda		A_pod	15,165	m2	
Broj izmjena zraka		n_min	0,5		
Faktor izloženosti		e_k	1		

Transmisijski gubici prema vanjskom okolišu								
Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	e_k	A_k*U_k*e_k
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
P	Prozor	J	1,2	2,2	2,64	1,1	1	2,904
VZ	Vanjski zid	J	3,57	3,15	8,6055	0,2	1	1,7211
Suma svih elemenata				ΣA_k*U_k*e_k		W/K		4,6251

Oznaka	Tolinski most prema vanjskom okolišu	Strana svijeta	dužina (l_k)	ψ_k	e_k	ψ_k*e_k*l_k
			m	W/mK	-	W/K

TMV	Vanjski zid-vertikalno	J	3,15	0,195	1	0,61425
TMV	Vanjski zid-vertikalno	J	3,15	0,195	1	0,61425
TMP	Prozor (donji+gornji+bočni dio)	J	6,8	0,12	1	0,816
TMZS	Spoj zid-strop	-	3,57	0,33	1	1,1781
TMZP	Spoj zid-pod	-	3,57	0,33	1	1,1781
Suma toplinskih mostova			Σ ψ_k*l_k*e_k		W/K	4,4007
Ukupni koeficijent gubitka prema vanjskom okolišu						9,0258

Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu								
Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	f_ij	A_k*U_k*f_ij
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
V	Vrata	S	0,8	2,2	1,76	1,2	0,217391	0,459130435
UDZ	Unutarnji zid	S	3,37	2,95	8,1815	0,7	0,217391	1,24501087
Suma svih elemenata				Σ A_k*U_k*f_ij			W/K	1,704141304
Ukupni transmisijski gubici topline								247

Ventilacijski gubici

Ventilacijski toplinski gubici			23	W	
V_i=max(V_inf,V_min)		V_i	22,36838	m3/h	
V_min=n_min*V_prostorije		V_min	22,36838	m3/h	
V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i		V_inf	8,052615	m3/h	
n_50	3				
e_i	0,03				
ε_i	1				

Ponovno zagrijavanje prostorije

Ponovno zagrijavanje prostorije			f_RH	6	W/m^2	
		Φ_RH	90,99	W		

Projektni toplinski gubici prostorije

Projektni toplinski gubici prostorije	361	W

Lokacija			Split-Marjan		
Kat			2		
Stan			22		
Prostorija			3		
Oznaka prostorije			223		
Projektna unutarnja temperatura			ϑ_int	20	°C
Projektna vanjska temperatura			ϑ_e	-3	°C

Geometrija					
Visina		h	2,95	m	
Širina		š	2,92	m	
Duljina		l	4,5	m	
Volumen prostorije		V_int	38,763	m3	
Površina poda		A_pod	13,14	m2	
Broj izmjena zraka		n_min	0,5		
Faktor izloženosti		e_k	1		

Transmisijski gubici prema vanjskom okolišu								
Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	e_k	A_k*U_k*e_k
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
P	Prozor	J	1,2	2,2	2,64	1,1	1	2,904
VZ	Vanjski zid	J	3,12	3,15	7,188	0,2	1	1,4376
Suma svih elemenata			ΣA_k*U_k*e_k			W/K		4,3416

Oznaka	Tolinski most prema vanjskom okolišu	Strana svijeta	dužina (l_k)	ψ_k	e_k	ψ_k*e_k*l_k
			m	W/mK	-	W/K
TMV	Vanjski zid-vertikalno	J	3,15	0,195	1	0,61425
TMV	Vanjski zid-vertikalno	J	3,15	0,195	1	0,61425
TMP	Prozor (donji+gornji+bočni dio)	J	6,8	0,12	1	0,816
TMZS	Spoj zid-strop	-	3,12	0,33	1	1,0296
TMZP	Spoj zid-pod	-	3,12	0,33	1	1,0296
Suma toplinskih mostova			Σ ψ_k*l_k*e_k		W/K	4,1037
Ukupni koeficijent gubitka prema vanjskom okolišu						8,4453

Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu								
Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	f_ij	A_k*U_k*f_ij
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
V	Vrata	S	0,8	2,2	1,76	1,2	0,217391	0,459130435
UDZ	Unutarnji zid	S	2,92	2,95	6,854	0,7	0,217391	1,043
Suma svih elemenata				Σ A_k*U_k*f_ij			W/K	1,502130435
Ukupni transmisijski gubici topline								229

Ventilacijski gubici

Ventilacijski toplinski gubici				152	W
V_i=max(V_inf,V_min)			V_i	19,3815	m3/h
V_min=n_min*V_prostorije			V_min	19,3815	m3/h
V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i			V_inf	6,97734	m3/h
	n_50	3			
	e_i	0,03			

	ε_i	1				

Ponovno zagrijavanje prostorije

Ponovno zagrijavanje prostorije				f_RH	6	W/m^2
		Φ_RH	78,84	W		

Projektni toplinski gubici prostorije

Projektni toplinski gubici prostorije	459	W

Lokacija			Split-Marjan		
Kat			2		
Stan			22		
Prostorija			4		
Oznaka prostorije			224		
Projektna unutarnja temperatura		ϑ_int	20	°C	
Projektna vanjska temperatura		ϑ_e	-3	°C	
Geometrija					
Visina		h	2,95	m	
Širina		š	3,12	m	
Duljina		l	4,5	m	
Volumen prostorije		V_int	41,418	m3	
Površina poda		A_pod	14,04	m2	
Broj izmjena zraka		n_min	0,5		
Faktor izloženosti		e_k	1		

Transmisijski gubici prema vanjskom okolišu								
Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	e_k	A_k*U_k*e_k
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
P	Prozor	J	1,2	2,2	2,64	1,1	1	2,904
VZ	Vanjski zid	J	3,42	3,15	8,133	0,2	1	1,6266
Suma svih elemenata			ΣA_k*U_k*e_k			W/K		4,5306

Oznaka	Tolinski most prema vanjskom okolišu	Strana svijeta	dužina (l_k)	ψ_k	e_k	ψ_k*e_k*l_k
			m	W/mK	-	W/K
TMV	Vanjski zid-vertikalno	J	3,15	0,195	1	0,61425
TMV	Vanjski zid-vertikalno	J	3,15	0,195	1	0,61425
TMP	Prozor (donji+gornji+bočni dio)	J	6,8	0,12	1	0,816
TMZS	Spoj zid-strop	-	3,42	0,33	1	1,1286
TMZP	Spoj zid-pod	-	3,42	0,33	1	1,1286

Suma toplinskih mostova	Σ ψ_k*l_k*e_k	W/K	4,3017
Ukupni koeficijent gubitka prema vanjskom okolišu			8,8323

Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu								
Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	f_ij	A_k*U_k*f_ij
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
V	Vrata	S	0,8	2,2	1,76	1,2	0,217391	0,459130435
UDZ	Unutarnji zid	S	0,8	2,95	0,6	0,7	0,217391	0,091304348
Suma svih elemenata				Σ A_k*U_k*f_ij			W/K	0,550434783
Ukupni transmisijski gubici topline								216

Ventilacijski gubici

Ventilacijski toplinski gubici					162	W
V_i=max(V_inf,V_min)				V_i	20,709	m3/h
V_min=n_min*V_prostorije				V_min	20,709	m3/h
V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i				V_inf	4,97016	m3/h
	n_50	3				
	e_i	0,02				
	ε_i	1				

Ponovno zagrijavanje prostorije

Ponovno zagrijavanje prostorije				f_RH	6	W/m^2
		Φ_RH	84,24	W		

Projektni toplinski gubici prostorije

Projektni toplinski gubici prostorije	378	W

Lokacija			Split-Marjan		
Kat			2		
Stan			22		
Prostorija			5		
Oznaka prostorije			225		
Projektna unutarnja temperatura			ϑ_int	20	°C
Projektna vanjska temperatura			ϑ_e	-3	°C
Geometrija					
Visina		h	2,95	m	
Širina		š	2,1	m	

Duljina			l	0,9	m	
Volumen prostorije			V_int	5,5755	m3	
Površina poda			A_pod	1,89	m2	
Broj izmjena zraka			n_min	1,5		
Faktor izloženosti			e_k	1		

Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu								
Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	f_ij	A_k*U_k*f_ij
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
V	Vrata	Z	0,6	2,2	1,2	1,2	0,217391	0,313043478
UTZ	Pregradni zid	Z	0,9	2,95	1,455	1	0,217391	0,316304348
UTZ	Pregradni zid	J	2,1	2,95	6,195	1	0,217391	1,34673913
Suma svih elemenata				Σ A_k*U_k*f_ij			W/K	0,629347826

Transmisijski gubici kroz negrijane prostore								
Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	b_u	A_k*U_k*b_u
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
UDZ	Unutarnji zid	S	2,1	2,95	6,195	0,7	0,4	1,7346
Suma svih elemenata				Σ A_k*U_k*f_ij			W/K	1,7346

Oznaka	Tolinski most prema negrijanom prostoru	Strana svijeta	dužina (l_k)	ψ_k	b_u	ψ_k*b_u*l_k
			m	W/mK	-	W/K
KPZ	Kut pregradnog zid	SI	3,15	0,035	0,4	0,0441
KPZ	Kut pregradnog zid	SZ	3,15	0,035	0,4	0,0441
TMZS	Spoj zid-strop	-	2,4	0,33	0,4	0,3168
TMZP	Spoj zid-pod	-	2,4	0,33	0,4	0,3168
Suma toplinskih mostova			Σ ψ_k*l_k*e_k		W/K	0,7218
Ukupni koeficijent gubitka prema negrijanim prostorijama						2,4564
Ukupni transmisijski gubici topline						71

Ventilacijski gubici

Ventilacijski toplinski gubici				65	W
V_i=max(V_inf,V_min)			V_i	8,36325	m3/h
V_min=n_min*V_prostorije			V_min	8,36325	m3/h
V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i			V_inf	0,66906	m3/h
n_50	3				
e_i	0,02				
ε_i	1				

Ponovno zagrijavanje prostorije

Ponovno zagrijavanje prostorije				f_RH	6	W/m^2
		Φ_RH	11,34	W		

Projektni toplinski gubici prostorije

Projektni toplinski gubici prostorije	148	W

Lokacija			Split-Marjan		
Kat			2		
Stan			22		
Prostorija			6		
Oznaka prostorije			226		
Projektna unutarnja temperatura			ϑ_int	24	°C
Projektna vanjska temperatura			ϑ_e	-3	°C
Geometrija					
Visina		h	2,95	m	
Širina		š	3	m	
Duljina		l	2,2	m	
Volumen prostorije		V_int	19,47	m3	
Površina poda		A_pod	6,6	m2	
Broj izmjena zraka		n_min	1,5		
Faktor izloženosti		e_k	1		

Transmisijski gubici prema vanjskom okolišu								
Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	e_k	A_k*U_k*e_k
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
VZ	Vanjski zid	Z	2,4	3,15	7,56	0,2	1	1,512
Suma svih elemenata			ΣA_k*U_k*e_k			W/K		1,512

Oznaka	Tolinski most prema vanjskom okolišu	Strana svijeta	dužina (l_k)	ψ_k	e_k	ψ_k*e_k*l_k
			m	W/mK	-	W/K
TMV	Vanjski zid-vertikalno	SZ	3,15	0,01	1	0,0315
TMV	Vanjski zid-vertikalno	SJ	3,15	0,195	1	0,61425
TMZS	Spoj zid-strop	-	2,4	0,33	1	0,792
TMZP	Spoj zid-pod	-	2,4	0,33	1	0,792
Suma toplinskih mostova			Σ ψ_k*l_k*e_k		W/K	2,22975
Ukupni koeficijent gubitka prema vanjskom okolišu						3,74175

Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu								
Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	f_ij	A_k*U_k*f_ij
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K

V	Vrata	J	0,7	2,2	1,54	1,2	0,217391	0,40173913
UTZ	Pregradni zid	J	3	2,95	7,31	1	0,217391	1,589130435
Suma svih elemenata				Σ A_k*U_k*f_ij			W/K	1,990869565

Transmisijski gubici kroz negrijane prostore								
Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	b_u	A_k*U_k*b_u
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
UDZ	Unutarnji zid	I	2	2,95	5,9	0,7	0,4	1,652
Suma svih elemenata				Σ A_k*U_k*f_ij			W/K	1,652

Oznaka	Tolinski most prema negrijanom prostoru	Strana svijeta	dužina (l_k)	ψ_k	b_u	ψ_k*b_u*l_k
			m	W/mK	-	W/K
KPZ	Kut pregradnog zid	SI	3,15	0,035	0,4	0,0441
KPZ	Kut pregradnog zid	JI	3,15	0,035	0,4	0,0441
TMZS	Spoj zid-strop	-	2,6	0,33	0,4	0,3432
TMZP	Spoj zid-pod	-	2,6	0,33	0,4	0,3432
Suma toplinskih mostova			Σ ψ_k*l_k*e_k		W/K	0,7746
Ukupni koeficijent gubitka prema negrijanim prostorijama						2,4266
Ukupni transmisijski gubici topline						220

Ventilacijski gubici

Ventilacijski toplinski gubici					268	W
V_i=max(V_inf,V_min)				V_i	29,205	m3/h
V_min=n_min*V_prostorije				V_min	29,205	m3/h
V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i				V_inf	3,5046	m3/h
	n_50	3				
	e_i	0,03				
	ε_i	1				

Ponovno zagrijavanje prostorije

Ponovno zagrijavanje prostorije				f_RH	6	W/m^2
		Φ_RH	39,6	W		

Projektni toplinski gubici prostorije

Projektni toplinski gubici prostorije	528	W

Lokacija			Split-Marjan		
Kat			2		
Stan			22		

Prostorija			7		
Oznaka prostorije			227		
Projektna unutarnja temperatura			ϑ_int	15	°C
Projektna vanjska temperatura			ϑ_e	-3	°C
Geometrija					
Visina		h	2,95	m	
Širina		š	7,2	m	
Duljina		l	3	m	
Volumen prostorije		V_int	63,72	m3	
Površina poda		A_pod	21,6	m2	
Broj izmjena zraka		n_min	0,5		
Faktor izloženosti		e_k	1		

Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu

Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	f_ij	A_k*U_k*f_ij
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
V	Vrata	Z	1,5	2,2	3,3	1,2	-0,21739	-0,860869565
UDZ	Unutarnji zid	Z	3	2,95	5,55	0,7	-0,21739	-0,844565217
V	Vrata	J	0,8	2,2	1,76	1,2	-0,21739	-0,459130435
UDZ	Unutarnji zid	J	3,37	2,95	8,1815	0,7	-0,21739	-1,24501087
V	Vrata	J	0,8	2,2	1,76	1,2	-0,21739	-0,459130435
UDZ	Unutarnji zid	J	2,92	2,95	6,854	0,7	-0,21739	-1,043
V	Vrata	J	0,8	2,2	1,76	1,2	-0,21739	-0,459130435
UDZ	Unutarnji zid	J	0,8	2,95	0,6	0,7	-0,21739	-0,091304348
V	Vrata	I	0,6	2,2	1,32	1,2	-0,21739	-0,344347826
UTZ	Pregradni zid	I	0,9	2,95	1,335	1	-0,21739	-0,290217391
V	Vrata	S	0,7	2,2	1,54	1,2	-0,3913	-0,723130435
UTZ	Pregradni zid	S	3	2,95	7,31	1	-0,3913	-2,860434783
Suma svih elemenata				Σ A_k*U_k*f_ij			W/K	-9,680271739

Transmisijski gubici kroz negrijane prostore

Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	b_u	A_k*U_k*b_u
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
UDZ	Unutarnji zid	S	4	2,95	11,8	0,7	0,4	3,304
Suma svih elemenata				Σ A_k*U_k*f_ij			W/K	3,304

Oznaka	Tolinski most prema negrijanom prostoru	Strana svijeta	dužina (l_k)	ψ_k	b_u	ψ_k*b_u*l_k
			m	W/mK	-	W/K
KPZ	Kut pregradnog zid	SI	3,15	0,035	0,4	0,0441
KPZ	Kut pregradnog zid	SZ	3,15	0,035	0,4	0,0441
TMZS	Spoj zid-strop	-	4,3	0,33	0,4	0,5676
TMZP	Spoj zid-pod	-	4,3	0,33	0,4	0,5676

Suma toplinskih mostova	Σ ψ_k*l_k*e_k	W/K	1,2234
Ukupni koeficijent gubitka prema negrijanim prostorijama			4,5274
Ukupni transmisijski gubici topline			-93

Ventilacijski gubici

Ventilacijski toplinski gubici					195	W
V_i=max(V_inf,V_min)				V_i	31,86	m3/h
V_min=n_min*V_prostorije				V_min	31,86	m3/h
V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i				V_inf	11,4696	m3/h
	n_50	3				
	e_i	0,03				
	ε_i	1				

Ponovno zagrijavanje prostorije

Ponovno zagrijavanje prostorije				f_RH	6	W/m^2
		Φ_RH	129,6	W		

Projektni toplinski gubici prostorije

Projektni toplinski gubici prostorije	232	W

Ukupni gubici stana 2

Ukupni gubici stana 2	**3820**	**W**

Lokacija			Split-Marjan		
Kat			2		
Stan			23		
Prostorija			1		
Oznaka prostorije			231		
Projektna unutarnja temperatura			ϑ_int	20	°C
Projektna vanjska temperatura			ϑ_e	-3	°C
Geometrija					
Visina		h	2,95	m	
Širina		š	4,5	m	
Duljina		l	7,8	m	
Volumen prostorije		V_int	103,545	m3	
Površina poda		A_pod	35,1	m2	
Broj izmjena zraka		n_min	0,5		

Faktor izloženosti		e_k	1		

Transmisijski gubici prema vanjskom okolišu								
Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	e_k	A_k*U_k*e_k
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
P	Prozor	I	2,3	2,2	5,06	1,1	1	5,566
VZ	Vanjski zid	I	8,4	3,15	21,4	0,2	1	4,28
P	Prozor	J	1,2	2,2	2,64	1,1	1	2,904
VZ	Vanjski zid	J	4,9	3,15	12,795	0,2	1	2,559
BV	Balkonska vrata	S	4,5	2,75	12,375	1,1	1	13,6125
VZ	Vanjski zid	S	4,8	3,15	2,745	0,2	1	0,549
Suma svih elemenata				ΣA_k*U_k*e_k		W/K		29,4705

Oznaka	Tolinski most prema vanjskom okolišu	Strana svijeta	dužina (l_k)	ψ_k	e_k	ψ_k*e_k*l_k
			m	W/mK	-	W/K
TMV	Vanjski zid-vertikalno	SZ	3,15	0,01	1	0,0315
TMV	Vanjski zid-vertikalno	JZ	3,15	0,01	1	0,0315
TMU	Vanjski zid-vertikalno	J	3,15	0,195	1	0,61425
TMP	Prozor (donji+gornji+bočni dio)	I	9	0,12	1	1,08
TMP	Prozor (donji+gornji+bočni dio)	J	6,8	0,12	1	0,816
TMB	Balkonska vrata(donji dio)	S	4,5	0,13	1	0,585
TMB	Balkonska vrata(gornji+bočni dio)	S	10	0,12	1	1,2
TMZS	Spoj zid-strop	-	18,3	0,33	1	6,039
TMZP	Spoj zid-pod	-	18,3	0,33	1	6,039
Suma toplinskih mostova Σ ψ_k*l_k*e_k					W/K	16,43625
Ukupni koeficijent gubitka prema vanjskom okolišu						45,90675

Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu								
Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	f_ij	A_k*U_k*f_ij
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
V	Vrata	Z	1,5	2,2	3,3	1,2	0,217391	0,860869565
UDZ	Unutarnji zid	Z	3	2,95	5,55	0,7	0,217391	0,844565217
Suma svih elemenata				Σ A_k*U_k*f_ij			W/K	1,705434783
Ukupni transmisijski gubici topline								1095

Ventilacijski gubici

Ventilacijski toplinski gubici			405	W
V_i=max(V_inf,V_min)		V_i	51,7725	m3/h
V_min=n_min*V_prostorije		V_min	51,7725	m3/h

V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i				V_inf	18,6381	m3/h
	n_50	3				
	e_i	0,03				
	ε_i	1				

Ponovno zagrijavanje prostorije

Ponovno zagrijavanje prostorije				f_RH	6	W/m^2
		Φ_RH	210,6	W		

Projektni toplinski gubici prostorije

Projektni toplinski gubici prostorije	1711	W

Lokacija			Split-Marjan		
Kat			2		
Stan			23		
Prostorija			2		
Oznaka prostorije			232		
Projektna unutarnja temperatura		ϑ_int	20	°C	
Projektna vanjska temperatura		ϑ_e	-3	°C	
Geometrija					
Visina		h	2,95	m	
Širina		š	3,43	m	
Duljina		l	4,5	m	
Volumen prostorije		V_int	45,53325	m3	
Površina poda		A_pod	15,435	m2	
Broj izmjena zraka		n_min	0,5		
Faktor izloženosti		e_k	1		

Transmisijski gubici prema vanjskom okolišu								
Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	e_k	A_k*U_k*e_k
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
P	Prozor	J	1,2	2,2	2,64	1,1	1	2,904
VZ	Vanjski zid	J	3,63	3,15	8,7945	0,2	1	1,7589
Suma svih elemenata			ΣA_k*U_k*e_k			W/K		4,6629

Oznaka	Tolinski most prema vanjskom okolišu	Strana svijeta	dužina (l_k)	ψ_k	e_k	ψ_k*e_k*l_k
			m	W/mK	-	W/K
TMV	Vanjski zid-vertikalno	J	3,15	0,195	1	0,61425
TMV	Vanjski zid-vertikalno	J	3,15	0,195	1	0,61425

TMP	Prozor (donji+gornji+bočni dio)	J	6,8	0,12	1	0,816
TMZS	Spoj zid-strop	-	3,63	0,33	1	1,1979
TMZP	Spoj zid-pod	-	3,63	0,33	1	1,1979
Suma toplinskih mostova Σ ψ_k*l_k*e_k W/K						4,4403
Ukupni koeficijent gubitka prema vanjskom okolišu						9,1032

Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu								
Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	f_ij	A_k*U_k*f_ij
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
V	Vrata	S	0,8	2,2	1,76	1,2	0,217391	0,459130435
UDZ	Unutarnji zid	S	3,43	2,95	8,3585	0,7	0,217391	1,271945652
Suma svih elemenata Σ A_k*U_k*f_ij W/K								1,731076087
Ukupni transmisijski gubici topline								249

Ventilacijski gubici

Ventilacijski toplinski gubici					178	W
V_i=max(V_inf,V_min)				V_i	22,76663	m3/h
V_min=n_min*V_prostorije				V_min	22,76663	m3/h
V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i				V_inf	5,46399	m3/h
	n_50	3				
	e_i	0,02				
	ε_i	1				

Ponovno zagrijavanje prostorije

Ponovno zagrijavanje prostorije				f_RH	6	W/m^2
		Φ_RH	92,61	W		

Projektni toplinski gubici prostorije

Projektni toplinski gubici prostorije	520	W

Lokacija			Split-Marjan		
Kat			2		
Stan			23		
Prostorija			3		
Oznaka prostorije			233		
Projektna unutarnja temperatura			ϑ_int	20	°C
Projektna vanjska temperatura			ϑ_e	-3	°C

Geometrija					
Visina		h	2,95	m	
Širina		š	3,26	m	
Duljina		l	4,5	m	
Volumen prostorije		V_int	43,2765	m3	
Površina poda		A_pod	14,67	m2	
Broj izmjena zraka		n_min	0,5		
Faktor izloženosti		e_k	1		

Transmisijski gubici prema vanjskom okolišu								
Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	e_k	A_k*U_k*e_k
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
P	Prozor	J	1,2	2,2	2,64	1,1	1	2,904
VZ	Vanjski zid	J	3,56	3,15	8,574	0,2	1	1,7148
Suma svih elemenata			ΣA_k*U_k*e_k				W/K	4,6188

Oznaka	Tolinski most prema vanjskom okolišu	Strana svijeta	dužina (l_k)	ψ_k	e_k	ψ_k*e_k*l_k
			m	W/mK	-	W/K
TMV	Vanjski zid-vertikalno	JZ	3,15	0,01	1	0,0315
TMV	Vanjski zid-vertikalno	J	3,15	0,195	1	0,61425
TMP	Prozor (donji+gornji+bočni dio)	J	6,8	0,12	1	0,816
TMZS	Spoj zid-strop	-	3,12	0,33	1	1,0296
TMZP	Spoj zid-pod	-	3,12	0,33	1	1,0296
Suma toplinskih mostova Σ ψ_k*l_k*e_k					W/K	3,52095
Ukupni koeficijent gubitka prema vanjskom okolišu						8,13975

Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu								
Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	f_ij	A_k*U_k*f_ij
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
V	Vrata	S	0,8	2,2	1,76	1,2	0,217391	0,459130435
UDZ	Unutarnji zid	S	3,26	2,95	7,857	0,7	0,217391	1,195630435
Suma svih elemenata				Σ A_k*U_k*f_ij			W/K	1,65476087
Ukupni transmisijski gubici topline								225

Ventilacijski gubici

Ventilacijski toplinski gubici				169	W
V_i=max(V_inf,V_min)			V_i	21,63825	m3/h
V_min=n_min*V_prostorije			V_min	21,63825	m3/h
V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i			V_inf	5,19318	m3/h
	n_50	3			
	e_i	0,02			

	ε_i	1				

Ponovno zagrijavanje prostorije

Ponovno zagrijavanje prostorije			f_RH	6	W/m^2
		Φ_RH	88,02	W		

Projektni toplinski gubici prostorije

Projektni toplinski gubici prostorije	483	W

Lokacija			Split-Marjan		
Kat			2		
Stan			23		
Prostorija			4		
Oznaka prostorije			234		
Projektna unutarnja temperatura		ϑ_int	20	°C	
Projektna vanjska temperatura		ϑ_e	-3	°C	
Geometrija					
Visina		h	2,95	m	
Širina		š	1,95	m	
Duljina		l	0,9	m	
Volumen prostorije		V_int	5,17725	m3	
Površina poda		A_pod	1,755	m2	
Broj izmjena zraka		n_min	1,5		
Faktor izloženosti		e_k	1		

Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu								
Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	f_ij	A_k*U_k*f_ij
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
V	Vrata	I	0,6	2,2	1,32	1,2	0,217391	0,344347826
UDZ	Unutarnji zid	I	0,9	2,95	1,335	0,7	0,217391	0,203152174
Suma svih elemenata				Σ A_k*U_k*f_ij			W/K	0,5475

Transmisijski gubici kroz negrijane prostore								
Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	b_u	A_k*U_k*b_u
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
UDZ	Unutarnji zid	S	1,95	2,95	5,7525	0,7	0,4	1,6107
Suma svih elemenata				Σ A_k*U_k*f_ij			W/K	1,6107
Oznaka		Strana svijeta	dužina (l_k)	ψ_k	b_u	ψ_k*b_u*l_k		

	Tolinski most prema negrijanom prostoru		m	W/mK	-	W/K
KPZ	Kut pregradnog zid	SI	3,15	0,035	0,4	0,0441
KPZ	Kut pregradnog zid	SZ	3,15	0,035	0,4	0,0441
TMZS	Spoj zid-strop	-	2,35	0,33	0,4	0,3102
TMZP	Spoj zid-pod	-	3,35	0,33	0,4	0,4422
Suma toplinskih mostova Σ ψ_k*l_k*e_k					W/K	0,8406
Ukupni koeficijent gubitka prema negrijanim prostorijama						2,4513
Ukupni transmisijski gubici topline						69

Ventilacijski gubici

Ventilacijski toplinski gubici					61	W
V_i=max(V_inf,V_min)				V_i	7,765875	m3/h
V_min=n_min*V_prostorije				V_min	7,765875	m3/h
V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i				V_inf	0,62127	m3/h
	n_50	3				
	e_i	0,02				
	ε_i	1				

Ponovno zagrijavanje prostorije

Ponovno zagrijavanje prostorije				f_RH	6	W/m^2
		Φ_RH	10,53	W		

Projektni toplinski gubici prostorije

Projektni toplinski gubici prostorije	140	W

Lokacija			Split-Marjan		
Kat			2		
Stan			23		
Prostorija			5		
Oznaka prostorije			235		
Projektna unutarnja temperatura			ϑ_int	24	°C
Projektna vanjska temperatura			ϑ_e	-3	°C
Geometrija					
Visina		h	2,95	m	
Širina		š	3	m	
Duljina		l	2,2	m	
Volumen prostorije		V_int	19,47	m3	
Površina poda		A_pod	6,6	m2	
Broj izmjena zraka		n_min	1,5		

Faktor izloženosti		e_k	1		

Transmisijski gubici prema vanjskom okolišu								
Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	e_k	A_k*U_k*e_k
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
VZ	Vanjski zid	I	2,4	3,15	7,56	0,2	1	1,512
Suma svih elemenata				ΣA_k*U_k*e_k			W/K	1,512

Oznaka	Tolinski most prema vanjskom okolišu	Strana svijeta	dužina (l_k)	ψ_k	e_k	ψ_k*e_k*l_k
			m	W/mK	-	W/K
TMV	Vanjski zid-vertikalno	I	3,15	0,01	1	0,0315
TMV	Vanjski zid-vertikalno	I	3,15	0,01	1	0,0315
TMZS	Spoj zid-strop	-	2,4	0,33	1	0,792
TMZP	Spoj zid-pod	-	2,4	0,33	1	0,792
Suma toplinskih mostova				Σ ψ_k*l_k*e_k		W/K	1,647
Ukupni koeficijent gubitka prema vanjskom okolišu							3,159

Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu								
Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	f_ij	A_k*U_k*f_ij
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
V	Vrata	J	0,7	2,2	1,54	1,2	0,391304	0,723130435
UTZ	Pregradni zid	J	3	2,95	7,31	1	0,391304	2,860434783
Suma svih elemenata				Σ A_k*U_k*f_ij			W/K	3,583565217

Transmisijski gubici kroz negrijane prostore								
Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	b_u	A_k*U_k*b_u
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
UDZ	Unutarnji zid	Z	2,2	2,95	6,49	0,7	0,4	1,8172
Suma svih elemenata				Σ A_k*U_k*f_ij			W/K	1,8172

Oznaka	Tolinski most prema negrijanom prostoru	Strana svijeta	dužina (l_k)	ψ_k	b_u	ψ_k*b_u*l_k
			m	W/mK	-	W/K
KPZ	Kut pregradnog zid	SI	3,15	0,035	0,4	0,0441
KPZ	Kut pregradnog zid	SZ	3,15	0,035	0,4	0,0441
TMZS	Spoj zid-strop	-	2,5	0,33	0,4	0,33
TMZP	Spoj zid-pod	-	2,5	0,33	0,4	0,33
Suma toplinskih mostova				Σ ψ_k*l_k*e_k		W/K	0,7482
Ukupni koeficijent gubitka prema negrijanim prostorijama							2,5654
Ukupni transmisijski gubici topline							251

Ventilacijski gubici

Ventilacijski toplinski gubici					268	W
V_i=max(V_inf,V_min)				V_i	29,205	m3/h
V_min=n_min*V_prostorije				V_min	29,205	m3/h
V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i				V_inf	3,5046	m3/h
	n_50	3				
	e_i	0,03				
	ε_i	1				

Ponovno zagrijavanje prostorije

Ponovno zagrijavanje prostorije				f_RH	6	W/m^2
		Φ_RH	39,6	W		

Projektni toplinski gubici prostorije

Projektni toplinski gubici prostorije	559	W

Lokacija			Split-Marjan		
Kat			2		
Stan			23		
Prostorija			6		
Oznaka prostorije			236		
Projektna unutarnja temperatura			ϑ_int	15	°C
Projektna vanjska temperatura			ϑ_e	-3	°C
Geometrija					
Visina		h	2,95	m	
Širina		š	4,54	m	
Duljina		l	3	m	
Volumen prostorije		V_int	40,179	m3	
Površina poda		A_pod	13,62	m2	
Broj izmjena zraka		n_min	0,5		
Faktor izloženosti		e_k	1		

Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu

Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	f_ij	A_k*U_k*f_ij
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
V	Vrata	I	1,5	2,2	3,3	1,2	-0,21739	-0,860869565
UDZ	Unutarnji zid	I	3	2,95	5,55	0,7	-0,21739	-0,844565217
V	Vrata	J	0,8	2,2	1,76	1,2	-0,21739	-0,459130435
UDZ	Unutarnji zid	J	1,1	2,95	1,485	0,7	-0,21739	-0,225978261
V	Vrata	J	0,8	2,2	1,76	1,2	-0,21739	-0,459130435

UDZ	Unutarnji zid	J	3,43	2,95	8,3585	0,7	-0,21739	-1,271945652
V	Vrata	Z	0,6	2,2	1,32	1,2	-0,21739	-0,344347826
UTZ	Pregradni zid	Z	0,9	2,95	1,335	1	-0,21739	-0,290217391
V	Vrata	S	0,7	2,2	1,54	1,2	-0,3913	-0,723130435
UTZ	Pregradni zid	S	3	2,95	7,31	1	-0,3913	-2,860434783
Suma svih elemenata				Σ A_k*U_k*f_ij			W/K	-8,33975

Transmisijski gubici kroz negrijane prostore								
Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	b_u	A_k*U_k*b_u
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
UDZ	Unutarnji zid	S	1,35	2,95	3,9825	0,7	0,4	1,1151
Suma svih elemenata				Σ A_k*U_k*f_ij			W/K	1,1151

Oznaka	Tolinski most prema negrijanom prostoru	Strana svijeta	dužina (l_k)	ψ_k	b_u	ψ_k*b_u*l_k
			m	W/mK	-	W/K
KPZ	Kut pregradnog zid	SI	3,15	0,035	0,4	0,0441
KPZ	Kut pregradnog zid	SZ	3,15	0,035	0,4	0,0441
TMZS	Spoj zid-strop	-	1,65	0,33	0,4	0,2178
TMZP	Spoj zid-pod	-	1,65	0,33	0,4	0,2178
Suma toplinskih mostova			Σ ψ_k*l_k*e_k		W/K	0,5238
Ukupni koeficijent gubitka prema negrijanim prostorijama						1,6389
Ukupni transmisijski gubici topline						-121

Ventilacijski gubici

Ventilacijski toplinski gubici				123	W
V_i=max(V_inf,V_min)			V_i	20,0895	m3/h
V_min=n_min*V_prostorije			V_min	20,0895	m3/h
V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i			V_inf	4,82148	m3/h
n_50	3				
e_i	0,02				
ε_i	1				

Ponovno zagrijavanje prostorije

Ponovno zagrijavanje prostorije			f_RH	6	W/m^2
	Φ_RH	81,72	W		

Projektni toplinski gubici prostorije

Projektni toplinski gubici prostorije	84	W

Ukupni gubici stana 3

Ukupni gubici stana 3	**3496**	**W**

Lokacija			Split-Marjan		
Kat			2		
Stan			24		
Prostorija			1		
Oznaka prostorije			241		
Projektna unutarnja temperatura			ϑ_int	20	°C
Projektna vanjska temperatura			ϑ_e	-3	°C
Geometrija					
Visina		h	2,95	m	
Širina		š	7,7	m	
Duljina		l	4,5	m	
Volumen prostorije		V_int	102,2175	m3	
Površina poda		A_pod	34,65	m2	
Broj izmjena zraka		n_min	0,5		
Faktor izloženosti		e_k	1		

Transmisijski gubici prema vanjskom okolišu

Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	e_k	A_k*U_k*e_k
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
P	Prozor	S	2,4	2,2	5,28	1,1	1	5,808
VZ	Vanjski zid	S	8,2	3,15	20,55	0,2	1	4,11
P	Prozor	I	1,2	2,2	2,64	1,1	1	2,904
VZ	Vanjski zid	I	5,1	3,15	13,425	0,2	1	2,685
BV	Balkonska vrata	J	3,9	2,75	10,725	1,1	1	11,7975
VZ	Vanjski zid	J	5	3,15	5,025	0,2	1	1,005
Suma svih elemenata				ΣA_k*U_k*e_k			W/K	28,3095

Oznaka	Tolinski most prema vanjskom okolišu	Strana svijeta	dužina (l_k)	ψ_k	e_k	ψ_k*e_k*l_k
			m	W/mK	-	W/K
TMV	Vanjski zid-vertikalno	SZ	3,15	0,01	1	0,0315
TMV	Vanjski zid-vertikalno	SI	3,15	0,01	1	0,0315
TMU	Vanjski zid-vertikalno	JI	3,15	0,01	1	0,0315
TMP	Prozor (donji+gornji+bočni dio)	S	9,2	0,12	1	1,104
TMP	Prozor (donji+gornji+bočni dio)	Z	6,8	0,12	1	0,816
TMB	Balkonska vrata(donji dio)	J	3,9	0,13	1	0,507
TMB	Balkonska vrata(gornji+bočni dio)	J	9,4	0,12	1	1,128
TMZS	Spoj zid-strop	-	18,3	0,33	1	6,039

TMZP	Spoj zid-pod	-	18,3	0,33	1	6,039
Suma toplinskih mostova			Σ ψ_k*l_k*e_k		W/K	15,7275
Ukupni koeficijent gubitka prema vanjskom okolišu						44,037

Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu								
Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	f_ij	A_k*U_k*f_ij
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
V	Vrata	J	0,8	2,2	1,76	1,2	0,217391	0,459130435
UDZ	Unutarnji zid	J	3	2,95	7,09	0,7	0,217391	1,078913043
Suma svih elemenata				Σ A_k*U_k*f_ij			W/K	1,538043478
Ukupni transmisijski gubici topline								1048

Ventilacijski gubici

Ventilacijski toplinski gubici					400	W
V_i=max(V_inf,V_min)				V_i	51,10875	m3/h
V_min=n_min*V_prostorije				V_min	51,10875	m3/h
V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i				V_inf	18,39915	m3/h
	n_50	3				
	e_i	0,03				
	ε_i	1				

Ponovno zagrijavanje prostorije

Ponovno zagrijavanje prostorije				f_RH	6	W/m^2
		Φ_RH	207,9	W		

Projektni toplinski gubici prostorije

Projektni toplinski gubici prostorije	1656	W

Lokacija				Split-Marjan		
Kat				2		
Stan				24		
Prostorija				2		
Oznaka prostorije				242		
Projektna unutarnja temperatura				ϑ_int	20	°C
Projektna vanjska temperatura				ϑ_e	-3	°C
Geometrija						
Visina			h	2,95	m	
Širina			š	4,5	m	
Duljina			l	3,1	m	

Volumen prostorije		V_int	41,1525	m3	
Površina poda		A_pod	13,95	m2	
Broj izmjena zraka		n_min	0,5		
Faktor izloženosti		e_k	1		

Transmisijski gubici prema vanjskom okolišu								
Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	e_k	A_k*U_k*e_k
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
P	Prozor	I	1,2	2,2	2,64	1,1	1	2,904
VZ	Vanjski zid	I	3,7	3,15	9,015	0,2	1	1,803
VZ	Vanjski zid	J	5	3,15	15,75	0,2	1	3,15
VZ	Vanjski zid	S	5	3,15	15,75	0,2	1	3,15
Suma svih elemenata				ΣA_k*U_k*e_k			W/K	11,007

Oznaka	Tolinski most prema vanjskom okolišu	Strana svijeta	dužina (l_k)	ψ_k	e_k	ψ_k*e_k*l_k
			m	W/mK	-	W/K
TMV	Vanjski zid-vertikalno	SI	3,15	0,01	1	0,0315
TMV	Vanjski zid-vertikalno	JI	3,15	0,01	1	0,0315
TMU	Vanjski zid-vertikalno	J	3,15	0,195	1	0,61425
TMP	Prozor (donji+gornji+bočni dio)	I	6,8	0,12	1	0,816
TMZS	Spoj zid-strop	-	13,5	0,33	1	4,455
TMZP	Spoj zid-pod	-	13,5	0,33	1	4,455
Suma toplinskih mostova			Σ ψ_k*l_k*e_k		W/K	10,40325
Ukupni koeficijent gubitka prema vanjskom okolišu						21,41025

Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu								
Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	f_ij	A_k*U_k*f_ij
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
V	Vrata	Z	0,8	2,2	1,76	1,2	0,217391	0,459130435
UDZ	Unutarnji zid	Z	1	2,95	1,19	0,7	0,217391	0,181086957
UZD	Unutarnji zid	Z	2	2,95	5,9	0,7	-0,17391	-0,71826087
Suma svih elemenata				Σ A_k*U_k*f_ij			W/K	0,640217391
Ukupni transmisijski gubici topline								507

Ventilacijski gubici

Ventilacijski toplinski gubici					161	W
V_i=max(V_inf,V_min)				V_i	20,57625	m3/h
V_min=n_min*V_prostorije				V_min	20,57625	m3/h
V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i				V_inf	7,40745	m3/h
	n_50	3				

	e_i	0,03				
	ε_i	1				

Ponovno zagrijavanje prostorije

Ponovno zagrijavanje prostorije			f_RH	6	W/m^2
		Φ_RH	83,7	W		

Projektni toplinski gubici prostorije

Projektni toplinski gubici prostorije	752	W

Lokacija			Split-Marjan		
Kat			2		
Stan			24		
Prostorija			3		
Oznaka prostorije			243		
Projektna unutarnja temperatura		ϑ_int	24	°C	
Projektna vanjska temperatura		ϑ_e	-3	°C	
Geometrija					
Visina		h	2,95	m	
Širina		š	3	m	
Duljina		l	2	m	
Volumen prostorije		V_int	17,7	m3	
Površina poda		A_pod	6	m2	
Broj izmjena zraka		n_min	1,5		
Faktor izloženosti		e_k	1		

Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu

Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	f_ij	A_k*U_k*f_ij
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
V	Vrata	S	0,7	2,2	1,54	1,2	0,391304	0,723130435
UTZ	Pregradni zid	S	3	2,95	7,31	1	0,391304	2,860434783
UDZ	Unutarnji zid	I	2	2,95	5,9	0,7	0,173913	0,71826087
Suma svih elemenata				Σ A_k*U_k*f_ij			W/K	3,583565217

Transmisijski gubici kroz negrijane prostore

Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	b_u	A_k*U_k*b_u
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
UDZ	Unutarnji zid	Z	2	2,95	5,9	0,7	0,4	1,652
Suma svih elemenata				Σ A_k*U_k*f_ij			W/K	1,652

Oznaka	Tolinski most prema negrijanom prostoru	Strana svijeta	dužina (l_k)	ψ_k	b_u	ψ_k*b_u*l_k
			m	W/mK	-	W/K
KPZ	Kut pregradnog zid	SZ	3,15	0,035	0,4	0,0441
KPZ	Kut pregradnog zid	JZ	3,15	0,035	0,4	0,0441
TMZS	Spoj zid-strop	-	2,4	0,33	0,4	0,3168
TMZP	Spoj zid-pod	-	2,4	0,33	0,4	0,3168
Suma toplinskih mostova			Σ ψ_k*l_k*e_k		W/K	0,7218
Ukupni koeficijent gubitka prema negrijanim prostorijama						2,3738
Ukupni transmisijski gubici topline						161

Ventilacijski gubici

Ventilacijski toplinski gubici					244	W
V_i=max(V_inf,V_min)				V_i	26,55	m3/h
V_min=n_min*V_prostorije				V_min	26,55	m3/h
V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i				V_inf	2,124	m3/h
	n_50	3				
	e_i	0,02				
	ε_i	1				

Ponovno zagrijavanje prostorije

Ponovno zagrijavanje prostorije				f_RH	6	W/m^2
		Φ_RH	36	W		

Projektni toplinski gubici prostorije

Projektni toplinski gubici prostorije	441	W

Lokacija			Split-Marjan		
Kat			2		
Stan			24		
Prostorija			4		
Oznaka prostorije			244		
Projektna unutarnja temperatura			ϑ_int	15	°C
Projektna vanjska temperatura			ϑ_e	-3	°C
Geometrija					
Visina		h	2,95	m	
Širina		š	3	m	
Duljina		l	5,1	m	
Volumen prostorije		V_int	45,135	m3	
Površina poda		A_pod	15,3	m2	

Broj izmjena zraka		n_min	0,5		
Faktor izloženosti		e_k	1		

Transmisijski gubici prema vanjskom okolišu

Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	e_k	A_k*U_k*e_k
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
BV	Balkonska vrata	I	1,6	2,4	3,84	1,1	1	4,224
VZ	Vanjski zid	I	2,2	3,15	3,09	0,2	1	0,618
VZ	Vanjski zid	S	2,3	3,15	7,245	0,2	1	1,449
Suma svih elemenata			ΣA_k*U_k*e_k				W/K	6,291

Oznaka	Tolinski most prema vanjskom okolišu	Strana svijeta	dužina (l_k)	ψ_k	e_k	ψ_k*e_k*l_k
			m	W/mK	-	W/K
TMV	Vanjski zid-vertikalno	SI	3,15	0,01	1	0,0315
TMV	Vanjski zid-vertikalno	JI	3,15	0,01	1	0,0315
TMV	Vanjski zid-vertikalno	SZ	3,15	0,195	1	0,61425
TMV	Vanjski zid-vertikalno	JZ	3,15	0,195	1	0,61425
TMB	Balkonska vrata(donji dio)	I	1,6	0,13	1	0,208
TMB	Balkonska vrata(gornji+bočni dio)	I	7,1	0,12	1	0,852
TMZS	Spoj zid-strop	-	2,2	0,33	1	0,726
TMZP	Spoj zid-pod	-	2,2	0,33	1	0,726
Suma toplinskih mostova			Σ ψ_k*l_k*e_k		W/K	3,8035
Ukupni koeficijent gubitka prema vanjskom okolišu						10,0945

Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu

Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	f_ij	A_k*U_k*f_ij
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
V	Vrata	J	0,7	2,2	1,54	1,2	-0,3913	-0,723130435
UTZ	Pregradni zid	J	3	2,95	7,31	1	-0,3913	-2,860434783
V	Vrata	S	0,8	2,2	1,76	1,2	-0,21739	-0,459130435
UDZ	Unutarnji zid	S	3	2,95	7,09	0,7	-0,21739	-1,078913043
Suma svih elemenata			Σ A_k*U_k*f_ij				W/K	-3,583565217

Transmisijski gubici kroz negrijane prostore

Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	b_u	A_k*U_k*b_u
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
UDZ	Unutarnji zid	Z	3	2,95	8,85	0,7	0,5	3,0975
UDZ	Unutarnji zid	J	2,1	2,95	6,195	0,7	0,4	1,7346
Suma svih elemenata			Σ A_k*U_k*f_ij				W/K	4,8321

Oznaka	Tolinski most prema negrijanom prostoru	Strana svijeta	dužina (l_k)	ψ_k	b_u	ψ_k*b_u*l_k
			m	W/m K	-	W/K
KPZ	Kut pregradnog zid	SZ	3,15	0,035	0,5	0,055125
KPZ	Kut pregradnog zid	JZ	3,15	0,035	0,5	0,055125
KPZ	Kut pregradnog zid	JI	3,15	0,035	0,4	0,0441
TMZS	Spoj zid-strop	-	3,4	0,33	0,5	0,561
TMZP	Spoj zid-pod	-	3,4	0,33	0,5	0,561
TMZS	Spoj zid-strop	-	2,3	0,33	0,4	0,3036
TMZP	Spoj zid-pod	-	2,3	0,33	0,4	0,3036
Suma toplinskih mostova			Σ ψ_k*l_k*e_k		W/K	1,88355
Ukupni koeficijent gubitka prema negrijanim prostorijama						6,71565
Ukupni transmisijski gubici topline						238

Ventilacijski gubici

Ventilacijski toplinski gubici					138	W
V_i=max(V_inf,V_min)				V_i	22,5675	m3/h
V_min=n_min*V_prostorije				V_min	22,5675	m3/h
V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i				V_inf	8,1243	m3/h
	n_50	3				
	e_i	0,03				
	ε_i	1				

Ponovno zagrijavanje prostorije

Ponovno zagrijavanje prostorije				f_RH	6	W/m^2
		Φ_RH	90	W		

Projektni toplinski gubici prostorije

Projektni toplinski gubici prostorije	466	W

Ukupni gubici stana 4

Ukupni gubici stana 4	**3314**	**W**

Lokacija			Split-Marjan		
Kat			2		
Stan			25		
Prostorija			1		
Oznaka prostorije			251		
Projektna unutarnja temperatura			ϑ_int	20	°C

Projektna vanjska temperatura			ϑ_e	-3	°C
Geometrija					
Visina		h	2,95	m	
Širina		š	7,7	m	
Duljina		l	4,5	m	
Volumen prostorije		V_int	102,2175	m3	
Površina poda		A_pod	34,65	m2	
Broj izmjena zraka		n_min	0,5		
Faktor izloženosti		e_k	1		

Transmisijski gubici prema vanjskom okolišu

Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	e_k	A_k*U_k*e_k
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
P	Prozor	S	2,4	2,2	5,28	1,1	1	5,808
VZ	Vanjski zid	S	8,2	3,15	20,55	0,2	1	4,11
BV	Balkonska vrata	I	4,1	2,75	11,275	1,1	1	12,4025
VZ	Vanjski zid	I	5	3,15	4,475	0,6	1	2,685
Suma svih elemenata			ΣA_k*U_k*e_k			W/K		25,0055

Oznaka	Tolinski most prema vanjskom okolišu	Strana svijeta	dužina (l_k)	ψ_k	e_k	ψ_k*e_k*l_k
			m	W/mK	-	W/K
TMP	Prozor (donji+gornji +bočni dio)	S	9,2	0,12	1	1,104
TMB	Balkonska vrata(donji dio)	I	4,1	0,13	1	0,533
TMB	Balkonska vrata(gornji+bočni dio)	I	9,6	0,12	1	1,152
TMZS	Spoj zid-strop	-	13,2	0,33	1	4,356
TMZP	Spoj zid-pod	-	13,2	0,33	1	4,356
TMU	Vanjski zid-vertikalno	S	3,15	0,195	1	0,61425
TMU	Vanjski zid-vertikalno	JI	3,15	0,1	1	0,315
Suma toplinskih mostova			Σ ψ_k*l_k*e_k		W/K	12,43025
Ukupni koeficijent gubitka prema vanjskom okolišu						37,43575

Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu

Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	f_ij	A_k*U_k*f_ij
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
V	Vrata	J	0,8	2,2	1,76	1,2	0,217391	0,459130435
UDZ	Unutarnji zid	J	1,75	2,95	3,4025	0,7	0,217391	0,517771739
UDZ	Unutarnji zid	J	1,9	2,95	5,605	0,7	0,217391	0,852934783
Suma svih elemenata			Σ A_k*U_k*f_ij				W/K	1,829836957

Transmisijski gubici kroz negrijane prostore								
Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	b_u	A_k*U_k*b_u
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
UDZ	Unutarnji zid	J	1,75	2,95	5,1625	0,7	0,5	1,806875
Suma svih elemenata			Σ A_k*U_k*f_ij				W/K	1,806875

Oznaka	Tolinski most prema negrijanom prostoru	Strana svijeta	dužina (l_k)	ψ_k	b_u	ψ_k*b_u*l_k
			m	W/mK	-	W/K
KPZ	Kut pregradnog zid	JI	3,15	0,035	0,4	0,0441
KPZ	Kut pregradnog zid	JZ	3,15	0,035	0,4	0,0441
TMZS	Spoj zid-strop	-	1,75	0,33	0,4	0,231
TMZP	Spoj zid-pod	-	1,75	0,33	0,4	0,231
Suma toplinskih mostova			Σ ψ_k*l_k*e_k		W/K	0,5502
Ukupni koeficijent gubitka prema negrijanim prostorijama						2,357075
Ukupni transmisijski gubici topline						957

Ventilacijski gubici

Ventilacijski toplinski gubici						
V_i=max(V_inf,V_min)				V_i	51,10875	m3/h
V_min=n_min*V_prostorije				V_min	51,10875	m3/h
V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i				V_inf	12,2661	m3/h
	n_50	3				
	e_i	0,02				
	ε_i	1				

Ponovno zagrijavanje prostorije

Ponovno zagrijavanje prostorije				f_RH	6	W/m^2
		Φ_RH	207,9	W		

Projektni toplinski gubici prostorije

Projektni toplinski gubici prostorije	1565	W

Lokacija			Split-Marjan		
Kat			2		
Stan			25		
Prostorija			2		
Oznaka prostorije			252		

Projektna unutarnja temperatura	ϑ_int	24	°C	
Projektna vanjska temperatura	ϑ_e	-3	°C	
Geometrija				
Visina	h	2,95	m	
Širina	š	1,8	m	
Duljina	l	3	m	
Volumen prostorije	V_int	15,93	m3	
Površina poda	A_pod	5,4	m2	
Broj izmjena zraka	n_min	1,5		
Faktor izloženosti	e_k	1		

Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu

Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	f_ij	A_k*U_k*f_ij
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
V	Vrata	I	0,7	2,2	1,54	1,2	0,391304	0,723130435
UTZ	Pregradni zid	I	3	2,95	7,31	1	0,391304	2,860434783
UDZ	Unutarnji zid	Z	3	2,95	8,85	0,7	0,391304	2,424130435
Suma svih elemenata				Σ A_k*U_k*f_ij			W/K	6,007695652

Transmisijski gubici kroz negrijane prostore

Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	b_u	A_k*U_k*b_u
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
UDZ	Unutarnji zid	J	1,8	2,95	5,31	0,7	0,4	1,4868
Suma svih elemenata				Σ A_k*U_k*f_ij			W/K	1,4868

Oznaka	Tolinski most prema negrijanom prostoru	Strana svijeta	dužina (l_k)	ψ_k	b_u	ψ_k*b_u*l_k
			m	W/mK	-	W/K
KPZ	Kut pregradnog zid	JI	3,15	0,035	0,4	0,0441
KPZ	Kut pregradnog zid	JZ	3,15	0,035	0,4	0,0441
TMZS	Spoj zid-strop	-	2,1	0,33	0,4	0,2772
TMZP	Spoj zid-pod	-	2,1	0,33	0,4	0,2772
Suma toplinskih mostova				Σ ψ_k*l_k*e_k		W/K	0,6426
Ukupni koeficijent gubitka prema negrijanim prostorijama							2,1294
Ukupni transmisijski gubici topline							220

Ventilacijski gubici

Ventilacijski toplinski gubici			219	W/K
V_i=max(V_inf,V_min)		V_i	23,895	m3/h
V_min=n_min*V_prostorije		V_min	23,895	m3/h
V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i		V_inf	1,9116	m3/h

	n_50	3				
	e_i	0,02				
	ε_i	1				

Ponovno zagrijavanje prostorije

Ponovno zagrijavanje prostorije				f_RH	6	W/m^2
		Φ_RH	32,4	W		

Projektni toplinski gubici prostorije

Projektni toplinski gubici prostorije	471	W

Lokacija			Split-Marjan		
Kat			2		
Stan			25		
Prostorija			3		
Oznaka prostorije			253		
Projektna unutarnja temperatura		ϑ_int	15	°C	
Projektna vanjska temperatura		ϑ_e	-3	°C	
Geometrija					
Visina		h	2,95	m	
Širina		š	1,75	m	
Duljina		l	3	m	
Volumen prostorije		V_int	15,4875	m3	
Površina poda		A_pod	5,25	m2	
Broj izmjena zraka		n_min	0,5		
Faktor izloženosti		e_k	1		

Transmisijski gubici kroz prostore grijane na različitu temperaturu								
Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	f_ij	A_k*U_k*f_ij
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
V	Vrata	S	0,8	2,2	1,76	1,2	-0,21739	-0,459130435
UDZ	Unutarnji zid	S	1,75	2,95	3,4025	0,7	-0,21739	-0,517771739
V	Vrata	Z	0,7	3	2,1	1,2	-0,3913	-0,986086957
UTZ	Pregradni zid	Z	3	2,95	6,75	1	-0,3913	-2,641304348
Suma svih elemenata				Σ A_k*U_k*f_ij			W/K	-4,604293478

Transmisijski gubici kroz negrijane prostore								
Oznaka	Građevinski element	Strana svijeta	dužina (l)	širina/visina (h)	A_k	U_k	b_u	A_k*U_k*b_u
			m	m	m2	w/m2K	-	W/K
UDZ	Unutarnji zid	I	3	2,95	8,85	0,7	0,5	3,0975

UDZ	Unutarnji zid	J	1,75	2,95	5,1625	0,7	0,4	1,4455
Suma svih elemenata			Σ A_k*U_k*f_ij				W/K	4,543

Oznaka	Tolinski most prema negrijanom prostoru	Strana svijeta	dužina (l_k)	ψ_k	b_u	ψ_k*b_u*l_k
			m	W/mK	-	W/K
KPZ	Kut pregradnog zid	SI	3,15	0,035	0,5	0,055125
KPZ	Kut pregradnog zid	JI	3,15	0,035	0,5	0,055125
KPZ	Kut pregradnog zid	JZ	3,15	0,035	0,4	0,0441
TMZS	Spoj zid-strop	-	3,4	0,33	0,5	0,561
TMZP	Spoj zid-pod	-	3,4	0,33	0,5	0,561
TMZS	Spoj zid-strop	-	1,95	0,33	0,4	0,2574
TMZP	Spoj zid-pod	-	1,95	0,33	0,4	0,2574
Suma toplinskih mostova			Σ ψ_k*l_k*e_k		W/K	1,79115
Ukupni koeficijent gubitka prema negrijanim prostorijama						6,33415
Ukupni transmisijski gubici topline						31

Ventilacijski gubici

Ventilacijski toplinski gubici					47	W
V_i=max(V_inf,V_min)				V_i	7,74375	m3/h
V_min=n_min*V_prostorije				V_min	7,74375	m3/h
V_inf=2*V_prostorije*n_50*e_i*ε_i				V_inf	1,8585	m3/h
	n_50	3				
	e_i	0,02				
	ε_i	1				

Ponovno zagrijavanje prostorije

Ponovno zagrijavanje prostorije				f_RH	6	W/m^2
		Φ_RH	31,5	W		

Projektni toplinski gubici prostorije

Projektni toplinski gubici prostorije	110	W

Ukupni gubici stana 5

Ukupni gubici stana 5	**2146**	**W**

Prilog 2. – Tehnički crteži

Prema ogrjevnim tjelima
poslovnog dijela zgrade

Prema ogrjevnim tjelima
stambenog dijela zgrade

55°C

40°C

40°C

55°C

Cu Ø35x1.5
22029 W

Cu Ø54x2
106055 W

ALPHA1 25-60N 130
V_p=1,27 m^3/h
H_p=2,43 m
P_{el}=29,39 W (~230V, 50 Hz)

Comfort UP15-14B PM

MAGNA3 32-60N
V_p=6,1 m^3/h
H_p=3,1 m
P_{el}=94,55 W (~230V, 50 Hz)

60°C

60°C

Spremnik PTV-a
CAS-S 801 V_s=940 l

Spremnik PTV-a
CAS-S 801 V_s=940 l

55°C

Spremnik ogrjevne vode
CAS 1001 V_s=940 l

DN50

DN50

80°C
60°C

DN50

DN40

DN40

DN50

DN25

Membranska ekspanzijska
posuda Flexcon 800 V_e=800 l

Centralna upravljačka
jedinica EKCC-W

DN32

DN32

DN32

DN32

RTD-W Modul

RTD-W Modul

RTD-W Modul

RTD-W Modul

Ø9.5/Ø15.9

Unutarnja jedinica EKHBRD 016AY17 x4

Vanjske jedinice EMRQ 16 AB x4

Ø12.7/Ø28.6

Ø12.7/Ø28.6

Legenda:

- ΣV -vodomjer
- -zaporni ventil
- -hvatač nečistoća
- -nepovratni ventil
- -troputni razdjelni ventil
- - termostatski ventil
- -temperaturni osjetnik
- -izljevno mjesto
- -sigurnosni ventil ventil
- -povratni vod ogrjevne vode
- -polazni vod ogrjevne vode i PTV-a
- -polazni cjevovod plinovite radne tvari
- -povratni cjevovod ukapljene radne tvari
- -recirkulacijski cjevovod
- -veze sustava regulacije

	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	22.02.2019	Stjepan Herceg	
Razradio	22.02.2019	Stjepan Herceg	
Crtao	22.02.2019	Stjepan Herceg	
Pregledao		prof.dr.sc. Igor Balen	
Voditelj rada		prof.dr.sc. Igor Balen	

FSB Zagreb

Proceno-energetski
Završni rad

Naziv: Funkcionalna shema spajanja i automatske regulacije

Crtež broj: 02-19-01

Format: A2 | Listova: 7 | List: 1

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Design by CADLab



Legenda

-polazna cijev tople vode

-povratna tople vode

-zaporni ventil

-kalorimetar

-balans ventili

Napomena

-sve cijevi od razdjelnika prema ogrjevnim tijelima su PE-X Ø16x2,0 u stambenom dijelu zgrade , u poslovnom prostoru su PE-X Ø20x2,0

	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	22.02.2019	Stjepan Herceg	
Razradio	22.02.2019	Stjepan Herceg	
Crtao	22.02.2019	Stjepan Herceg	
Pregledao		prof.dr.sc. Igor Balen	
Voditelj rada		prof.dr.sc. Igor Balen	

FSB Zagreb

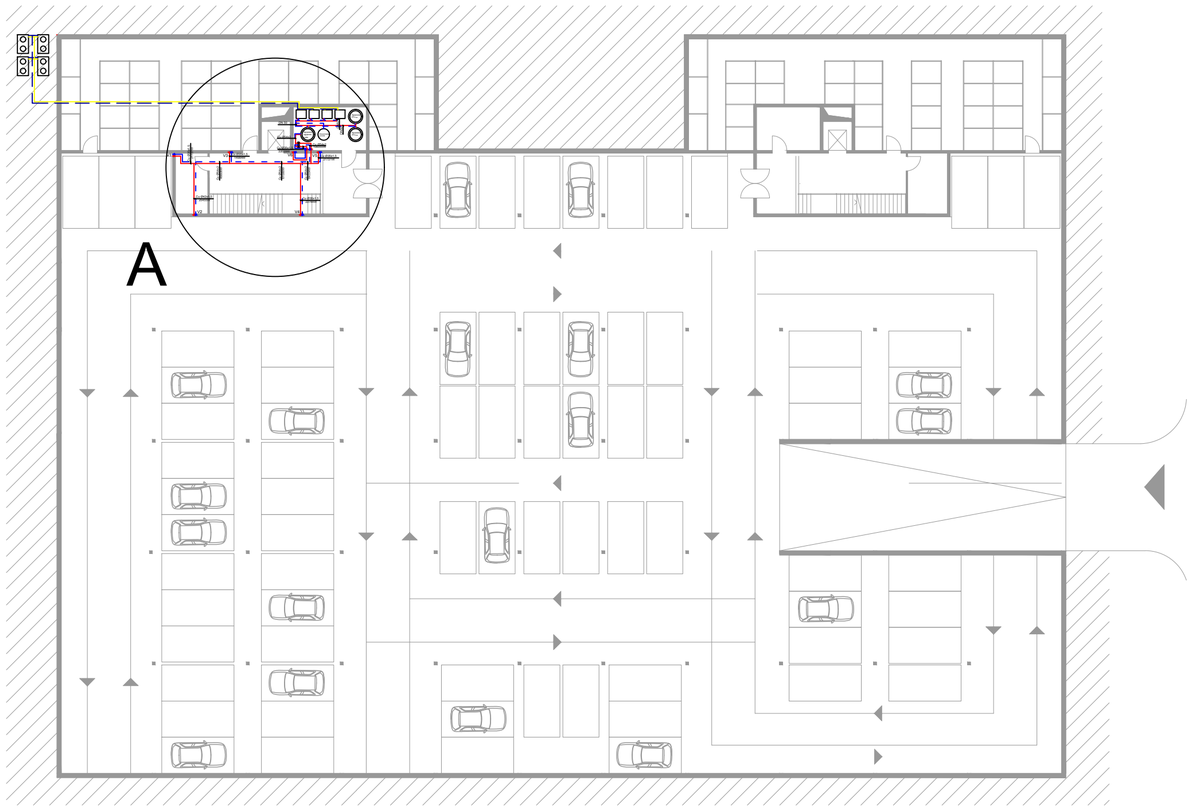
Proceno-energetski Završni rad

Naziv: Shema spajanja usponskih vodova

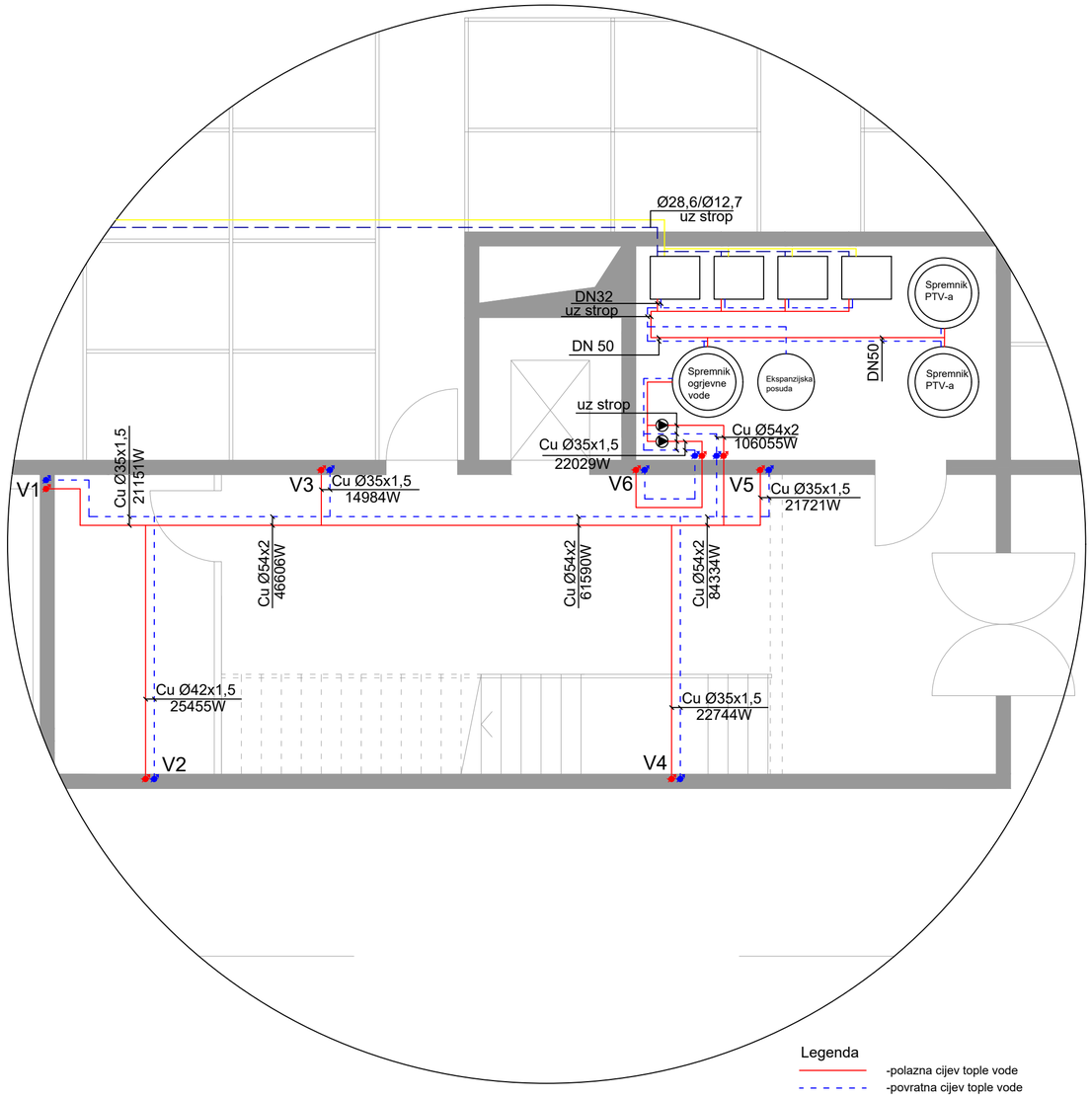
Crtež broj: 02-19-02

Format: A2 | Listova: 7 | List: 2

Design by CADLab



A 5:1



Legenda

- -polazna cijev tople vode
- -povratna cijev tople vode
- -polazni cjevovod plinovite radne tvari
- -povratni cjevovod ukapljene radne tvari

Napomena
-sve cijevi van strojarnice nalaze se pod stropom

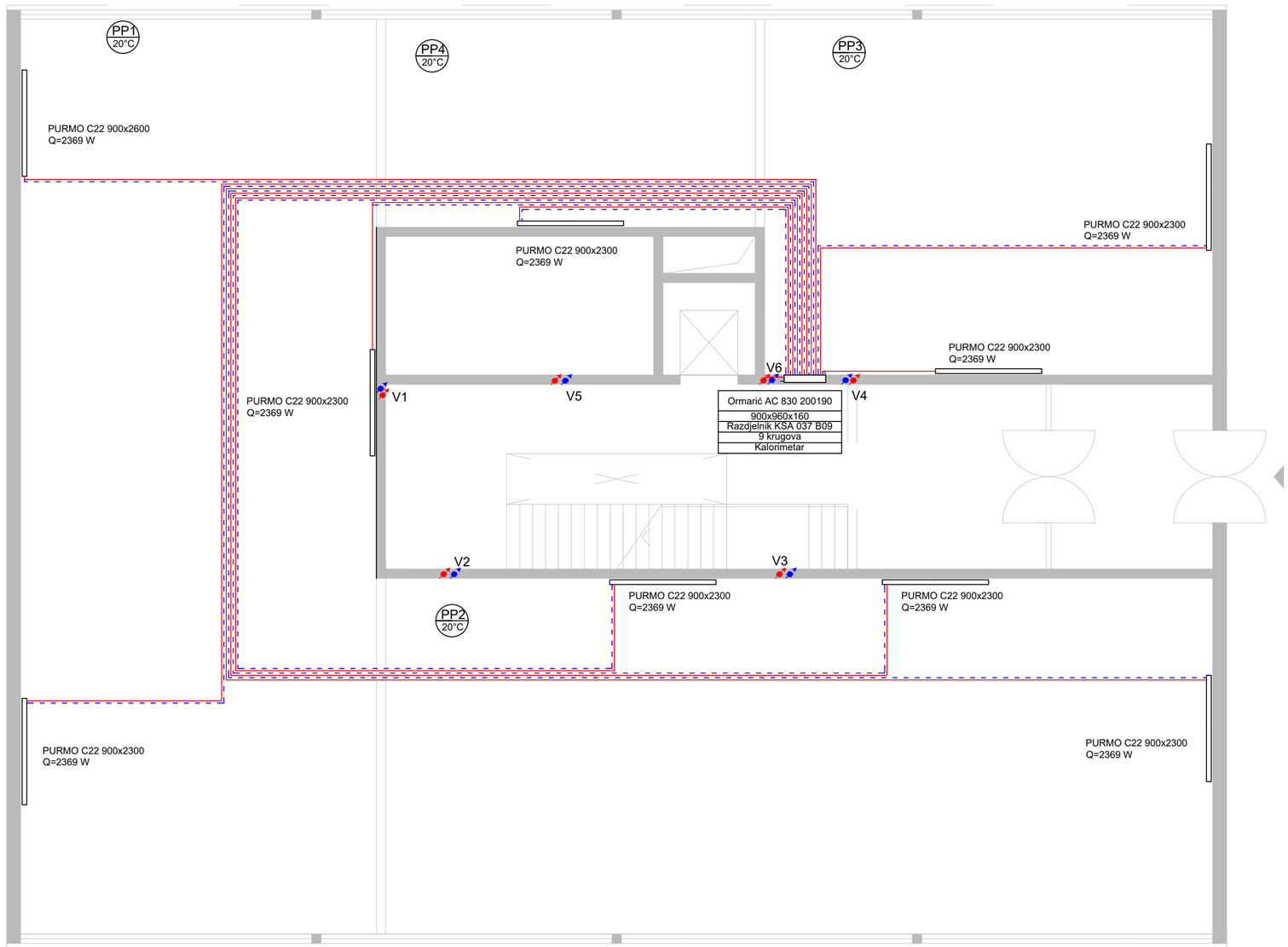
	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	22.02.2019	Stjepan Herceg	
Razradio	22.02.2019	Stjepan Herceg	
Crtao	22.02.2019	Stjepan Herceg	
Pregledao		prof.dr.sc. Igor Balen	
Voditelj rada		prof.dr.sc. Igor Balen	

FSB Zagreb

Objekt:		Objekt broj:	
		R. N. broj:	
Napomena:		Procesno-energetski	Kopija
Materijal:	Masa:	Završni rad	
Mjerilo originala 1:80	Naziv: Tlocrt podruma - dispozicija opreme	Pozicija:	Format: A2
	Crtež broj: 02-19-3		Listova: 7
			List: 3

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Design by CADLab



Legenda

-polazna cijev tople vode

-povratna cijev tople vode

Napomena

-sve cijevi od razdjelnika prema ogrjevnim tijelima su PE-X Ø20x2,0

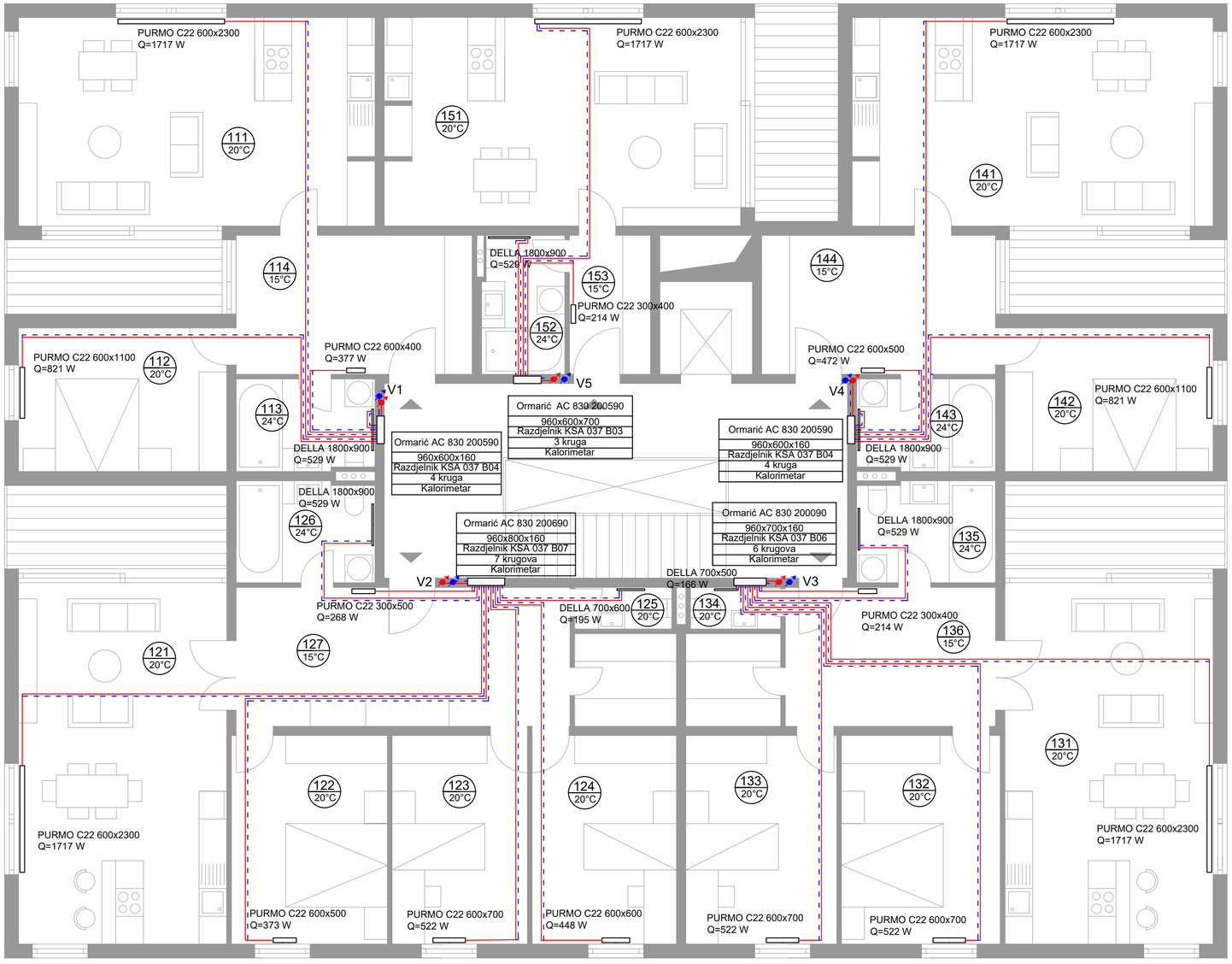
	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	22.02.2019.	Stjepan Herceg	
Razradio	22.02.2019.	Stjepan Herceg	
Crtao	22.02.2019.	Stjepan Herceg	
Pregledao		prof.dr.sc. Igor Balen	
Voditelj rada		prof.dr.sc. Igor Balen	

FSB Zagreb

Objekt:	Objekt broj:
	R. N. broj:
Napomena:	Procesno-energetski
Materijal:	Masa:
	Završni rad
Mjerilo originala 1:80	Naziv: Tlocrt prizemlja - dispozicija opreme
	Pozicija:
	Crtež broj: 02-19-04
	Kopija
	Format: A2
	Listova: 7
	List: 4

Design by CADLab

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100



Legenda

-polazna cijev tople vode

-povratna cijev tople vode

Napomena

-sve cijevi od razdjelnika prema ogrjevnim tijelima su PE-X Ø16x2,0

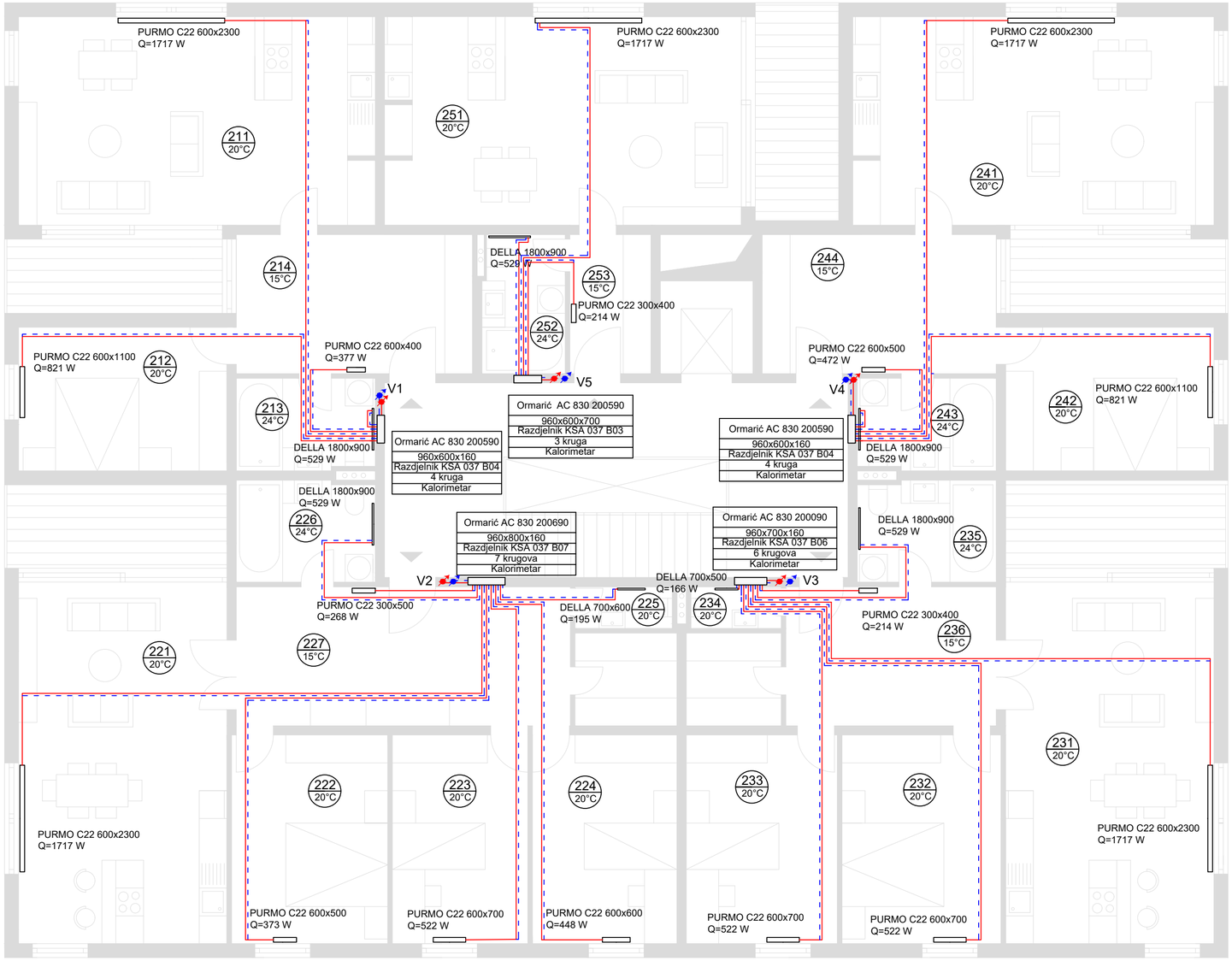
	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	22.02.2019	Stjepan Herceg	
Razradio	22.02.2019	Stjepan Herceg	
Crtao	22.02.2019	Stjepan Herceg	
Pregledao		prof.dr.sc. Igor Balen	
Voditelj rada		prof.dr.sc. Igor Balen	

FSB Zagreb

Objekt:	Objekt broj:
	R. N. broj:
Napomena:	Procesno-energetski
Materijal:	Masa: Završni rad
Mjerilo originala 1:80	Naziv: Tlocrt 1. kata - dispozicija opreme
Pozicija:	Kopija
Format: A2	Listova: 7
Crtež broj: 02-19-05	List: 5

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Design by CADLab



Legenda

-polazna cijev tople vode

-povratna cijev tople vode

Napomena

-sve cijevi od razdjelnika prema ogrjevnim tijelima su PE-X Ø16x2,0

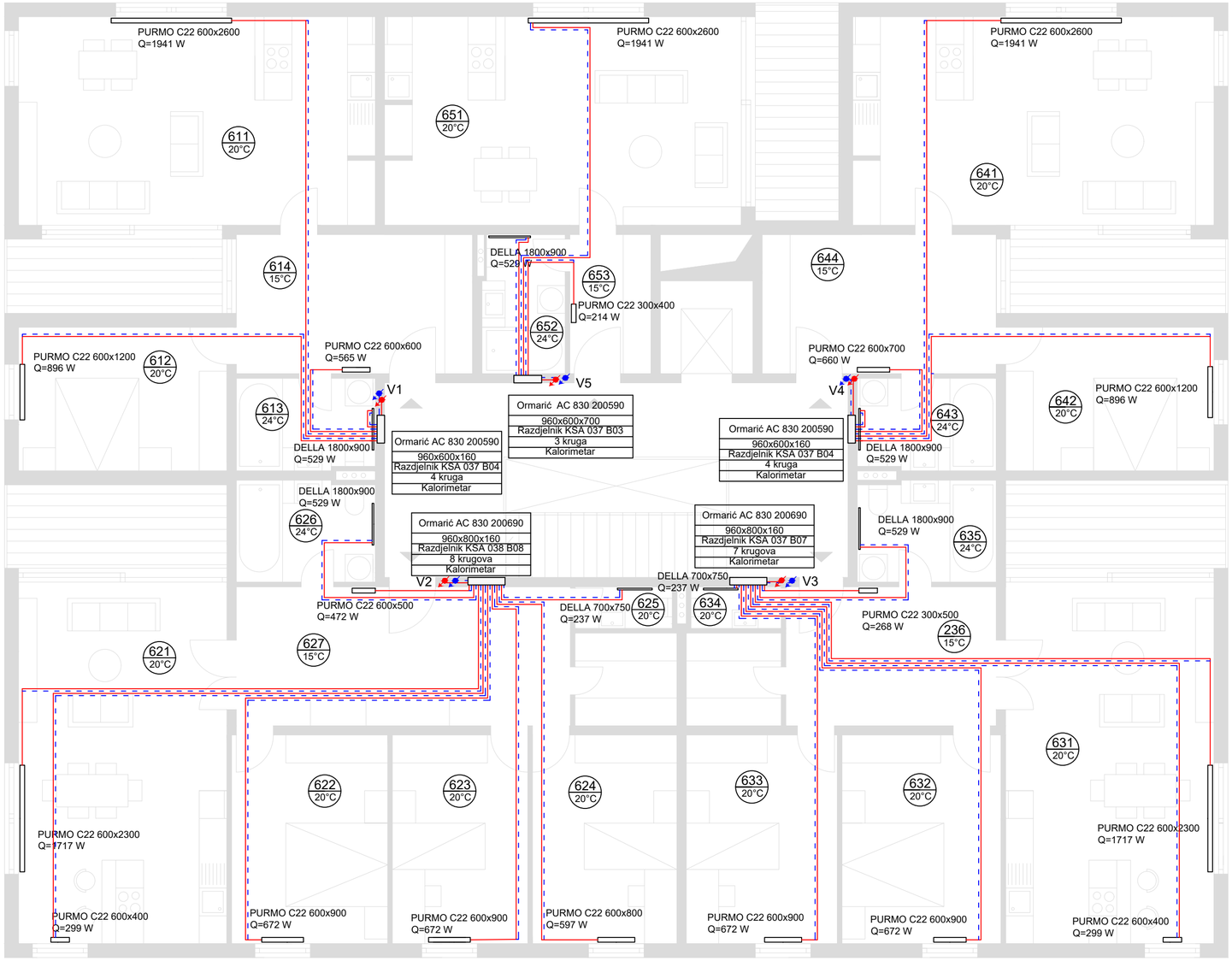
	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	22.02.2019	Stjepan Herceg	
Razradio	22.02.2019	Stjepan Herceg	
Crtao	22.02.2019	Stjepan Herceg	
Pregledao		prof.dr.sc. Igor Balen	
Voditelj rada		prof.dr.sc. Igor Balen	

FSB Zagreb

Objekt:	Objekt broj:	
	R. N. broj:	
Napomena:	Procesno-energetski smjer	Kopija
Materijal: / Masa:	Završni rad	
Mjerilo originala 1:80	Naziv: Tlocrt karakterističnog kata - dispozicija opreme	Pozicija:
	Crtež broj: 02-19-06	Format: A2
		Listova: 7
		List: 6

Design by CADLab

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100



Legenda

-polazna cijev tople vode

-povratna cijev tople vode

Napomena

-sve cijevi od razdjelnika prema ogrjevnim tijelima su PE-X Ø16x2,0

	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	22.02.2019	Stjepan Herceg	
Razradio	22.02.2019	Stjepan Herceg	
Crtao	22.02.2019	Stjepan Herceg	
Pregledao		prof.dr.sc. Igor Balen	
Voditelj rada		prof.dr.sc. Igor Balen	

FSB Zagreb

Objekt:	Objekt broj:
	R. N. broj:
Napomena:	Procesno energetski
Materijal:	Masa:
	Završni rad
Mjerilo originala 1:80	Naziv: Tlocrt 6. kata - dispozicija opreme
	Pozicija:
	Crtež broj: 02-19-07
	Kopija
	Format: A2
	Listova: 7
	List: 7

Design by CADLab

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100