

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU

ODRŽIVI RAZVOJ

SANDRA SAMBOLEC

SUSTAV GRIJANJA I POTROŠNJE TOPLE VODE ZA POSLOVNI  
OBJEKT

ZAVRŠNI RAD

ČAKOVEC, 2018.

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU

STRUČNI STUDIJ ODRŽIVI RAZVOJ

SANDRA SAMBOLEC

SUSTAV GRIJANJA I POTROŠNJE TOPLE VODE ZA POSLOVNI  
OBJEKT

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

prof. dr.sc. Budimir Mijović

ČAKOVEC, 2018.

UNIVERSITY OF MEĐIMURJE IN ČAKOVEC  
PROFESSIONAL STUDY SUSTAINABLE DEVELOPMENT

SANDRA SAMBOLEC

HEATING AND HOT WATER CONSUMPTION OF BUSINESS  
BUILDING

FINAL PAPER

Mentor:

prof. dr.sc. Budimir Mijović

ČAKOVEC, 2018.

## ZAHVALA

*Ovom prilikom zahvaljujem mentoru prof.dr.sc. Budimiru Mijoviću na ukazanom povjerenju, stručnim savjetima, ustupljenoj literaturi i konstruktivnim kritikama kao i na pruženom znanju i iskustvu.*

*Zahvaljujem se dr. sc. Mario Šerceru na pruženoj pomoći i savjetima tijekom izrade proračuna.*

*Posebno se zahvaljujem mojoj obitelji i bližnjima na neizmjernoj podršci tijekom studija.*

*Sandra Sambolec*

## IZJAVA

*Izjavljujem da sam ovaj rad izradila samostalno, koristeći literaturu i stečena znanja tijekom studija na Međimurskom veleučilištu u Čakovcu.*

Sandra Samolec

---

# SADRŽAJ

POPIS SLIKA

POPIS TABLICA

POPIS OZNAKA

SAŽETAK

1. UVOD .....	1
2. CILJ RADA.....	3
3. PRORAČUN GUBITAKA TOPLINE .....	6
1.1. Transmisijski toplinski gubici.....	9
3.1.1. Proračun transmisijskih gubitaka.....	12
1.3. Ventilacijski toplinski gubici .....	16
1.2. Proračun ventilacijskih toplinskih gubitaka.....	17
2. UKUPNI TOPLINSKI GUBICI .....	21
3. PRORAČUN POTROŠNE TOPLE VODE.....	22
4. REZULTATI.....	25
5. ZAKLJUČAK .....	29
LITERATURA .....	32

## POPIS SLIKA

Slika 1. Prikaz rasporeda i prostorija poslovnog objekta.....	14
Slika 2. Tlocrt sa prikazom dimenzija objekta.....	15
Slika 3. Ilustracija koeficijenta prolaska topline.....	20
Slika 4. Ilustracija vrijednosti korekcijskog čimbenika nekih građevinskih elemenata..	21
Slika 5. Radijator za grijanje prostorije.....	36
Slika 6. Pločasti radijator.....	37
Slika 7. Plinski zidni uređaj za grijanje i pripremu tople vode.....	37
Slika 8. – Izvedba cijevne mreže za grijanje prostorija.....	39
Slika 9. Izvedba cijevne mreže za toplu vodu.....	40

## POPIS TABLICA

Tablica 1. Projektne temperature zraka u prostoriji tijekom zime.....	16
Tablica 2. Projektne temperature vanjskog zraka zimi u nekim gradovima Republike Hrvatske.....	17
Tablica 3. Prikaz koeficijenta prolaska topline kod građevnih dijelova nekog objekta..	20
Tablica 4. Temperaturni korekcijski čimbenik građevinskog elementa, za izolirane toplinske mostove.....	21
Tablica 5. Transmisijski gubici – Soba za sastanke.....	22
Tablica 6. Transmisijski gubici – Ured 1.....	23
Tablica 7. Transmisijski gubici – Hodnik.....	24
Tablica 8. – Transmisijski gubici – WC 1, WC 2.....	24
Tablica 9. – Transmisijski gubici – Ured 2.....	25
Tablica 10. – Ventilacijski gubici – Soba za sastanke.....	27
Tablica 11. – Ventilacijski gubici – Ured 1.....	28
Tablica 12. – Ventilacijski gubici – Hodnik.....	28
Tablica 13. – Ventilacijski gubici – WC 1, WC 2.....	29
Tablica 14. – Ventilacijski gubici – Ured 2.....	30
Tablica 15. Ukupni toplinski gubici objekta.....	31
Tablica 16. – Specifični toplinski kapacitet vode.....	33
Tablica 17. Vrijednosti veličina potrebnih za izračunavanje ukupnog učina za zagrijavanje objekta.....	34
Tablica 18. - Odabir količine i jačine radijatora za prostorije.....	35



## POPIS KRATICA

$\Phi_{uk}$  = Ukupni projektni toplinski gubici [W]

$\Phi_T$  = Transmisijski toplinski gubici [W]

$\Phi_V$  = Ventilacijski toplinski gubici [W]

$H_T$  = Koeficijent transmisijskih toplinskih gubitaka [W/K]

$\theta_{int}$  = Unutarnja projektna temperatura [°C]

$\theta_e$  = Vanjska projektna temperatura [°C]

$H_T$  = Koeficijent transmisijskih toplinskih gubitaka [W/K]

$\Sigma A$  = zbroj površina ploha [m<sup>2</sup>]

$U$  = koeficijent prolaza topline [W/(m<sup>2</sup>K)]

$\Delta U_{WB}$  = dodatak za toplinske mostove [W/(m<sup>2</sup>K)]

$f_k$  = temperaturni korekcijski čimbenik

$\Phi_{v1}$  = ventilacijski toplinski gubici (bez korištenja topline otpadnog zraka) [W]

$V_Z$  = volumni protok zraka [m<sup>3</sup>/h]

$c_Z$  = specifični toplinski kapacitet [W/kgK]

$\rho_Z$  = gustoća zraka [kg/m<sup>3</sup>]

$\theta_{int-ULAZ}$  = temperatura ulaznog zraka u prostoriju [°C]

$\theta_e$  = unutarnja projektna temperatura prostorije [°C]

$V_P$  = volumen prostora [m<sup>3</sup>]

$I_Z$  = potrebni broj izmjena zraka [h<sup>-1</sup>]

$Q_{TV}$  = potrošnja energije za pripremu potrošne tople vode [kW]

$m$  = količina vode koju koristi jedna osoba u jednom satu [L/h]

$c_{pV}$  = specifični toplinski kapacitet [kJ/kgK]

$\theta_{UV}$  = temperatura ulazne vode [°C]

$\theta_{IV}$  = temperatura izlazne vode [°C]

## SAŽETAK

*U ovom se završnom radu prikazuju proračuni i rješenja za sustav grijanja i potrošnje tople vode za poslovni objekt površine 71, 22 m<sup>2</sup> smješten u gradu Varaždinu.*

*U samom tlocrtu prikazana je veličina objekta koji se sastoji od 7 prostorija.*

*Nakon proračuna toplinskih gubitaka i proračuna potrošne tople vode slijedi optimizacija, odnosno određivanje najboljeg mogućeg izbora kotla i radijatora pri postavljanju u toplinsku mrežu, te postavljanje cijevne mreže za toplu vodu.*

*Do krajnjeg rješenja, odnosno izbora najboljeg kotla za grijanje i potrošnju tople vode, dolazi se nakon proračuna transmisivskih i ventilacijskih toplinskih gubitaka objekta. Krajnje vrijednosti proračuna dobivene za transmisivske gubitke i potrošnju tople vode uvećane su za čimbenik sigurnosti koji iznosi 20%, te su nakon toga odabrani optimalna rješenja za ovaj objekat. Za ovaj objekt odabran je plinski zidni konvencionalnim uređaj za grijanje i pripremu tople vode tvrtke Vaillant, a grijača tijela za sve prostorije su proizvod tvrtke Vogel & Noot.*

*U proračunima su korišteni podaci iz normiranih tablica, te opće poznate vrijednosti karakteristične za sjevernu Hrvatsku, točnije za područje oko grada Varaždina.*

*Sustav grijanja, kao i sustav potrošnje tople vode prikazan je shemama izrađenim u programu AutoCAD.*

*Ključne riječi: grijanje, transmisivski toplinski gubici, ventilacijski toplinski gubici, proračun, kotao, radijator, temperatura*

## *SUMMARY*

*This final paper shows calculations and solutions for heating system and hot water consumption of a business building that has area of 71, 22 m<sup>2</sup> and is situated in the city of Varaždin.*

*In a ground plan of that building it is shown the size of a building which consists of a 7 rooms.*

*Calculation of a thermal losses and hot water consumption is followed by optimization, which means choosing the best suitable heating boiler and radiators when putting them into heating grid and putting tubes into hot water grid.*

*The final solution, which means choosing the best boiler for heating and hot water consumption we get after calculating transmission and ventilation thermal losses for a object. Values we get on the end, we increase for the value of security coefficient, which is 20% and then we choose optimal solutions for this object. For this object it's chosen a gas wall conventional device for heating and hot water consumption of a company Valliant. Radiators for all rooms are product of a company Vogel & Noot.*

*In calculations were used datas from a standard tables and commonly known values characteristic for North Croatia, more accurate for territory around city of Varaždin.*

*Heating system as well as hot water consumption system, is shown in schemes made in AutoCAD program.*

*Key words: heating, transmission thermal losses, ventilations thermal losses, calculation, boiler, radiator, temperature*

## 1. UVOD

Temperatura zraka jedan je od najvažnijih čimbenika ugodnosti, gdje razlikujemo podosta vrijednosti od kojih neke možemo opisati kao ugodne, a neke kao neugodne ili čak nepodnošljive [4].

Preporučljive temperature zraka u prostoriji ovisno o vanjskoj temperaturi, možemo vidjeti u raznim normama i propisima, Tablica 1.

Postizanje zadovoljavajuće ugodnosti u prostoriji i cijeloj građevini, osim o unutarnjim, ovisi i o vanjskim (okolnim) uvjetima, kao što su temperatura, vlažnost i sastav i brzina strujanja vanjskog zraka. Stoga je za proračun svakog sustava grijanja bitno poznavanje pojedinih meteoroloških podataka, kao što su već navedeni: temperatura, vlažnost i kakvoća vanjskog zraka, te brzina i smjer strujanja vjetra, kao i jačina i smjer upada Sunčevog zračenja [4].

Sustavi grijanja mogu se podijeliti na nekoliko osnovnih načine, prema energentu, načinu zagrijavanja, te prema izvedbi ogrjevnih tijela. Sustav grijanja prema energentu osniva se na izvoru energije koja se koristi za pretvorbu u toplinu, te oni mogu biti:

- plinski
- na loživo ulje
- električni (na struju)
- na kruta goriva
- solarni
- na toplinu iz okoliša
- spojeni na toplinski sustav (tzv. daljinsko grijanje) [2].

Prema načinu zagrijavanja u obzir se uzima položaj izvora topline (ložišta) u odnosu na prostoriju koju je potrebno zagrijavati, te prema tome razlikujemo lokalne (pojedinačne) i centralne. Pri lokalnom ili pojedinačnom sustavu grijanja omogućava se izravno zagrijavanje prostorije iz izvora topline koji je u njoj smješten. To je na primjer kamin (plinski, na kruta goriva), štednjak (električni, na kruta goriva), peć (na kruta

---

goriva, električna, plinska i uljna), zagrijač zraka (električni, plinski infracrveni), grijalice (plinske, električne), električno podno grijanje i sl.

Kod centralnog sustava grijanja omogućava se posredno zagrijavanje prostorije pomoću ogrjevnih tijela kroz koje struji prikladni prijenosnik energije, odnosno ogrjevni medij (topla ili vrela voda, para, topli zrak) koji se zagrijava u izvoru topline smještenom na jednom mjestu u objektu. Poslovni objekt obrađen u ovom radu ima centralni sustav grijanja, te je njegov izvor topline kotlovnica. Primjer takvog sustava može biti radijatorsko toplovodno centralno grijanje (na plin, loživo ulje, kruta goriva, električno, solarno ili spojeno na toplinarski sustav), toplovodno podno grijanje i sl.

Sustavi centralnog toplovodnog grijanja najčešći su u primjeni, te ih se također može naći i pod nazivom etažno grijanje. Podijeliti ih možemo na nekoliko načina: prema izvedbi strujanja ogrjevnog medija (tope vode), prema temperaturi ogrjevnog medija, prema vezi razvoda s atmosferskim tlakom i prema izvedbi samog razvoda [4].

Objekt obrađen u ovom radu, nalazi se u blizini centra grada Varaždina, te se prema tome određuju daljnje značajke temperature karakteristične za ovo područje Hrvatske.

## 2. CILJ RADA

Osnovni cilj proračuna je određivanje projektnih toplinskih gubitaka koji se potom koriste za određivanje projektnog toplinskog opterećenja prostorije, odnosno cijelog objekta.

Postupak proračuna toplinskog opterećenja prostorije, tj. objekta, temelji se na pretpostavkama:

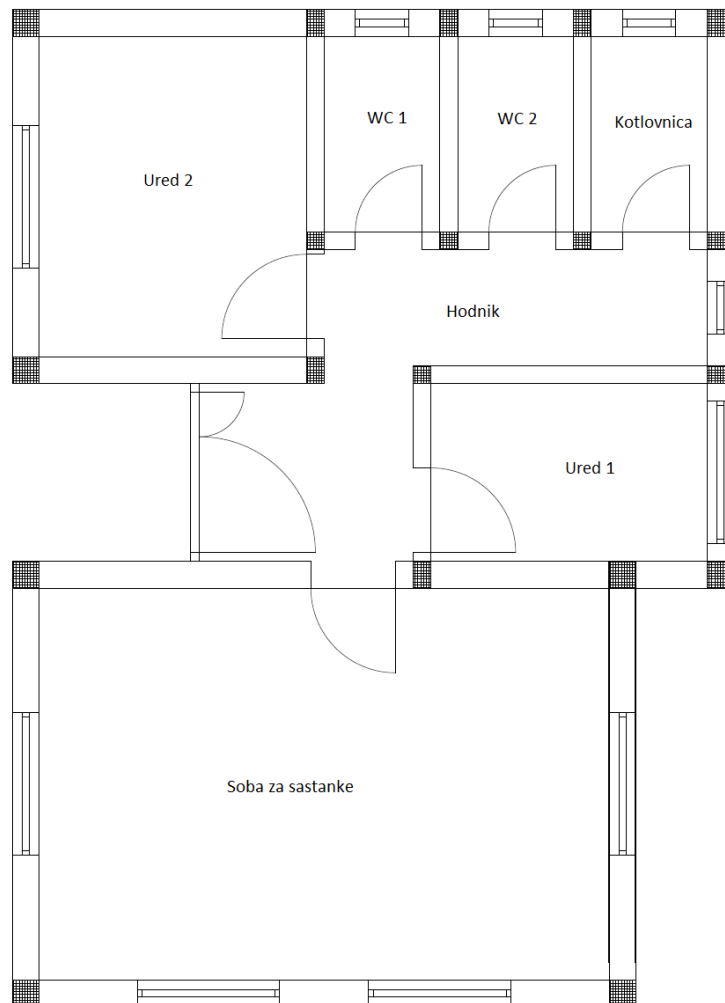
- rapodjela temperature u prostoriji smatra se jednolikom
- toplinske gubici se promatraju u stacionarnom stanju i uz konstantne vrijednosti temperatura, građevinskofizikalnih značajki i sl [1].

Isto tako je postupak proračuna toplinskih gubitaka objekta ili njegovih dijelova važan za dimenzioniranje izvora topline i temelji se na podacima dobivenim proračunom toplinskih gubitaka za pojedinu prostoriju, a dobiva se ovim koracima:

1. izračunavanje ukupnih projektnih transmisijskih toplinskih gubitaka zgrade ili dijela zgrade zbrajanjem projektnih transmisijskih toplinskih gubitaka svih grijanih prostorija, a uzima se u obzir toplina koja se izmjenjuje unutar određenih granica sustava
  2. izračunavanje ukupnih projektnih ventilacijskih toplinskih gubitaka objekta ili dijela objekta zbrajanjem projektnih ventilacijskih toplinskih gubitaka svih grijanih prostorija pri čemu se u obzir ne uzima toplina koja se izmjenjuje unutar određenih granica sustava
  3. izračunavanje ukupnih projektnih toplinskih gubitaka objekta zbrajanjem ukupnih transmisijskih i ventilacijskih toplinskih gubitaka
  4. izračunavanje ukupnog dodatnog učina za ponovno zagrijavanje objekta
  5. izračunavanje ukupnog toplinskog opterećenja objekta
-

zbrajanjem ukupnih projektnih toplinskih gubitaka i ukupnog dodatnog učina za ponovno zagrijavanje [4].

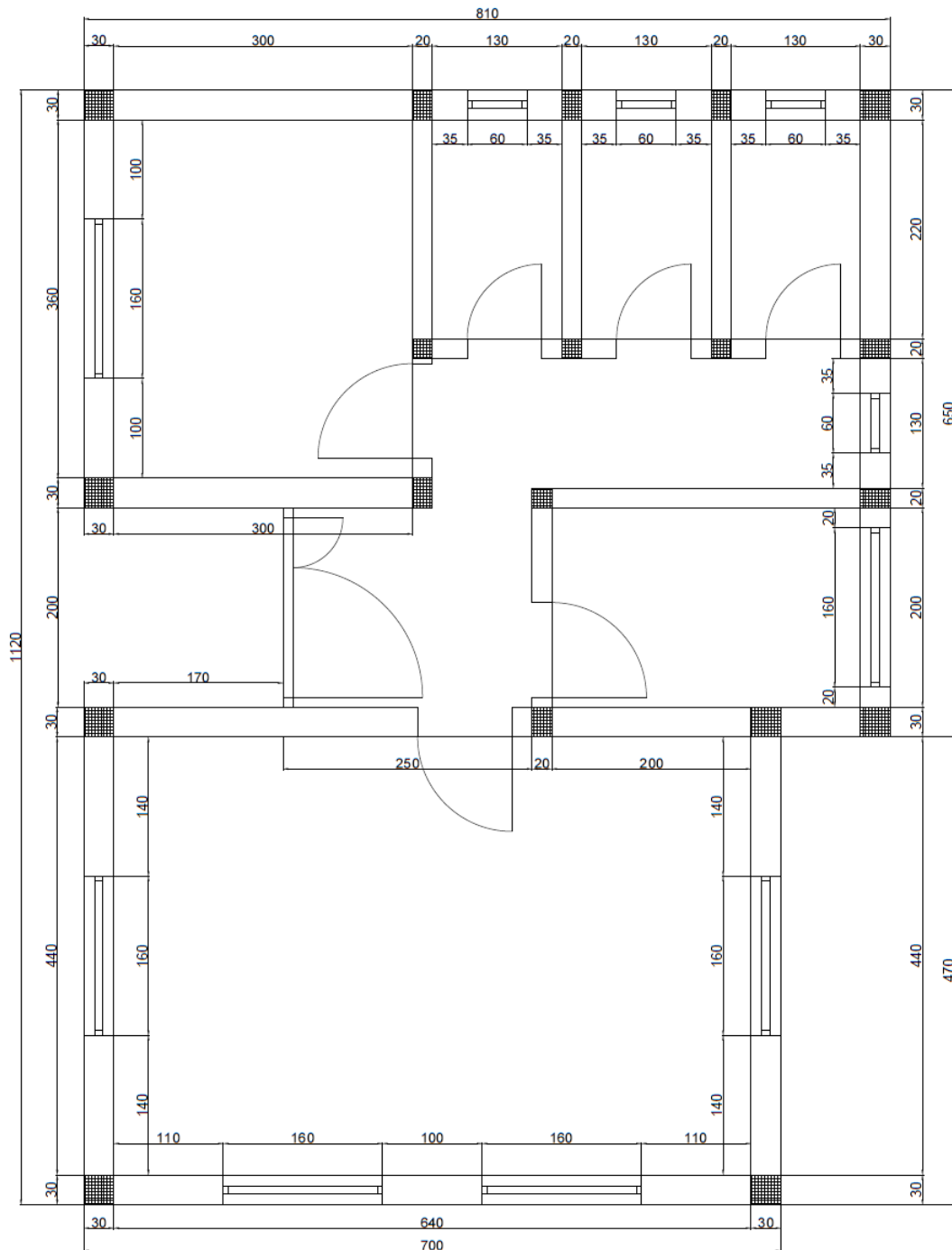
Tlocrt poslovnog objekta sadrži 2 ureda, sobu za sastanke, 2 wc-a, kotlovnicu i hodnik. Visina zidova objekta iznosi 2,5 m, Slika 1.



**Slika 1.** Prikaz rasporeda i prostorija poslovnog objekta



Na slici 2. prikazane su stvarne dimenzije prostorija i cijelog objekta.



Slika 2. Tlocrt sa prikazom dimenzija objekta

### 3. PRORAČUN GUBITAKA TOPLINE

Pri proračunu opterećenja za svaku prostoriju postoji nekoliko koraka:

- Određivanje meteoroloških podataka, tj. vrijednosti standardne vanjske projektne temperature
- Određivanje klimatskih uvjeta prostorije i vrijednosti unutarnje projektne temperature
- Određivanje dimenzija zgrade, te utvrđivanje koeficijenta prolaza topline za svaku grijanu ili negrijanu prostoriju
- Proračun koeficijenta za standardne transmisivske toplinske gubitke i množenje sa temperaturnom razlikom da se dobiju transmisivski toplinski gubici
- Proračun standardnih ventilacijskih toplinskih gubitaka
- Proračun ukupnog toplinskog gubitka, odnosno grijanja za cijeli objekt [7].

**Tablica 1.** Projektne temperature zraka u prostoriji tijekom zime, [4]

Vrsta ili namjena prostorije	Temperatura u prostoriji [°C]
Kupaonice	24
Stambene prostorije	20
Uredske prostorije, velike uredske prostorije	20
Prostorije za satanke, učionice	20
Restorani, kafići	20
Dječji vrtići	20
Trgovački centar	16
Muzej, galerija	16
Crkva	15

Projektne temperature vanjskog, okolnog zraka tijekom sezone grijanja (tj. hladnih, zimskih dana), uz toplinske značajke građevine i pojedinih njezinih dijelova, osnovni su podaci potrebni za proračun potreba prostorije za toplinom, a isto tako i za proračun potrebnog toplinskog učina sustava grijanja, Tablica 2.

Zimske projektne temperature za neko područje određuju se na osnovi višegodišnjih mjerenja temperatura vanjskog zraka u određeno doba dana tijekom hladnijih mjeseci, odnosno tijekom "sezone grijanja" [4].

**Tablica 2.** Projektne temperature vanjskog zraka zimi u nekim gradovima Republike Hrvatske, [4]

Grad	T [°C]
Bjelovar	-18
Delnice	-18
Dubrovnik	-2
Gospić	-24
Hvar	-2
Imotski	-6
Karlovac	-18
Knin	-9
Makarska	-4
Ogulin	-20
Osijek	-18
Pazin	-6
Požega	-20
Pula	-6
Rijeka	-8
Sisak	-18
Slavonski Brod	-18
Split	-4
Šibenik	-6
Varaždin	-20
Vinkovci	-18
Zadar	-9
Zagreb	-15

Sam termodinamički proračun izvodi se prema europskoj normi EN 12831, a u našem slučaju pojednostavljenim postupkom dolazi se do gubitaka topline za prostorije cijelog objekta.

Toplinski učinak grijanja dobijemo zbrajanjem transmisijskih toplinskih gubitaka i ventilacijskih toplinskih gubitaka.

Ukupni projektni toplinski gubici grijane prostorije određuju se jednadžbom:

$$(1) \Phi_{uk} = \Phi_T + \Phi_V \quad [W]$$

$\Phi_{uk}$  = Ukupni projektni toplinski gubici [W]

$\Phi_T$  = Transmisijski toplinski gubici [W]

$\Phi_V$  = Ventilacijski toplinski gubici [W]

### 1.1. Transmisijski toplinski gubici

Uzimaju se u obzir i gubici kroz vanjske zidove prostorija prema okolini, prema susjednim prostorijama te prema tlu, a zajedno čine transmisijske gubitke ( $\Phi_T$ ).

Transmisijski toplinski gubici izračunavaju se:

$$(2) \Phi_T = H_T * (\theta_{\text{int}} - \theta_e) \quad [\text{W}]$$

$H_T$  = Koeficijent transmisijskih toplinskih gubitaka [W/K]

$\theta_{\text{int}}$  = Unutarnja projektna temperatura [°C]

$\theta_e$  = Vanjska projektna temperatura [°C]

U proračnu koristimo koeficijent proslaska topline čije vrijednosti možemo saznati iz Tablice 3., isto kao i predočiti što predstavlja taj koeficijent na Slici 3, a koristimo ga u sljedećoj formuli:

$$(3) H_T = \sum A * (U + \Delta U_{\text{WB}}) * f_k \quad [\text{W/K}]$$

$H_T$  = Koeficijent transmisijskih toplinskih gubitaka [W/K]

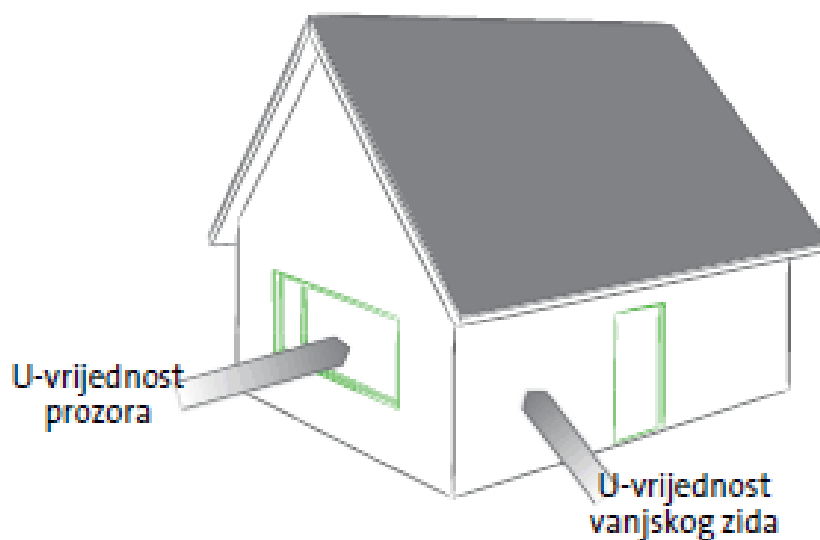
$\sum A$  = zbroj površina ploha [m<sup>2</sup>]

$U$  = koeficijent prolaza topline [W/(m<sup>2</sup>K)]

$\Delta U_{\text{WB}}$  = dodatak za toplinske mostove [W/(m<sup>2</sup>K)]

$f_k$  = temperaturni korekcijski čimbenik

---



**Slika 3.** Ilustracija koeficijenta prolaska topline, [6]

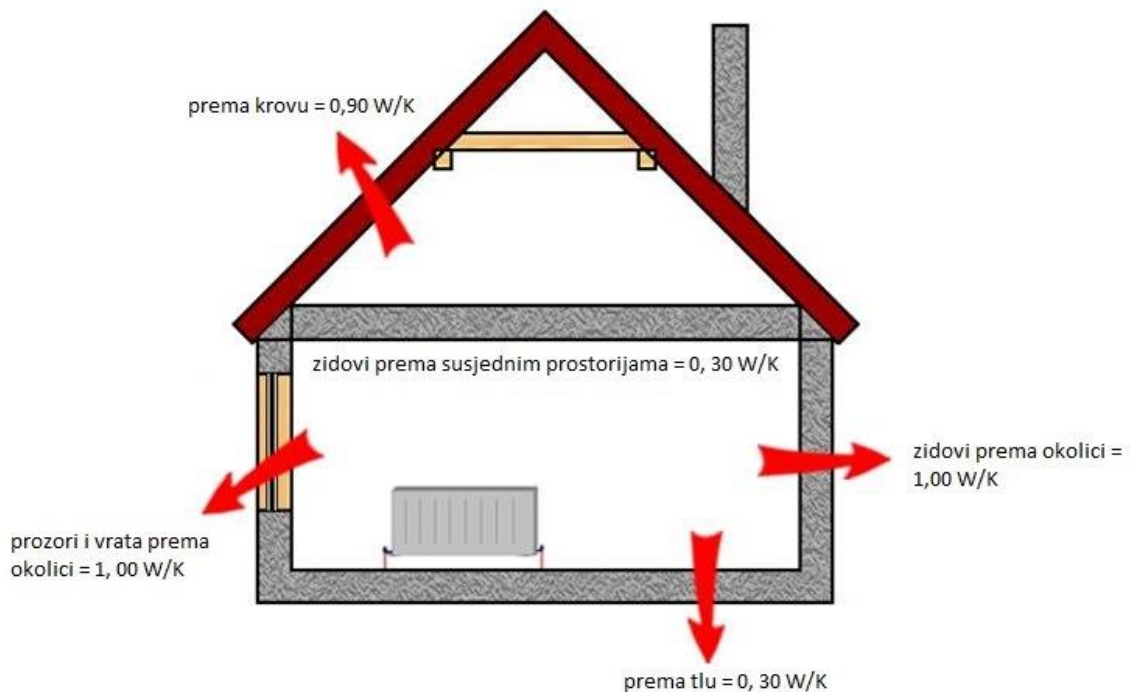
**Tablica 3.** Prikaz koeficijenta prolaska topline kod građevnih dijelova nekog objekta, [4]

Građevni dijelovi zgrade	Dopuštena vrijednost koeficijenta prolaska topline $U$ [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]
Vanjski zidovi (prema zraku)	0,30
Nutarnji zidovi (prema prostorijama)	0,60
Puna vrata	2,00
Prozori	1,40
Stropovi iznad grijanog prostora	0,25
Podovi	0,30

**Tablica 4.** Temperaturni korekcijski čimbenik građevinskog elementa, za izolirane toplinske mostove, [4]

Toplinski gubici	$f_k$ [W/K]
zidovi prema okolici (vanjskom zraku)	1,00
zidovi susjednim prostorijama	0,30
vrata prema okolnim područjima	1,00
prozor prema okolici (vanjskom zraku)	1,00
prema krovu	0,90
prema tlu	0,30

Različiti građevni djelovi nekog objekta različito propuštaju toplinu, a samim time je i vrijednost korekcijskog čimbenika drugačija za svaki dio, Slika 4.



**Slika 4.** Ilustracija vrijednosti korekcijskog čimbenika nekih građevinskih elemenata

## 3.1.1. Proračun transmisijskih gubitaka

U Tablici 5. prikazan je proračun transmisijskih gubitaka Sobe za sastanke čija je ukupna površina svih ploha  $A = 110,32 \text{ m}^2$ . Ostale karakteristike prostorije potrebne za proračun su visina prostorije  $H = 2,5 \text{ m}$ , te vanjska projektna temperatura grada Varaždina zimi, Tablica 2., koja iznosi  $\theta_e = -20 \text{ }^\circ\text{C}$  i unutarnja projektna temperatura Tablica 1., koja iznosi  $\theta_{\text{int}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Dodatak za toplinske mostove je 0, odnosno utjecaj toplinskih mostova se ne uzima u obzir. Koeficijent prolaska očitavamo iz Tablice 3, a temperaturni korekcijski čimbenik iz Tablice 4.

**Tablica 5.** Transmisijski gubici – Soba za sastanke

Soba za sastanke				
Građevni djelovi	$f_k$	A [m <sup>2</sup> ]	U [W/m <sup>2</sup> K]	A x U x $f_k$ [W/K]
Zid vanjski (prema zraku)	1,00	33,29	0,30	9,99
Zid unutarnji (prema prostoriji)	0,30	9,85	0,60	1,77
Puna vrata	1,00	1,90	2,00	3,80
Prozor	1,00	8,96	1,40	12,54
Strop	0,90	28,16	0,25	6,34
Pod	0,30	28,16	0,30	8,75
$H_T$ [W/K]	$\sum A (U + \Delta U_{WB}) f_k$			43,19
$\Phi_T$ [W/K]	$H_T (\theta_{\text{int}} - \theta_e)$			1727,60



U Tablici 6. prikazan je proračun transmisijskih gubitaka Ureda 1 čija je ukupna površina svih ploha  $A = 37,9 \text{ m}^2$ . Ostale karakteristike prostorije potrebne za proračun su visina prostorije  $H = 2,5 \text{ m}$ , te vanjska projektna temperatura grada Varaždina zimi Tablica 2., koja iznosi  $\theta_e = -20 \text{ }^\circ\text{C}$  i unutarnja projektna temperatura Tablica 1., koja iznosi  $\theta_{int} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Koeficijent prolaska očitavamo iz Tablice 3, a temperaturni korekcijski čimbenik iz Tablice 4.

**Tablica 6.** Transmisijski gubici – Ured 1

Ured 1				
Građevni djelovi	$f_k$	A [m <sup>2</sup> ]	U [W/m <sup>2</sup> K]	A x U x $f_k$ [W/K]
Zid vanjski (prema zraku)	1,00	4,76	0,30	1,44
Zid unutarnji (prema prostoriji)	0,30	16,60	0,60	2,99
Puna vrata	1,00	1,90	2,00	3,80
Prozor	1,00	2,24	1,40	3,14
Strop	0,90	6,20	0,25	1,40
Pod	0,30	6,20	0,30	0,56
$H_T$ [W/K]	$\sum A (U + \Delta U_{WB}) f_k$			13,32
$\Phi_T$ [W/K]	$H_T (\theta_{int} - \theta_e)$			532,80

U Tablici 7. prikazan je proračun transmisijskih gubitaka Hodnika čija je ukupna površina svih ploha  $A = 65,49 \text{ m}^2$ . Ostale karakteristike prostorije potrebne za proračun su visina prostorije  $H = 2,5 \text{ m}$ , te vanjska projektna temperatura grada Varaždina zimi Tablica 2., koja iznosi  $\theta_e = -20 \text{ }^\circ\text{C}$  i unutarnja projektna temperatura Tablica 1., koja iznosi  $\theta_{int} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Koeficijent prolaska očitavamo iz Tablice 3, a temperaturni korekcijski čimbenik iz Tablice 4.

**Tablica 7.** Transmisijски gubici - Hodnik

Hodnik				
Građevni djelovi	$f_k$	A [m <sup>2</sup> ]	U [W/m <sup>2</sup> K]	A x U x $f_k$ [W/K]
Zid vanjski (prema zraku)	1,00	3,50	0,30	1,05
Zid unutarnji (prema prostoriji)	0,30	28,50	0,60	5,13
Puna vrata	1,00	9,50	2,00	19,00
Prozor	1,00	0,75	1,40	1,05
Strop	0,90	11,62	0,25	2,61
Pod	0,30	11,62	0,30	1,05
$H_T$ [W/K]	$\sum A (U + \Delta U_{WB}) f_k$			29,89
$\Phi_T$ [W/K]	$H_T (\theta_{int} - \theta_e)$			1195,60

U Tablici 8. prikazan je proračun transmisijских gubitaka WC-a 1 i WC-a 2 čija je ukupna površina svih ploha jedne prostorije  $A = 23,22 \text{ m}^2$ . Ostale karakteristike prostorije potrebne za proračun su visina prostorije  $H = 2,5 \text{ m}$ , te vanjska projektna temperatura grada Varaždin zimi, Tablica 2., koja iznosi  $\theta_e = -20 \text{ }^\circ\text{C}$  i unutarnja projektna temperatura, Tablica 1., koja iznosi  $\theta_{int} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Koeficijent prolaska očitavamo iz Tablice 3, a temperaturni korekcijski čimbenik iz Tablice 4.

**Tablica 8.** Transmisijски gubici – WC 1, WC 2

WC 1, WC 2				
Građevni djelovi	$f_k$	A [m <sup>2</sup> ]	U [W/m <sup>2</sup> K]	A x U x $f_k$ [W/K]
Zid vanjski (prema zraku)	1,00	2,50	0,30	1,50
Zid unutarnji (prema prostoriji)	0,30	12,35	0,60	2,22
Puna vrata	1,00	1,90	2,00	3,80
Prozor	1,00	0,75	1,40	1,05
Strop	0,90	2,86	0,25	0,64
Pod	0,30	2,86	0,30	0,26
$H_T$ [W/K]	$\sum A (U + \Delta U_{WB}) f_k$			9,47
$\Phi_T$ [W/K]	$H_T (\theta_{int} - \theta_e)$			378,80

U Tablici 9. prikazan je proračun transmisijskih gubitaka Ureda 2 čija je ukupna površina svih ploha  $A = 55,35 \text{ m}^2$ . Ostale karakteristike prostorije potrebne za proračun su visina prostorije  $H = 2,5 \text{ m}$ , te vanjska projektna temperatura grada Varaždin zimi, Tablica 2., koja iznosi  $\theta_e = -20 \text{ }^\circ\text{C}$  i unutarnja projektna temperatura, Tablica 1., koja iznosi  $\theta_{\text{int}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Koeficijent prolaska očitavamo iz Tablice 3, a temperaturni korekcijski čimbenik iz Tablice 4.

**Tablica 9.** Transmisijski gubici – Ured 2

Ured 2				
Građevni djelovi	$f_k$	A [m <sup>2</sup> ]	U [W/m <sup>2</sup> K]	A x U x $f_k$ [W/K]
Zid vanjski (prema zraku)	1,00	19,26	0,30	5,78
Zid unutarnji (prema prostoriji)	0,30	10,35	0,60	1,86
Puna vrata	1,00	1,90	2,00	3,80
Prozor	1,00	2,24	1,40	3,14
Strop	0,90	10,80	0,25	2,43
Pod	0,30	10,80	0,30	0,97
$H_T$ [W/K]	$\sum A (U + \Delta U_{WB}) f_k$			17,98
$\Phi_T$ [W/K]	$H_T (\theta_{\text{int}} - \theta_e)$			719,20

### 1.3. Ventilacijski toplinski gubici

Ventilacijski toplinski gubici određuju se prema jednadžbi:

$$(4) \Phi_{v1} = V_z * c_z * \rho_z * (\theta_{int-ULAZ} - \theta_e) \text{ [W]}$$

$\Phi_{v1}$  = ventilacijski toplinski gubici (bez korištenja topline otpadnog zraka) [W]

$V_z$  = volumni protok zraka [ $m^3/h$ ]

$c_z$  = specifični toplinski kapacitet [W/kgK]

$\rho_z$  = gustoća zraka [ $kg/m^3$ ]

$\theta_{int-ULAZ}$  = temperatura ulaznog zraka u prostoriju [ $^{\circ}C$ ]

$\theta_e$  = unutarnja projektana temperatura prostorije [ $^{\circ}C$ ]

$$(5) V_z = V_p * I_z \text{ [m}^3/h\text{]}$$

$V_p$  = volumen prostora [ $m^3$ ]

$I_z$  = potrebni broj izmjena zraka [ $h^{-1}$ ]

## 1.2. Proračun ventilacijskih toplinskih gubitaka

U Tablici 10. prikazan je proračun ventilacijskih toplinskih gubitaka Sobe za sastanke volumena  $V_p = 70,4 \text{ m}^3$ . Ostale karakteristike potrebne za daljnji proračun su temperatura ubačenog zraka u prostoriju  $\theta_{\text{int} - \text{ULAZ}} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$ , usvojena vanjska projektna temperatura zimi za grad Varaždin koja iznosi  $\theta_e = -20 \text{ }^\circ\text{C}$ , te unutarnja projektna temperatura  $\theta_{\text{int}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ .

**Tablica 10.** Ventilacijski gubici – Soba za sastanke

Soba za sastanke	
$V_z$ [m <sup>3</sup> /h]	211,20
$C_z$ [Wh/kgK]	0,28
$\rho_z$ [kg/m <sup>3</sup> ]	1,20
$\theta_{\text{int} - \text{ULAZ}}$ [°C]	22,00
$\theta_{\text{int}}$ [°C]	20,00
$\theta_e$ [°C]	-20,00
$\Phi_v$ [W]	2980,45

U Tablici 11. prikazan je proračun ventilacijskih toplinskih gubitaka Ureda 1 volumena  $V_p = 15,5 \text{ m}^3$ . Ostale karakteristike potrebne za daljnji proračun su temperatura ubačenog zraka u prostoriju  $\theta_{\text{int} - \text{ULAZ}} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$ , usvojena vanjska projektna temperatura zimi za grad Varaždin koja iznosi  $\theta_e = -20 \text{ }^\circ\text{C}$ , te unutarnja projektna temperatura  $\theta_{\text{int}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ .

**Tablica 11.** Ventilacijski gubici – Ured 1

Ured 1	
$V_z$ [m <sup>3</sup> /h]	46,50
$C_z$ [Wh/kgK]	0,28
$\rho_z$ [kg/m <sup>3</sup> ]	1,20
$\theta_{\text{int-ULAZ}}$ [°C]	22,00
$\theta_{\text{int}}$ [°C]	20,00
$\theta_e$ [°C]	-20,00
$\Phi_v$ [W]	656,21

U Tablici 12. prikazan je proračun ventilacijskih toplinskih gubitaka Hodnika volumena  $V_p = 29,05 \text{ m}^3$ . Ostale karakteristike potrebne za daljnji proračun su temperatura ubačenog zraka u prostoriju  $\theta_{\text{int-ULAZ}} = 22 \text{ °C}$ , usvojena vanjska projektna temperatura zimi za grad Varaždin koja iznosi  $\theta_e = -20 \text{ °C}$ , te unutarnja projektna temperatura  $\theta_{\text{int}} = 20 \text{ °C}$ .

**Tablica 12.** Ventilacijski gubici - Hodnik

Hodnik	
$V_z$ [m <sup>3</sup> /h]	87,15
$C_z$ [Wh/kgK]	0,28
$\rho_z$ [kg/m <sup>3</sup> ]	1,20
$\theta_{\text{int-ULAZ}}$ [°C]	22,00
$\theta_{\text{int}}$ [°C]	20,00
$\theta_e$ [°C]	-20,00
$\Phi_v$ [W]	1229,86

U Tablici 13. prikazan je proračun ventilacijskih toplinskih gubitaka WC-a 1 i WC-a 2 volumena po prostoriji  $V_p = 7,15 \text{ m}^3$ . Ostale karakteristike potrebne za daljnji proračun su temperatura ubačenog zraka u prostoriju  $\theta_{\text{int-ULAZ}} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$ , usvojena vanjska projektna temperatura zimi za grad Varaždin koja iznosi  $\theta_e = -20 \text{ }^\circ\text{C}$ , te unutarnja projektna temperatura  $\theta_{\text{int}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

**Tablica 13.** Ventilacijski gubici – WC 1, WC 2

WC 1,WC 2	
$V_z$ [m <sup>3</sup> /h]	21,45
$C_z$ [Wh/kgK]	0,28
$\rho_z$ [kg/m <sup>3</sup> ]	1,20
$\theta_{\text{int-ULAZ}}$ [°C]	22,00
$\theta_{\text{int}}$ [°C]	20,00
$\theta_e$ [°C]	-20,00
$\Phi_v$ [W]	302,70

U Tablici 14. prikazan je proračun ventilacijskih toplinskih gubitaka Ureda 2 volumena  $V_p = 27 \text{ m}^3$ . Ostale karakteristike potrebne za daljnji proračun su temperatura ubačenog zraka u prostoriju  $\theta_{\text{int-ULAZ}} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$ , usvojena vanjska projektna temperatura zimi za grad Varaždin koja iznosi  $\theta_e = -20 \text{ }^\circ\text{C}$ , te unutarnja projektna temperatura  $\theta_{\text{int}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

**Tablica 14.** Ventilacijski gubici – Ured 2

Ured 2	
$V_z$ [m <sup>3</sup> /h]	81,00
$C_z$ [Wh/kgK]	0,28
$\rho_z$ [kg/m <sup>3</sup> ]	1,20
$\theta_{int - ULAZ}$ [°C]	22,00
$\theta_{int}$ [°C]	20,00
$\theta_e$ [°C]	-20,00
$\Phi_V$ [W]	1143,07



## 2. UKUPNI TOPLINSKI GUBICI

U Tablici 15.vidljivi su toplinski gubici svih prostorija ovog objekta, što nam olakšava daljnje rješavanje problema, odnosno odabir kotla i grijačih tijela, te njihovih konkretnih specifikacija. Ukupan iznos toplinskih gubitaka dodatno je uvećan za 20% od ukupnog iznosa, što nam osigurava dobar izbog kotla i grijačih tijela, odnosno dovoljnu količinu topline za objekt.

**Tablica 15.** Ukupni toplinski gubici objekta

Prostorije	$\Phi_T$ [W]	$\Phi_V$ [W]	$\Phi_{UKUPNO}$ [W]
Soba za sastanke	1727,60	2980,45	4708,05
Ured 1	532,80	656,21	1189,01
Ured 2	719,20	1143,07	1862,27
Hodnik	1195,60	1229,86	2425,46
WC 1	378,80	302,70	681,50
WC 2	378,80	302,70	681,50
Kotlovnica	485,20	302,70	787,90
	5418	6917,69	12335,69
Uvećanje za 20%			14802,83

### 3. PRORAČUN POTROŠNE TOPLE VODE

Sustavi za pripremu potrošne tople vode mogu se podijeliti na nekoliko osnovnih načina:

- Prema smještaju u odnosu na trošila
  - Lokalni, smješten u neposrednoj blizini trošila
  - Centralni, smješten na jednom mjestu za cijeli stan, kuću ili zgradu
- Prema načinu zagrijavanja vode
  - Protočni, gdje se voda zagrijava prolaskom kroz izmjenjivač
  - Spremnički, gdje se voda zagrijava prije potrošnje, te sve dok nije potrebna pohranjuje se u odgovarajućem spremniku
- Prema izvedbi spremnika, odnosno zagrijača vode
  - Otvoreni, kod kojih je unutrašnjost preko nezatvorivog spoja u stalnom doticaju s okolicom, odnosno pod okolnim tlakom
  - Zatvoreni, kod kojih unutrašnjost nije u doticaju s okolicom
- Prema izvedbi izmjenjivača topline
  - Izravno grijani, gdje se toplina preko izmjenjivača izravno predaje vodi
  - Posredno grijani, gdje se toplina preko odgovarajućeg ogrjevnog medija koji struji kroz izmjenjivač predaje vodi [3].

Za proračun je potrebna fizikalna veličina specifični toplinski kapacitet ( $c$  [kJ/kgK]) koji nam pokazuje koliko je energije potrebno dovesti masi neke tvari od 1 kg kako bi joj se temperatura povećala za 1 K. Za vodu pri temperaturi od 20 °C, specifični toplinski kapacitet iznosi 4182 J/kgK, odnosno 4.18 kJ/kgK, Tablica 16. Zbog toga vodi treba razmjerno više vremena za zagrijavanje od bilo koje druge tvari i ona mnogo dulje predaje toplinu okolini, što je i razlog zbog čega je voda glavni prijenosnik energije u sustavima grijanja [3].

---

**Tablica 16.** Specifični toplinski kapacitet vode, [4]

Voda	c [J/kgK]
Led	2005
voda pri 20 °C	4182
vodena para pri 100 °C	2032

Snaga (P [W]), odnosno učin koji na kraju postupka dobivamo jednaka je omjeru količine topline, rada ili energije i vremena, a također se opisuje i kao obavljeni rad ili toplina izmjenjena u određenom vremenu [4]. Pri tome se u našem slučaju, odnosno slučaju izmjene topline koristi izraz učin, umjesto snaga.

Potrošnu toplu vodu izračunavamo pomoću formule:

$$(6) Q_{TV} = m * c_{pV} * (\theta_{IV} - \theta_{UV}) \text{ [kW]}$$

$Q_{TV}$  = potrošnja energije za pripremu potrošne tople vode [kW]

$m$  = količina vode koju koristi jedna osoba u jednom satu [L/h]

$c_{pV}$  = specifični toplinski kapacitet [kJ/kgK]

$\theta_{UV}$  = temperatura ulazne vode [°C]

$\theta_{IV}$  = temperatura izlazne vode [°C]

**Tablica 17.** Vrijednosti veličina potrebnih za izračunavanje ukupnog učina za zagrijavanje objekta

$m$ [L/h]	3,00
$c_{pv}$ [kJ/kgK]	4,18
$\theta_{uv}$ [°C]	10,00
$\theta_{iv}$ [°C]	70,00
$P_{sig}$	1,20
$n_{OSOBA}$	6,00
$Q_{TV}$ [kW]	0,21
$P_b$ [kW]	1,26
$P_{b\ UVEĆANO}$ [kW]	1,51

## 4. REZULTATI

Radijatori su ogrjevna tijela sustava s grijanja kod kojih se izmjena topline odvija zračenjem i konvekcijom, a građena su od jedne ili više ogrjevnih ploha različitih oblika, izvedbe ili veličine [4].

Kod radijatora koji se koriste u centralnim sustavima grijanja tijelo je šuplje i kroz njega struji odgovarajući radni medij (topla ili vrela voda ili niskotlačna para), dok radijatori za lokalne sustave grijanja mogu imati tijelo punog poprečnog presjeka u koje su ugrađeni el. grijači ili je šuplje ili ispunjeno nekim medijem koji se zagrijava el. grijačima [3].

Radijatori se mogu podijeliti na 2 osnovna načina:

Prema materijalu izvedbe:

- Ljevanoželjezni
- Čelični
- Aluminijski
- Od posebnih materijala

Prema izvedbi ogrjevnih ploha:

- Člankasti
- Pločasti
- Cijevni (za kupaone)
- U raznim posebnim izvedbama

**Tablica 18.** Odabir količine i jačine radijatora za prostorije

Prostorija	Radijator	Snaga [W]	Količina	Gubici po prostoriji [W]	Ukupna snaga [W]
Soba za sastanke	Vogel & Noot 22 K-S 400x2000	3473	2	4708,05	6946
Ured 1	Vogel & Noot 21 K-S 900x520	1233	1	1189,01	1233
Ured 2	Vogel & Noot 21 K-S 300x1400	1953	1	1862,27	1953
Hodnik	Vogel & Noot 22 K-S 300x1000	1395	2	2425,46	2790
WC 1	Vogel & Noot 21 K-S 600x520	1138	1	681,5	1138
WC 2	Vogel & Noot 21 K-S 600x520	1138	1	681,5	1138
					<b>15198</b>

U našem objektu koriste se radijatori od hladno valjanog čeličnog lima, Slika 5. [9]. To su pločasti radijatori koji se sastoje od tijela koje čini ogrjevna ploha, odnosno ploča s ravnom i glatkom vanjskom površinom koja je izrađena od čeličnog lima i koja je najvećim dijelom svoje unutarnje površine u doticaju s ogrjevnim medijem. Ploče se mogu postaviti u više redova, a za poboljšanje izmjene topline na njih se postavljaju tzv. konvekcijske lamele [4].

U odnosu na člankaste imaju nekoliko osnovnih prednosti, a to su razmjerno male ugradbene dimenzije, glatka površina za izmjenu topline čim se olakšava održavanje i čišćenje pa se ostvaruje mnogo veća higijenska razina uporabe, te kompaktna izvedba što olakšava odabir, isporuku i ugradnju.



**Slika 5.** Radijator za grijanje prostorije, [9]



**Slika 6.** Pločasti radijator, [9]



**Slika 7.** Plinski zidni uređaj za grijanje i pripremu tople vode [10]

Poslovni objekt grijat će se plinskim zidnim konvencionalnim uređajem za grijanje i pripremu tople vode tvrtke Vaillant, Slika 7.

Sam uređaj karakterizira toplinski učin od 9 do 24 kW, dok je nama potrebno do 16,3 kW učina. Najveći toplinski učinak koji doseže prilikom pripreme potrošne tople vode je 24 kW. Količina istjecanja vode kod promjene temperature od 30 K je 11,5 litara u minuti. Visina samog uređaja je 800 mm, odnosno 0,8 m i 0,44 m je širok, a 0,33 m je dubok, što je idealno za kotlovnici u kojoj se nalazi. Težina uređaja je 39 kg, što je u također u redu za zidni uređaj. Plin koji se koristi je zemni plin, ukapljeni plin. Potrošnja plina kod već spomenutog učina jest 2,8 m<sup>3</sup>/h. Naravno, ima i priključak za odvod dimnih plinova koji je promjera 130 mm.

Standardni plinski kotlovi su izvori topline sustava grijanja čija je radna temperatura ograničena izvedbom i utvrđena pri projektiranju, što znači da je kroz cijelo vrijeme pogona konstantna. Takvim kotlovima smatraju se oni čije temperature polaznog i povratnog voda ima tzv. standardne vrijednosti i u skladu s tim više temperature dimnih plinova i manje stupnjeve djelovanja.



## 5. ZAKLJUČAK

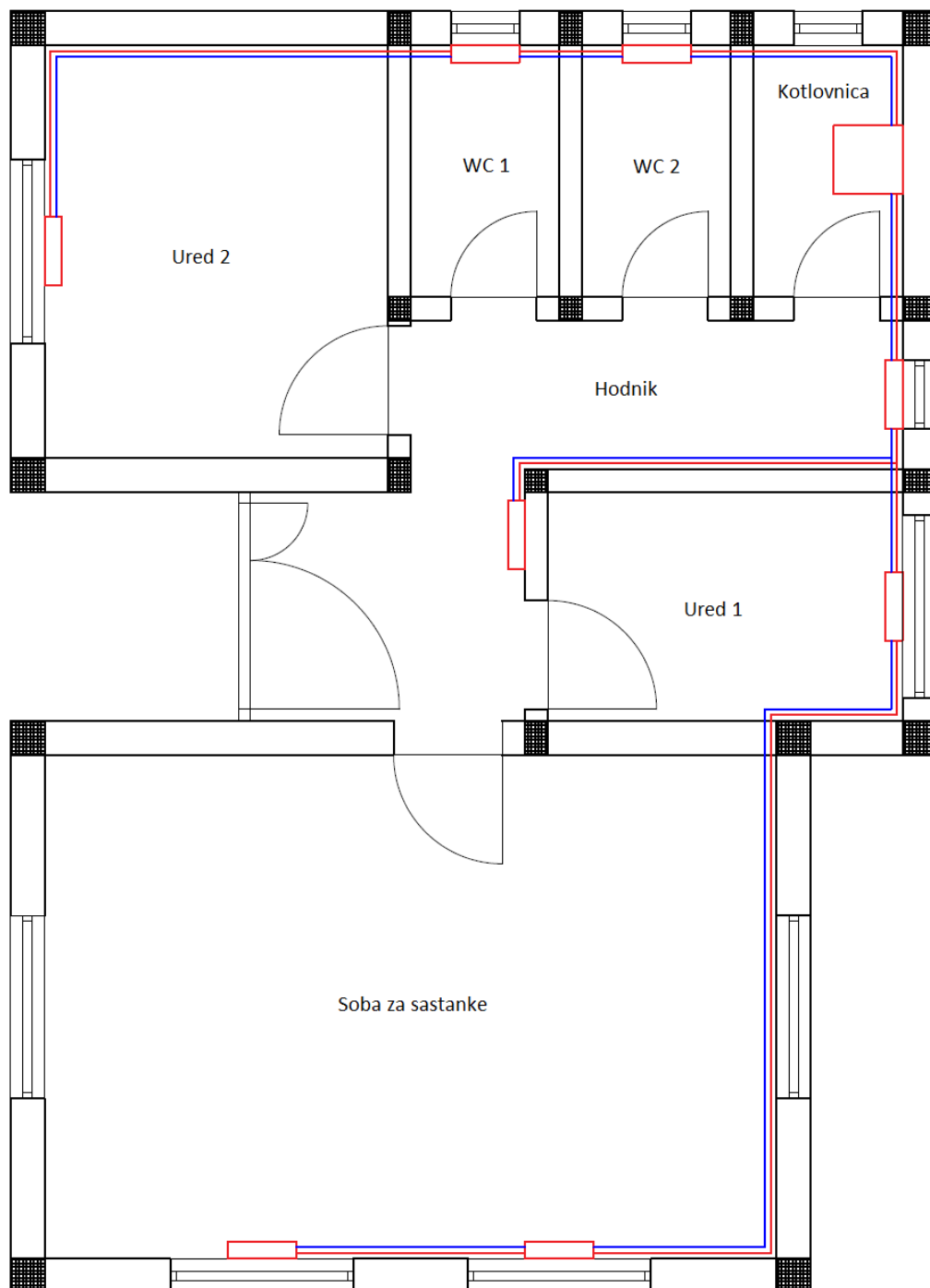
Naravno, prilikom odabira koji sustav grijanja odabrati treba voditi računa o građevinskofizikalnim i arhitektonskim značajkama samog objekta, zahtjevima korisnika i o raspoloživosti energenta. Isto tako treba obratiti pozornost na to da se uporabne značajke pojedinih sustava mogu značajno razlikovat.

Pri korištenju centralnog grijanja, zagrijavanje mora biti jednoliko u svim glavnim i sporednim prostorijama, te po potrebi danju i noću. Smještaj grijačih tijela nije ničim uvjetovan, što znači da ih možemo postavljati na najpovoljnija mjesta, odnosno u našem slučaju to je ispod prozora gdje imamo prodore hladnog zraka

Postoji mogućnost jednostavne (ručne) i automatske regulacije zagrijavnaja prostorija, a isto tako i automatske regulacije, tj. centralne regulacije grijanja.

Veća su ložišta kotlova za grijanja samim time i savršenija od ložišta manjih peći, te se u njima postižu i bolji uvjeti izgaranja. Velik je i sam izbor primjene raznih goriva, a to pojeftinjuje i nabavku goriva, te snizuje troškove grijanja [8].

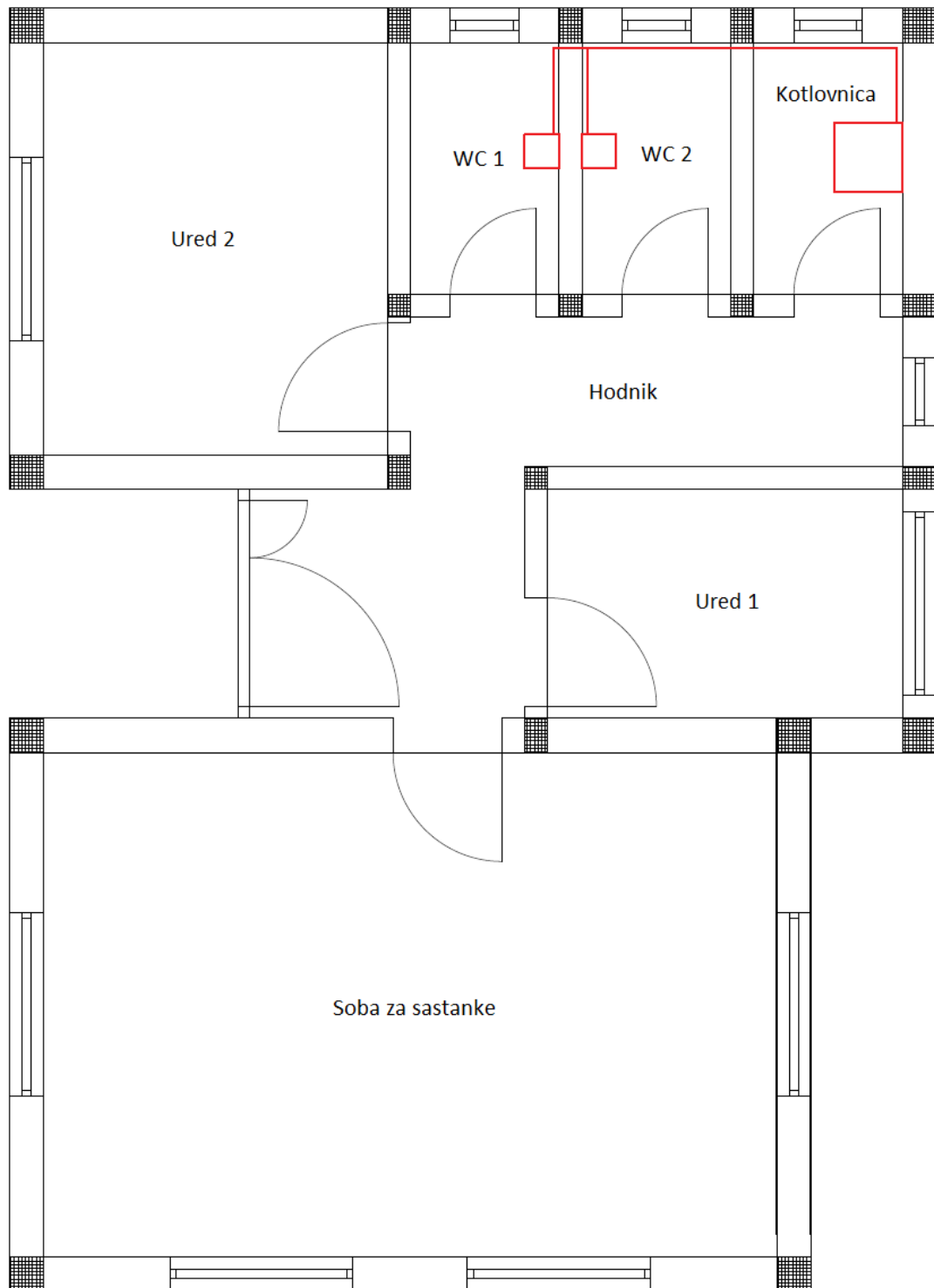
Samo zagrijavanje može trajati neprekidno i to bez većih promjena u temperaturi, a centralno je grijanje pogodno i za veće prostore [8].



**Slika 8.** Izvedba cijevne mreže za grijanje prostorija

— polazni vod

— povratni vod



**Slika 9.** Izvedba cijevne mreže za toplu vodu

— topla voda

## LITERATURA

- [1] Danon J. (1975.), Centralno grejanje, Beograd Tehnička knjiga
- [2] Donjerković P. (1996.), Osnove i regulacija sustava grijanja, ventilacije i klimatizacije, Zagreb Fakultet strojarstva i brodogradnje Zagreb
- [3] Labudović B.; Dobričević J.; Kron D. (2012.), Instalacija vode i plina, Zagreb Energetika marketing
- [4] Labudović B.; Paić Z.; Vuk R. (2005.), Priručnik za grijanje, Zagreb Energetika marketing
- [5] Maritem Servis - <http://www.maritem-servis.hr/QuestionDetails/190/lang/Croatian/Plinski-kotlovi.wshtml>
- [6] Radson stranica - <https://www.radson.com/hr/>
- [7] Recknagel; Sprenger; Schramek (2011.), Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik, München Oldenbourg Industieverlag GmbH
- [8] Šivak M. (1998.), Centralno grijanje Ventilacija Klimatizacija, Zagreb Nakladnička djelatnost Marijan Šivak
- [9] Termometal stranica - <https://termometal.hr/>
- [10] Vaillant stranica - <https://www.vaillant.hr/>