

Univerza  
v Ljubljani  
Fakulteta  
*za gradbeništvo  
in geodezijo*

*Jamova 2, p. p. 3422  
1115 Ljubljana, Slovenija  
telefon (01) 47 68 500  
faks (01) 42 50 681  
fgg@fgg.uni-lj.si*



**VISOKOŠOLSKI  
STROKOVNI  
ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA  
SMER OPERATIVNO  
GRADBENIŠTVO**

Kandidat:

**LUKA KATARINČIČ**

**Pregled porabe toplote za ogrevanje v tipicnih  
enodružinskih stavbah grajenih od 1920 do 2010**

Diplomska naloga št.: 447

**A calculation of heat consumption for heating of typical  
single family homes built from 1920 to 2010**

Graduation thesis No.: 447

**Mentor:**  
doc. dr. Živa Kristl

**Predsednik komisije:**  
doc. dr. Tomo Cerovšek

**Somentor:**  
asist. dr. Mitja Košir

Ljubljana, 2011

## **IZJAVA O AVTORSTVU**

Podpisani Luka Katarinčič izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom »Pregled porabe toplote za ogrevanje v tipičnih enodružinskih stavbah grajenih od leta 1920 do leta 2010«

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v repozitoriju UL FGG.

Ljubljana, 27.11.2011

Luka Katarinčič

**BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM****UDK: 697:699.86(043.2)****Avtor: Luka Katarinčič****Mentor: doc. dr. Živa Kristl****Somentor: asist. dr. Mitja Košir****Naslov: Pregled porabe toplote za ogrevanje v tipičnih enodružinskih stavbah grajenih od 1920 do 2010****Obseg in oprema: 91strani, 72preglednic, 3 grafikoni, 22 slik, 1 priloga****Ključne besede: učinkovita raba, energije v stavbah, toplotna prehodnost, transmisijske izgube, ventilacijske izgube****Izveček:**

V okviru svoje diplomske naloge sem izdelal primerjalno študijo porabe toplote za ogrevanje tipičnih enodružinskih stavb grajenih od leta 1920 do danes.

V uvodnem delu sem predstavil trenutno veljavno zakonodajo, ki ureja področje toplotne zaščite in učinkovite rabe energije v stavbah. Prikazal sem osnovne in najpomembnejše člene (zakonov, ki so trenutno v uporabi in tistih, ki niso več). V nadaljevanju sledi kratka predstavitev računalniških programov s katerimi sem izvedel analizo objektov. Glavni del diplomske naloge predstavlja izračun porabe toplote devetih objektov, ki so bili grajeni od leta 1920 do danes. Analiziral sem objekte, ki so bili grajeni v približno enakih časovnih razmakih (približno deset let). Analize vseh objektov temeljijo na računu potrebne toplote za ogrevanje, upoštevajoč transmisijske in ventilacijske izgube, kot tudi solarne in notranje dobitke. Pri vsaki stavbi sem opisal vzroke za dobitke oziroma izgube. Ravno tako sem pri vsakem objektu podal kratko mnenje o tem kako bi se toplotna bilanca stavbe lahko izboljšala. V zaključnem delu diplomskega dela pa sledi kratka predstavitev vseh analiziranih objektov in medsebojna primerjava ključnih parametrov (koeficient specifičnih transmisijskih izgub, potrebna letna toplota za ogrevanje).

## **BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND THE ABSTRACT**

**UDK:**

**Author: Luka Katarinčič**

**Supervisor: Assist. Prof. Živa Kristl, Ph.D.**

**Co-supervisor: Assist. Mitja Košir , Ph.D.**

**Title: A calculation of heat consumption for heating of typical single family homes built from 1920 to 2010**

**Notes: 91 pages, 72 tables, 3 charts, 22 images**

**Key words: efficient use of energy in buildings, heat transfer, transmission loss, ventilation loss**

### **Abstract:**

In my diploma I made a comparative study of heat consumption of heating of typical single family homes built from 1920 until today.

In the introductory part I present all the legislation covering the domain of thermal protection and efficient energy use in buildings to this date. I introduce the basic and most important articles (of the applicable legislation and the one that is not applicable anymore), attempt to compare them to each other and determine the main differences between them. A short presentation of the software I used to analyse the buildings follows. In the main part of the diploma I present the analysis of nine buildings built from 1920 to today. I analyse buildings that were built approximately ten years apart in this period of time. The analysis of all of the buildings are based on the calculation of the heat needed for heating considering transmission and ventilation heat loss as well as solar and other internal gains. I present reasons for gains or losses on each analysed building. I also gave short opinions on how the efficient energy use could be increased in each building. In the closing part I make a short presentation of all the buildings from the analysis and a mutual comparison of the key data (coefficient of specific transmission losses, annual amount of energy for heating).

## ZAHVALA

Za pomoč pri izdelavi diplomske naloge se zahvaljujem mentorici doc. dr. Živi Kristl in somentorju asist dr. Mitji Košir.

Posebna zahvala gre tudi staršem, ker sta mi v teku študija nudila vso podporo in razumevanje. Zahvaljujem se tudi vsem ostalim prijateljem za nasvete in pomoč tekom študija in pisanja diplomske naloge.

## KAZALO VSEBINE

<b>1</b>	<b>UVOD</b> .....	<b>1</b>
1.1	Namen diplomske naloge.....	2
1.2	Struktura diplomskega dela.....	2
<b>2</b>	<b>ZAKONODAJA, POVEZANA S TOPLOTNO UČINKOVITOSTJO IN PRAVILNO RABO ENERGIJE V STAVBAH</b> .....	<b>3</b>
2.1	Direktiva EU o gradbenih proizvodih.....	3
2.2	Prenovljena direktiva o energetske učinkovitosti stavb (2010/31/EU).....	4
2.3	Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010).....	5
2.4	Tehnična smernica TSG -1-004:2010.....	6
2.5	Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb.....	7
<b>3</b>	<b>PRISTOPI K PRERAČUNU ENERGETSKE UČINKOVITOSTI OBJEKTA</b> .....	<b>10</b>
3.1	Vplivi na rabo energije v stavbah.....	10
3.1.1	Vplivi na rabo energije vezani na lokacijo stavbe.....	11
3.1.2	Vplivi na rabo energije vezani na geometrijske karakteristike stavbe.....	11
<b>4</b>	<b>RAČUNALNIŠKA PROGRAMA TEDI IN TOST</b> .....	<b>12</b>
4.1	Definicija vhodnih podatkov.....	13
<b>5</b>	<b>IZHODIŠČA PRI PRIPRAVI ENERGETSKE ANALIZE STANOVANJSKIH STAVB</b> .....	<b>14</b>
<b>6</b>	<b>IZRAČUN POTREBNE TOPLOTE ZA OGREVANJE STANOVANJSKIH STAVB</b> .....	<b>17</b>
<b>6.1</b>	<b>Dvodružinski stanovanjski objekt (1920)</b> .....	<b>17</b>
6.1.1	Lokacija objekta.....	17
6.1.2	Tehnični opis (lokacija, vrsta in namen stavbe).....	19
6.1.3	Geometrijske karakteristike stavbe.....	19
6.1.4	Seznam konstrukcijskih sklopov.....	19
<b>6.2</b>	<b>Enodružinski stanovanjski objekt (1928)</b> .....	<b>22</b>
6.2.1	Lokacija objekta.....	22
6.2.2	Tehnični opis (lokacija, vrsta in namen stavbe).....	24
6.2.3	Geometrijske karakteristike stavbe.....	24
6.2.4	Seznam konstrukcijskih sklopov.....	24
<b>6.3</b>	<b>Enodružinski stanovanjski objekt (1944)</b> .....	<b>28</b>
6.3.1	Lokacija objekta.....	28
6.3.2	Tehnični opis (lokacija, vrsta in namen stavbe).....	30

6.3.3	Geometrijske karakteristike stavbe.....	30
6.3.4	Seznam konstrukcijskih sklopov .....	30
<b>6.4</b>	<b>Dvodružinski stanovanjski objekt (1950) .....</b>	<b>33</b>
6.4.1	Lokacija objekta .....	33
6.4.2	Tehnični opis (lokacija, vrsta in namen stavbe) .....	35
6.4.3	Geometrijske karakteristike stavbe.....	36
6.4.4	Seznam konstrukcijskih sklopov .....	36
<b>6.5</b>	<b>Dvodružinski stanovanjski objekt (1960) .....</b>	<b>40</b>
6.5.1	Lokacija objekta .....	40
6.5.2	Tehnični opis (lokacija, vrsta in namen stavbe) .....	41
6.5.3	Geometrijske karakteristike stavbe.....	42
6.5.4	Seznam konstrukcijskih sklopov .....	42
<b>6.6</b>	<b>Enodružinski stanovanjski objekt (1972) .....</b>	<b>45</b>
6.6.1	Lokacija objekta .....	45
6.6.2	Tehnični opis (lokacija, vrsta in namen stavbe) .....	47
6.6.3	Geometrijske karakteristike stavbe.....	48
6.6.4	Seznam konstrukcijskih sklopov .....	48
<b>6.7</b>	<b>Dvodružinski stanovanjski objekt (1985) .....</b>	<b>52</b>
6.7.1	Lokacija objekta .....	52
6.7.2	Tehnični opis (lokacija, vrsta in namen stavbe).....	54
6.7.3	Geometrijske karakteristike stavbe.....	54
6.7.4	Seznam konstrukcijskih sklopov .....	54
<b>6.8</b>	<b>Enodružinski stanovanjski objekt (2000) .....</b>	<b>58</b>
6.8.1	Lokacija objekta .....	58
6.8.2	Tehnični opis (lokacija, vrsta in namen stavbe).....	60
6.8.3	Geometrijske karakteristike stavbe.....	60
6.8.4	Seznam konstrukcijskih sklopov .....	60
<b>6.9</b>	<b>Enodružinski stanovanjski objekt (2010) .....</b>	<b>63</b>
6.9.1	Lokacija objekta .....	63
6.9.2	Tehnični opis (lokacija, vrsta in namen stavbe) .....	65
6.9.3	Geometrijske karakteristike stavbe.....	66
6.9.4	Seznam konstrukcijskih sklopov .....	66
<b>7</b>	<b>ZAKLJUČEK.....</b>	<b>70</b>
7.1	Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub HT' .....	71
7.2	Specifična letna toplota za ogrevanje stavbe.....	73
<b>8</b>	<b>VIRI IN LITERATURA.....</b>	<b>76</b>

## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Energijski razredi.....	8
Preglednica 2: Klimatski podatki uporabljeni pri izračunu.....	11
Preglednica 3: Lokacija, vrsta in namen stavbe (1920).....	19
Preglednica 4: Geometrijske karakteristike stavbe (1920).....	19
Preglednica 5: Sestava zunanje stene (1920).....	19
Preglednica 6: Sestava stropne konstrukcije (1920).....	20
Preglednica 7: Sestava strehe (1920).....	20
Preglednica 8: Tla na terenu (1920).....	20
Preglednica 9: Energijska bilanca stavbe (1920).....	21
Preglednica 10: Lokacija, vrsta in namen stavbe (1928).....	24
Preglednica 11: Geometrijske karakteristike stavbe (1928).....	24
Preglednica 12: Sestava zunanje stene (1928).....	24
Preglednica 13: Sestava zunanje stene; klet (1928).....	25
Preglednica 14: Tla na terenu (1928).....	25
Preglednica 15: Tla nad neogrevano kletjo (1928).....	25
Preglednica 16: Sestava strehe (1928).....	26
Preglednica 17: Strop proti neogrevanemu podstrešju (1928).....	26
Preglednica 18: Energijska bilanca stavbe (1928).....	27
Preglednica 19: Lokacija, vrsta in namen stavbe (1944).....	30
Preglednica 20: Geometrijske karakteristike stavbe (1944).....	30
Preglednica 21: Zunanja stena (1944).....	30
Preglednica 22: Sestava stropne konstrukcije (1944).....	31
Preglednica 23: Sestava strehe (1944).....	31
Preglednica 24: Tla na terenu (1944).....	31
Preglednica 25: Energijska bilanca stavbe (1944).....	32
Preglednica 26: Lokacija, vrsta in namen stavbe (1950).....	35
Preglednica 27: Geometrijske karakteristike stavbe (1950).....	36
Preglednica 28: Zunanja stena (1950).....	36
Preglednica 29: Sestava zunanje stene; klet (1950).....	36
Preglednica 30: Stropna konstrukcija (1950).....	37



---

Preglednica 31: Sestava strehe (1950).....	37
Preglednica 32: Tla nad neogrevano kletjo (1950).....	38
Preglednica 33: Tla na terenu (1950).....	38
Preglednica 34: Energijska bilanca stavbe (1950).....	39
Preglednica 35: Lokacija, vrsta in namen stavbe (1960).....	41
Preglednica 36: Geometrijske karakteristike stavbe (1960).....	42
Preglednica 37: Zunanja stena (1960).....	42
Preglednica 38: Stropna konstrukcija (1960).....	43
Preglednica 39: Sestava strehe (1960).....	43
Preglednica 40: Tla na terenu (1960).....	43
Preglednica 41: Energijska bilanca stavbe (1960).....	44
Preglednica 42: Lokacija, vrsta in namen stavbe (1972).....	47
Preglednica 43: Geometrijske karakteristike stavbe (1972).....	48
Preglednica 44: Zunanja stena (1972).....	48
Preglednica 45: Zunanja stena; klet (1972).....	48
Preglednica 46: Stropna konstrukcija (1972).....	49
Preglednica 47: Sestava strehe (1972).....	49
Preglednica 48: Tla nad neogrevano kletjo (1972).....	50
Preglednica 49: Tla na terenu (1972).....	50
Preglednica 50: Energijska bilanca stavbe (1972).....	51
Preglednica 51: Lokacija, vrsta in namen stavbe (1985).....	54
Preglednica 52: Geometrijske karakteristike stavbe (1985).....	54
Preglednica 53: Zunanja stena (1985).....	54
Preglednica 54: Strop proti neogrevanemu podstrešju (1958).....	55
Preglednica 55: Sestava strehe (1958).....	55
Preglednica 56: Tla na terenu (1985).....	56
Preglednica 57: Energijska bilanca stavbe (1985).....	57
Preglednica 58: Lokacija, vrsta in namen stavbe (2000).....	60
Preglednica 59: Geometrijske karakteristike stavbe (2000).....	60
Preglednica 60: Zunanja stena (2000).....	60
Preglednica 61: Sestava strehe (2000).....	61

Preglednica 62: Tla na terenu (2000).....	61
Preglednica 63: Energijska bilanca stavbe (2000).....	62
Preglednica 64: Lokacija, vrsta in namen stavbe (2010).....	65
Preglednica 65: Geometrijske karakteristike stavbe (2010).....	66
Preglednica 66: Zunanja stena (2010).....	66
Preglednica 67: Zunanja stena proti neogrevanemu podstrešju (2010) .....	67
Preglednica 68: Sestava strehe (2010) .....	67
Preglednica 69: Strop proti neogrevanemu podstrešju (2010).....	68
Preglednica 70: Tla na terenu (2010).....	68
Preglednica 71: Energijska bilanca stavbe (2010).....	69

**KAZALO GRAFIKONOV**

Grafikon 1: primerjava dovoljenih $H_T'$ z izračunanimi vrednostmi vseh objektov .....	72
Grafikon 2: specifična letna potrebna toplota za ogrevanje objektov .....	74

## KAZALO SLIK

Slika 1: postopek izračuna po SIST EN ISO 13790 in povezava z drugimi parametri.....	7
Slika 2: merjena energetska izkaznica .....	9
Slika 3: Tloris kleti (1920) .....	18
Slika 4: Prečni prerez (1920).....	18
Slika 5: Prečni prerez (1928).....	23
Slika 6: Tloris nadstropja (1928).....	23
Slika 7: Prečni prerez (1944).....	29
Slika 8: Tloris pritličja (1944).....	29
Slika 9: Prečni prerez (1950).....	34
Slika 10: Tloris nadstropja (1950).....	35
Slika 11: Tloris pritličja (1960).....	41
Slika 12: Prečni prerez (1972).....	46
Slika 13: Tloris pritličja (1972).....	47
Slika 14: Prečni prerez (1985).....	53
Slika 15: Tloris nadstropja (1985).....	53
Slika 16: Prečni prerez (2000).....	59
Slika 17: Tloris pritličja (2000).....	59
Slika 18: Prečni prerez (2010).....	64
Slika 19: Tloris pritličja (2010).....	65

## 1. UVOD

Človeštvo doživlja od časa industrijske revolucije skokovit razvoj. Takrat je začela poraba energije in drugih virov izrazito naraščati. Stroškovno ugodna energija se je zdela samoumevna, hiter tehnološki napredek pa nam ni dovoljeval razmišljati o omejenosti razpoložljivih virov. Kot posledica nerazumnega ravnanja z neobnovljivimi viri se je sčasoma pojavila zaskrbljenost o razpoložljivih količinah le-teh. Poleg tega se v zadnjih desetletjih pojavljajo številna vprašanja kako zmanjšati vplive in obremenitve na okolje. Zavedati se je potrebno dejstva, da določene dejavnosti največ prispevajo k trošenju energije in posledično k obremenjevanju okolja. Ena od teh je, poleg industrije in transporta, tudi gradbeništvo. Potrebe v gradbeništvo predstavljajo kar 40% vseh potreb po surovinah, po sklenjenem proizvodno-potrošniškem ciklusu predstavljajo gradbeni odpadki 40% vseh odpadkov in za ogrevanje stavb potrebujemo kar 40% celotne energije. [1]

Stavbe so torej velik potrošnik energije, kar velja tako v svetovnem smislu, kot na ravni Evropske Unije. Ravno zaradi tega je izboljšanje energetske učinkovitosti stavb ključnega pomena. Energetska učinkovitost postaja vse bolj okoljsko potrebna in donosna investicija, stavbe obstoječega starega stavbnega fonda pa v tem smislu nosijo v sebi največji potencial. Načela energetske varčnosti je prevzela tudi slovenska zakonodaja, ki je izjemno zaostрила zahteve po toplotni izolativnosti in učinkoviti trajnostni rabi energije. Prekomerno trošijo energijo za ogrevanje predvsem starejše stavbe, ki so zaradi neustreznih materialov, ali bolje rečeno, napačne sestave konstrukcijskih sklopov najbolj potratne. Prenova starejših in neustrezno grajenih objektov je glede na današnje zahteve postala nujnost. Dokazano je, da je z ekonomsko upravičenimi ukrepi samo pri obstoječih stavbah možno prihraniti približno 22% energije. [2]

Ravno zaradi tega želim v svoji diplomski nalogi izvesti analizo potrebne energije za ogrevanje eno ali dvodružinskih stanovanjskih stavb. Namen je vzpostaviti zgodovinski pregled stavb, ki so bile zgrajene v različnih časovnih obdobjih upoštevajoč takratno stanje gradbene tehnike in razvoj različnih gradbenih materialov. Najstarejši objekt, ki je vključen v analizo sega v dvajseta leta prejšnjega stoletja. Zadnji stanovanjski objekt pa sega v leto 2010 in bi potemtakem moral izpolnjevati vse zahteve po energetske učinkovitosti. Kot bomo videli v nadaljevanju pa omenjeni objekt ne izpolnjuje bistvenih zahtev novega PURES-a, saj je bil dokončan pred njegovim sprejetjem. Potrebno je še povedati, da sem pri objektih, ki so vključeni v analizo nekatere konstrukcije oziroma sestave konstrukcijskih sklopov povzel iz projektne dokumentacije pri drugih pa (predvsem starejših stavbah, pred letom 1950) po dogovoru z mentorjema .

Kaj hitro lahko ugotovimo, da je energetska učinkovitost stavb močno povezana z določenimi dejavniki kot so velikost stavbe, oblika stavbe in ne nazadnje tudi tip (tukaj mislim predvsem na način uporabe) in starost stavbe. V svoji diplomski nalogi leži velik poudarek prav na starosti stavbe. Vse

stavbe, ki so vključene v analizo so namreč podobnih velikosti in oblik, zgrajene pa so bile v različnih obdobjih.

## 1.1 Namen diplomske naloge

Namen diplomske naloge je vzpostavitev nekakšne preglednice, ki bi združevala objekte enake tipologije iz katere bi bila razvidna potreba po energiji za ogrevanje. V analizo je vključenih devet primerov stanovanjskih hiš pri katerih so izračunani glavni kazalci rabe energije za ogrevanje. Eden od pomembnejših kazalcev je letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe (7. člen pravilnika o toplotni zaščiti – PURES 2010, Ur.l. RS, št. 52/2010) [4] glede na enoto ogrevane površine stavbe, na katerem sloni tudi energetska izkaznica stavbe. Primerjava letne potrebne toplote za ogrevanje pa ne bi bila korektna, če bi ocenjevali stavbe različnih funkcij oziroma različnih načinov uporabe, različnih velikosti in arhitekturnih zasnov. Zato smo se omejili le na primerjavo že omenjenih eno ali dvostanovanjskih hiš, ki sicer spadajo v različna časovna obdobja, vendar so si pa tipološko gledano zelo podobna. S tem bom skušal na praktičnih primerih prikazati kako je napredek in razvoj toplotno izolacijskih materialov vplival na zmanjševanje potrebe po energiji za ogrevanje v stavbah oziroma kako je spremenjena sestava konstrukcijskih sklopov vplivala na toplotno bilanco stavb v obdobju zadnjih stotih let.

## 1.2 Struktura diplomske naloge

Na začetku diplomskega dela so obravnavani pomembni predpisi in tehnične zahteve, ki se nanašajo na toplotno zaščito in učinkovito rabo energije v stavbah. Na kratko so opisani pomembnejši predpisi (zakoni, direktive), tako na ravni Evropskega sveta, kot tudi na nacionalni ravni. V nadaljevanju sta opisana oba računalniška programa (TEDI in TOST). Programa delujeta tako, da nam preko podatkov o stavbi (geometrija, meteorološki pogoji za obravnavan objekt, sestave konstrukcijskih sklopov), podata izračun, ki je potreben za toplotno bilanco stavbe. Drugače povedano, program nam poda izračun, ki je potreben za končno poročilo oziroma za dokaz o ustreznosti toplotne zaščite stavbe (v skladu s Pravilnikom o učinkoviti rabi energije v stavbah (Ur. l. RS, št. 52/2010)). V tretjem delu diplomskega dela sledi analiza devetih stanovanjskih (eno in dvodružinskih) hiš. Pri vsakem analiziranem objektu je predstavljeno njegovo izhodiščno stanje (ogrevana prostornina, uporabna površina, faktor oblike stavbe,...). Sledi prikaz sestave konstrukcijskih sklopov zunanega ovoja objekta, medetažnih konstrukcij, notranjih sten (na katerih sloni največji poudarek analiz), rezultati

izračuna ter kratki komentarji. V zaključnem delu naloge pa sledi primerjava analiziranih stavb. Prikazani so glavni kazalci rabe energije za ogrevanje v stavbi. To so tako imenovani U-faktorji, koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub –  $H_T'$ , letna potrebna toplota za ogrevanje –  $Q_H$  in najpomembnejši kazalnik energijske učinkovitosti stavbe, specifična letna potrebna toplota za ogrevanje –  $Q_H/A_U$ .

## **2. ZAKONODAJA, POVEZANA S TOPLOTNO UČINKOVITOSTJO IN PRAVILNO RABO ENERGIJE V STAVBAH**

### **2.1 Direktiva EU o gradbenih proizvodih**

Evropska unija sicer nima specifičnih zahtev glede energetske učinkovitosti stavb na posameznih geografskih območjih Evropske unije, vendar pa preko Direktive o gradbenih proizvodih (Ur. l. EU, št. 305/2011, v nadaljevanju CPD) [6], katere glavni cilj je vzpostaviti neoviran pretok gradbenih proizvodov, vpliva na način izražanja zahtev v nacionalnih predpisih. Direktiva CPD navaja šest bistvenih zahtev, ki jih mora stavba, v katero so trajno vgrajeni gradbeni proizvodi, izpolnjevati v življenjski dobi. Pripadajoči razlagalni dokumenti k bistvenim zahtevam podrobneje pojasnjujejo, kako naj bodo izraženi kriteriji za izpolnjevanje posamezne bistvene zahteve, kar daje tudi podrobnejšo podlago za oblikovanje nacionalnega tehničnega predpisa na določenem področju.

Pri direktivi o gradbenih proizvodih sta za področje energetske učinkovitosti ključnega pomena zlasti dva razlagalna dokumenta, in sicer šesti (Gospodarno ravnanje z energijo in zadrževanje toplote) in tretji (Higiena, zdravje in okolje, ki zajema tudi področje vlage v stavbah).

Ker je Republika Slovenija članica Evropske Unije, imamo tudi na tem področju skupno evropsko politiko in določila. Tako smo, zakonodajno gledano, vezani slediti dogovorjenim in predpisanim direktivam evropskega sveta. Glavni zakonodajni dokument Evropske unije za področje učinkovite rabe energije v stavbah je bila direktiva o energetske učinkovitosti stavb (2002/91/ES) [5], sprejeta leta 2002. Rok za prenos zahtev direktive v pravni red držav članic je bil 4.1.2006, vendar je zaradi počasnega prenosa v nacionalne zakone v državah članicah ta rok bil podaljšan še za tri leta, in sicer do 4.1.2009.

Cilj sprejema direktive o energetske učinkovitosti stavb je bil doseganje Kyotskega protokola [7] v katerem se je Evropska unija zavezala, da bo zmanjšala izpuste toplogrednih plinov za 8% do leta 2010, glede na izhodiščno leto 1990. Direktiva predvideva tudi vzpostavitev standardov s katerimi bi

uredili področje izračuna celovite energetske učinkovitosti stavb po točno določeni metodologiji, določitev minimalnih zahtev glede energetske učinkovitosti novih stavb in večjih prenov ter energetske certificiranje stavb.

## 2.2 Prenovljena direktiva o energetske učinkovitosti stavb (2010/31/EU)

V letu 2010 pa je Evropski parlament in Svet sprejel prenovljeno direktivo o energetske učinkovitosti stavb, in sicer direktivo 31/2010/EU (v nadaljevanju EPBD-recast) [8], ki so jo države članice morale implementirati v svoj pravni red najkasneje do 20. junija 2010. Namen prenovitve je okrepiti zahteve glede energetske učinkovitosti ter razjasnitev in poenostavitev nekaterih zahtev. Direktiva EPBD-recast od držav članic zahteva uporabo minimalnih zahtev glede energetske učinkovitosti novih in obstoječih stavb, zagotovitev potrditve njihove energetske učinkovitosti in zagotavljanje rednih pregledov kotlov in klimatskih sistemov v stavbah. Uvaja tudi energetske izkaznice objekta. Direktiva EPBD-recast predstavlja glavne smernice in minimalne zahteve o učinkoviti rabi energije v stavbah, države članice pa so obvezane k prenosu zahtev direktive v svojo zakonodajo.

S prenovljeno direktivo EPBD-recast želi Evropska unija prispevati svoj delež pri zmanjšanju klimatskih sprememb ter ob enem povečati svojo konkurenčnost v globalnem svetu. Vzrok za prenovu direktive iz leta 2002 je bil v neučinkovitosti sprejemanja le-te, saj kljub dodatnim trem letom podaljšane roka, države članice v večini niso uspele implementirati sistema v svojo zakonodajo. Drugi vzrok je bil v ne povsem jasno določenih metodah glede izračunavanja energijskih lastnosti stavb. S tem so z različnimi modeli izračunov podajali različne vrednosti kar je onemogočilo medsebojno primerjavo stavb. Nova direktiva določa, da je potrebno zmanjšati porabo energije v stavbah, zmanjšati izpuste CO<sub>2</sub>, vpeljati mednarodno primerljive modele in povečati količino energije pridobljene iz obnovljivih virov energije. Takšna uvedba bi povečala zanesljivost oskrbe z energijo, povečala zaposlenost ter spodbudila tehnološki razvoj, predvsem na področju obnovljivih virov energije. V Sloveniji je za prenos prenovljene direktive v slovenski pravni red zadolženo ministrstvo za gospodarstvo.

Direktivo EPBD smo v slovensko zakonodajo prenesli z:

- Zakonom o graditvi objektov[9], ki je v naš pravni red prenesel tisti del direktive, ki se nanaša na metodologijo izračunavanja in minimalne zahteve glede energetske učinkovitosti stavb



- Pravilnikom o učinkoviti rabi energije v stavbah [4 ], ki močno zaostruje pogoje energetske učinkovitosti v stavbah
- Pravilnikom o metodologiji izdelave in izdaje energetskih izkaznic stavb [10], ki določa kako mara biti energetska izkaznica izdelana
- Energetskim zakonom, ki predpisuje študijo izvedljivosti, energetske certificiranje stavb, preglede klimatskih sistemov in neodvisne strokovnjake za delo na področju energetske učinkovitosti stavb

### **2.3 Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010)**

*»Ta pravilnik določa tehnične zahteve, ki morajo biti izpolnjene za učinkovito rabo energije v stavbah in na področju toplotne zaščite, ogrevanja, hlajenja, prezračevanja ali njihove kombinacije, priprave tople vode in razsvetljave v stavbah, zagotavljanja lastnih obnovljivih virov energije za delovanje sistemov v stavbi ter metodologijo za izračun energetskih lastnosti stavbe v skladu z Direktivo 31/2010/EU evropskega parlamenta in sveta z dne 19. maja 2010 o energetski učinkovitosti stavb.«*  
(Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah, Uradni list RS, št. 52/2010, 30.6.2010)

Pravilnik o učinkoviti rabi energije (PURES 2010) [4] je nadomestil obstoječ pravilnik o učinkoviti rabi energije, ki je bil sprejet leta 2008. Vzrok za spremembo pravilnika iz leta 2008 je prenovljena direktiva EPBD, ki je bila sprejeta 19. maja 2010 in objavljena v Evropskem uradnem listu kot Direktiva 2010/31/EU. Slovenija se je zavedala, da bo, kot polnopravna članica Evropske unije, primorana sprejeti v svojo nacionalno zakonodajo standarde, ki veljajo v EU. S tem je morala sprejeti tudi spremembe, ki jih je prinašala Direktiva 2010/31/EU. Slednja vsebinsko pokriva oblikovanje računске metodologije za določanje energijskih lastnosti stavb, postavitev minimalnih zahtev za novogradnje in minimalnih zahtev za učinkovito rabo energije pri večjih prenovah stavb. Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah določa tehnične zahteve na področju toplotne zaščite, ogrevanja, hlajenja, prezračevanja in njihove kombinacije, priprave tople vode in razsvetljave.

Bistvena prednost novega pravilnika je, da uvaja enotno metodologijo za račun rabe energije za dokazovanje minimalnih zahtev in za energijsko izkaznico stavbe. Vsekakor pa velja omeniti, da bo načrtovana energijska učinkovitost stavbe zaživela v praksi le, če bo poleg določil iz pravilnika PURES 2010 vzpostavljeno tudi zagotavljanje tehnične kakovosti stavbe in njeno redno vzdrževanje.

## 2.4 Tehnična smernica TSG-1-004:2010; učinkovita raba energije

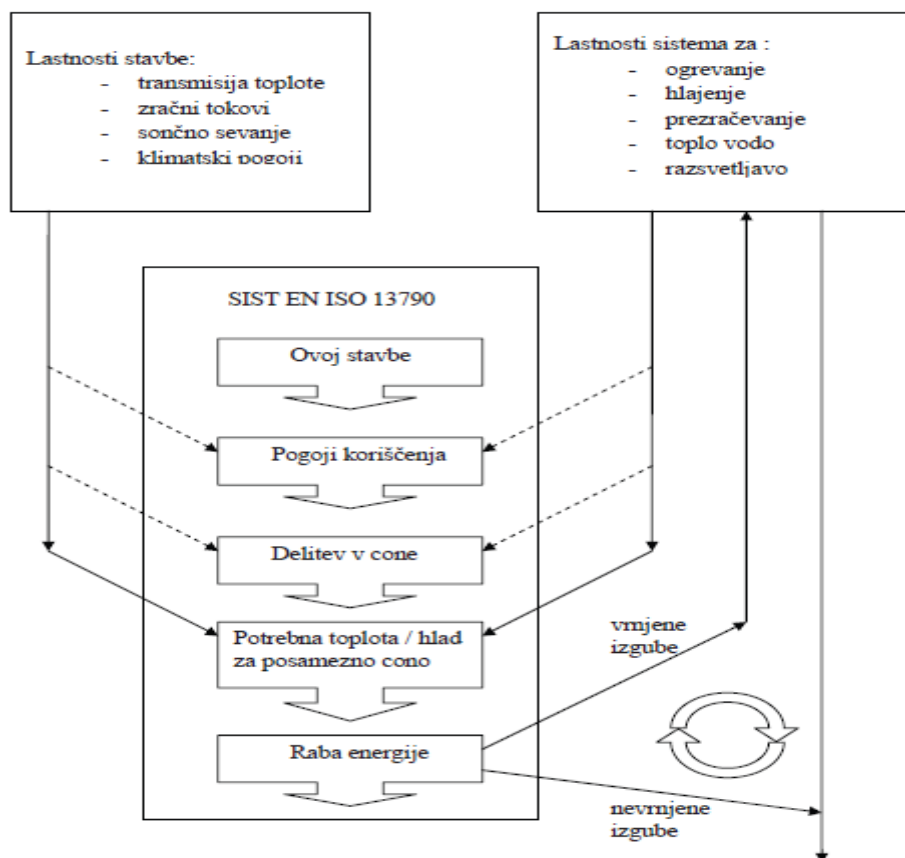
Tehnična smernica TSG-1-004 (Tehnična smernica za graditev, TSG-1-004:2010 *Učinkovita raba energije*, v nadaljevanju Tehnična smernica) [11] določa metodologijo izračuna energijskih lastnosti stavb. Določa tudi gradbene ukrepe in rešitve, ki zagotavljajo izpolnjevanje zahtev podanih v Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010).

Za zagotavljanje učinkovite rabe energije v stavbah, Tehnična smernica, na področju toplotne zaščite določa maksimalne dovoljene toplotne prehodnosti posameznih gradbenih elementov oziroma konstrukcijskih sklopov (tako imenovane U-faktorje). Stavbe morajo biti grajene tako, da ne presegajo najvišjih vrednosti določenih v Tehnični smernici.

Drugi pomemben parameter glede toplotne učinkovitosti, ki ga stavba ne sme preseči so največje dovoljene specifične transmisijske toplotne izgube stavbe ( $H_T$ ). To so izgube, ki nastajajo zaradi prehoda toplote skozi ovoj stavbe in predstavljajo povprečno vrednost toplotne prehodnosti skozi elemente konstrukcije.

Tretji parameter je največja letna dovoljena specifična potrebna toplota za ogrevanje stavbe. Glede na njegovo vrednost uvrščamo stavbe v različne kategorije (običajne stavbe, nizkoenergijske, skoraj nič energijske hiše,...) oziroma posamezne energijske razrede. V grobem gre za izračun letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe  $Q_{NH}$  preračunano na enoto uporabne površine  $A_U$  (za stanovanjske stavbe) oziroma prostornine  $V_e$  (za nestanovanjske in javne stavbe). Potek izračuna za potrebno toploto za ogrevanje stavbe je določen v standardu SIST EN ISO 13790.

V grobem bi lahko rekli, da je pri izračunu letne potrebne specifične energije za ogrevanje stavbe potrebno upoštevati izgube (transmisijske, ventilacijske), kot tudi dobitke (solarne, notranje). Tako lahko na podlagi toplotne bilance ugotovimo koliko energije je potrebno za ogrevanje stavbe na želeno notranjo temperaturo. K temu pa je potrebno upoštevati tudi energijo s katero se proizvede potreben hlad za hlajenje ter energijo, ki je potrebna za pripravo tople vode, razsvetljava in prezračevanje (a le v primeru, ko imamo v stavbi mehansko prezračevanje). Vsi naštetih dejavniki se na koncu upoštevajo pri izračunu potrebne specifične letne primarne energije za normalno obratovanje stavbe.



Slika 1:postopek izračuna po SIST EN ISO 13790 in povezava z drugimi parametri

## 2.5 Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb

Energetska izkaznica stavbe je dokument, ki podaja najpomembnejše kazalce rabe energije v stavbi in stavbo razvršča v enega od razredov rabe energije. Pri navajanju vrednosti kazalcev rabe energije so upoštevani vsi zgoraj omenjeni dejavniki, ki vplivajo na račun potrebne energije za normalno obratovanje stavbe.

Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaje energetskih izkaznic (Ur. l. RS, št. 77/2009) [10] določa podrobnejšo vsebino in obliko energetskih izkaznic. V pravilniku je podana tudi metodologija za izdajo ter vsebina energetske izkaznice. Pravilnik navaja tudi vrsto stavb za katere velja obveznost namestitve energetske izkaznice (v skladu s 7. členom Direktive 2002/91/ES).

Glede na vrsto, namen in čas gradnje objekta se izdelujeta dve vrsti izkaznic:

*Računska energetska izkaznica*, ki je določena na podlagi izračunanih energijskih kazalnikov rabe energije v stavbi (izračunani po standardu SIST EN SIO 13790). Izdaje se za vse novogradnje, celovite obnove objektov in obstoječe stanovanjske stavbe. Energijski kazalci so:

- letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe na enoto uporabne površine stavbe [kWh/m<sup>2</sup>a]
- letna dovedena energija za delovanje stavbe na enoto uporabne površine stavbe [kWh/m<sup>2</sup>a]
- letne emisije CO<sub>2</sub> zaradi delovanja stavbe na enoto uporabne površine

Pri računski energetske izkaznici se stavba uvrsti glede na letno potrebno toploto za ogrevanje na enoto uporabne površine stavbe  $Q_{NH} / A_U$  v naslednje razrede:

Preglednica 1: Energijski razredi

RAZRED	od [kWh/m <sup>2</sup> a]	do vključno [kWh/m <sup>2</sup> a]
A1	0	10
A2	10	15
B1	15	25
B2	25	35
C	35	60
D	60	105
E	105	150
F	150	210
G	210	300 in več

*Merjena energetska izkaznica*, ki se določi na podlagi meritev rabe energije in se izdaja za obstoječe nestanovanjske stavbe. Pri merjeni energetske izkaznici se energijski kazalniki ne razvrščajo v razrede, ampak se prikažejo na barvnem poltraku za porabo energije oziroma emisij CO<sub>2</sub>. Energijski kazalniki pri merjeni energetske izkaznici so:

- letna dovedena energija, namenjena pretvorbi v toploto na enoto uporabne površine stavbe [kWh/m<sup>2</sup>a]

- letna poraba električne energije zaradi delovanja stavbe na enoto uporabne površine stavbe [kWh/m<sup>2</sup>a]
- letne emisije CO<sub>2</sub> zaradi delovanja stavbe na enoto uporabne površine

**ENERGETSKA IZKAZNICA STAVBE** 1/3

Št. izkaznice: ..... Velja do: ..... **Nestanovajska stavba**

**Podatki o stavbi** **Vrsta izkaznice: meritev**

Identifikacijska številka stavbe v katastru stavb: .....  
Identifikacijska številka posameznega dela ali delov stavbe: .....


Klasifikacija stavbe: .....  
Leto izgradnje: .....  
Naslov stavbe: .....  
(ulica in h. š., kraj): .....  
Katastrska občina: .....  
Parcelna št.: .....  
Koordinati: .....

FOTOGRAFIJA  
STAVBE  
(neobvezna)

---

**Končna energija, namenjena pretvorbi v toploto [kWh/m<sup>2</sup>a]**

XX kWh/m<sup>2</sup>a




50 100 150 200 250 300 350 400 450 500 +

---

**Električna energija [kWh/m<sup>2</sup>a]**

XX kWh/m<sup>2</sup>a




50 100 150 200 250 300 350 400 450 500 +

---

**Skupna emisija CO<sub>2</sub> [kg/m<sup>2</sup>a]**

XX kg/m<sup>2</sup>a



25 50 75 100 125 150 175 +

Skupne emisije so določene na podlagi razlike med dovajeno in odvedeno primarno energijo.

---

Izdajatelj	Izdelovalec
Naziv: .....	Ime in priimek: .....
Številka pooblastila: .....	Številka in datum licence: .....
Ime in priimek ter podpis odgovorne osebe: .....	Podpis ali elektronski podpis: .....
<small>Opција: elektronski podpis</small>	<small>Opција: elektronski podpis</small>
Datum izdaje energetske izkaznice: .....	<small>Izdelovalec te energetske izkaznice s svojim podpisom potrjuje, da ne obstaja kakšna odstopanja iz vsebine odstavka 69. člena Energetskega zakona (Z.E.1) in da ni bil preprečeval izdajanja energetske izkaznice.</small>

Energetska izkaznica stavbe je izdana v skladu s Pravilnikom o metodologiji izdelave in izdaj energetske izkaznice stavb, z Energetskim zakonom (Z.E.1 RS) ter v skladu z Direktivo 2002/91/ES o energetski učinkovitosti stavb (Z.E.1.1.1.1 z dne 4.1.2003).

Slika 2:Merjena energetska izkaznica, 1. stran

Energetska izkaznica je predvsem promocijski instrument, ki naj bi v skladu z energetske zakonodaje spodbudil k nakupu, najemu ali izgradnji energetske učinkovitejših stavb. V energetske izkaznici so torej poleg podatkov o konkretni stavbi navedene tudi referenčne vrednosti energetske učinkovitosti iz veljavne zakonodaje, tako da lahko preverimo skladnost z veljavnimi predpisi. Kot napotek pri obnovi stavbe bodo novim lastnikom objekta v korist tudi priporočila za stroškovno učinkovite izboljšave energetske učinkovitosti(7. člen Ur.l. RS, št. 77/2009), ki morajo biti priložena energetske izkaznici, niso pa potrebna v primeru novozgrajenih stavb ali oddaje v najem [5].

### 3. PRISTOPI K IZRAČUNU ENERGETSKE UČINKOVITOSTI OBJEKTA

Energetska učinkovitost stavbe je, zakonodajno gledano, dosežena z izpolnitvijo zahtev, ki jih določa novi Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010). Glavno merilo je letna poraba primarne energije, ki je potrebna za normalno obratovanje stavbe preračunano na kvadratni meter tlorisne uporabne površine (v diplomski nalogi sem računal le potrebno energijo za ogrevanje stavbe). Stavba je že po definiciji objekt, ki človeka varuje pred zunanji vplivi in mu zagotavlja konstantno ugodno bivalno okolje, ne glede na spreminjajoče se zunanje pogoje. Zunaj stavbe imamo geografsko in časovno odvisno robne pogoje, znotraj stavbe pa je potrebno vzdrževati zelene bivalne pogoje. Meja med zunanjim in notranjim okoljem je stavbni ovoj, kateremu je v diplomski nalogi posvečena največja pozornost. Kot stavbni ovoj v sklopu energetske analize razumemo konstrukcijske sklope, ki obdajajo ogrevani del objekta. Iz tega so lahko izvzeti prostori neogrevanih kleti, garaž in podstrešij. Prostori z enako temperaturo lahko predstavljajo eno temperaturno cono, katerih pa je lahko v stavbi več.

Načini in različni pristopi k preračunu energetske izkaznice stavbe so tisto kar me je spodbudilo k izdelavi te diplomske naloge. V teoriji in tudi po Pravilniku PURES 2010 je stvar jasno začrtana. V praksi oziroma na konkretnem objektu pa seveda ne bomo računali vsega »pešč«. Obstajajo namreč različni računalniški programi, ki omogočajo energetske preračune objektov. Ti se razlikujejo med seboj tako po načinu uporabe kot samemu namenu njihove uporabe. V svoji diplomski nalogi sem za energetske preračune objekta uporabil računalniška programa TEDI in TOST (oba zasnovana na podlagi trenutne veljavne zakonodaje na področju energetske učinkovitosti stavb), katerih predstavitev sledi v nadaljevanju.

#### 3.1 Vplivi na rabo energije v stavbah

Največji poudarek leži na stavbnem ovoju med notranjim okoljem in okolico oziroma neogrevanimi prostori (na primer podstrešja, stopnišča, neogrevane kleti in garaže). Na toplotni tok, ki prehaja skozi ovoj stavbe vplivajo poleg toplotnih prehodnosti konstrukcijskih sklopov tudi njihova površina in oblika stavbe, lokacija in starost. Zato je povprečna toplotna prehodnost ovoja stavbe (v nadaljevanju koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub  $H_T$ ) eden od ključnih kazalnikov toplotnih lastnosti stavbe, njena vrednost pa je omejena z najvišjo dovoljeno vrednostjo. Pri analizah obravnavanih stavb smo upoštevali U-faktorje, ki smo jih izračunali glede na projektirane oziroma izvedene konstrukcijske sklope.

### 3.1.1 Vplivi na rabo energije vezani na lokacijo stavbe

Lokacija objekta je pri energetske analizi stavbe zelo pomemben faktor, saj lahko vpliva na velika odstopanja pri izračunu energijskih kazalnikov. Vpliv podnebnih razmer oziroma lokacije objekta ovrednotimo z naslednjimi klimatskimi podatki:

- povprečna temperatura zunanjega zraka, ki se določi kot seštevek vseh povprečnih mesečnih temperatur deljeno s številom mesecev. Povprečna temperatura zunanjega zraka je za posamezno lokacijo (koordinate stavbe  $x$  in  $y$  določimo s pomočjo spletnega portala geodetske uprave RS) določena s karto letne povprečne temperature, dostopna na spletnem portalu RS – MOP
- temperaturni primanjkljaj (DD), ki ga določimo z zmnožkom števila dni, ko je potrebno stavbo ogrevati in razliko med notranjo temperaturo v stavbi in povprečno dnevno temperaturo okolice v obdobju ko stavbo ogrevamo (zelo pomembno je torej tudi trajanje ogrevalne sezone)

Sicer pa je potrebno povedati, da smo se z izbiro stavb omejili na bližnjo okolico Ljubljane in smo tako za vse stavbe vzeli enake vhodne klimatske podatke. Ti so prikazani v spodnji tabeli:

Preglednica 2: klimatski podatki uporabljeni pri računu energijskih kazalcev energije za ogrevanje v stavbah

Začetek kurilne sezone (dan)	Konec kurilne sezone (dan)	Temperaturni primanjkljaj	Projektna temperatura (°C)	Povprečna letna temperatura (°C)
270	135	3300	-13	9,6

### 3.1.2 Vplivi na rabo energije vezani na geometrijske karakteristike stavbe

Kot je bilo že navedeno je raba energije v veliki meri odvisna tudi od velikosti in oblike stavbe, ki se pri računu energetske učinkovitosti izražajo z naslednjimi parametri:

- neto ogrevana prostornina stavbe  $V_e$  [m<sup>3</sup>], ki je določena z upoštevanjem zunanjih dimenzij stavbe. Podati je potrebno zunanji volumen (bruto prostornino) preračunano z upoštevanjem zunanje površine stavbe oziroma površine skozi katero toplota prehaja v okolico
- uporabna površina stavbe  $A_U$  [m<sup>2</sup>], t.j. notranja tlorisna površina vseh ogrevanih prostorov stavbe

- faktor oblike stavbe  $f_o$ , ki predstavlja razmerje med zunanjo površino ovoja stavbe in njenim ogrevanim volumnom. Zavedati se moramo, da se največji delež toplote energije izgublja ravno skozi stavbi ovoju. Za zmanjšanje toplotnih izgub je torej pomembno, da je zunanjih površin glede na volumen objekta čim manj (nižji faktor oblike). Po drugi strani pa se moramo zavedati, da bomo z zmanjševanjem zunanjega ovoja zmanjšali tudi solarne dobitke zaradi sončnega sevanja.

#### 4 RAČUNALNIŠKA PROGRAMA TEDI IN TOST

V nadaljevanju diplomske naloge sledi kratka predstavitev računalniških programov s katerima sem izvedel energetska analizo devetih stanovanjskih objektov. Prvi program, TEDI (Predan, R., Krainer, A., Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente, Tedi, UL FGG), je program, ki služi računu toplotne prehodnosti, analizi toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne konstrukcijske sklope po Pravilniku o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah, SIST EN ISO 6946, SIST EN ISO 10211-1 in SIST 1025:2002 [15].

V računalniški program TEDI vnašamo podatke o sestavi konstrukcijskega sklopa. Program nam sproti preračunava toplotno prehodnost elementa in nas obvešča o njegovi ustreznosti (izpolnitev zahteve po minimalni toplotni prehodnosti, določeni v TSG-1-004).

Drugi računalniški program, TOST (katedra za stavbe in konstrukcijske elemente, TOST, UL FGG), pa izračuna podatke, ki so potrebni za končno poročilo (v skladu s prEN ISO 13790) oziroma dokaz o ustreznosti toplotne zaščite stavbe skladno s Pravilnikom o učinkoviti rabi energije v stavbah (Ur. l. RS, št. 52/2010) [16]. Program omogoča izračun porabe toplote za ogrevanje stanovanjskih in nestanovanjskih stavb po obeh metodah; mesečni in sezonski (v svoji diplomski nalogi sem uporabil sezonski način računa). Pri računu energetske učinkovitosti stavbe je potrebno objekt razdeliti na posamezne temperaturne cone. Temperaturna cona je območje v stavbi, ki je ogrevano na enako temperaturo. Te se pojavljajo zaradi drugačnih dejavnosti v stavbi, pri katerih so potrebne različne temperature. Znotraj ene temperaturne cone je lahko več prostorov, vendar mora biti temperaturna razlika med njimi manjša od 4 Kelvine.



#### 4.1 Definicija vhodnih podatkov

Oba računalniška programa od nas zahtevata določene vhodne podatke, ki bi jih, vsebinsko gledano, lahko razdelili na:

- geometrijske podatke (ogrevana prostornina  $V_e$ , uporabna površina  $A_U$ , površina zunanjega ovoja stavbe, površina netransparentnih delov ovoja)
- klimatski podatki (projektna temperatura, povprečna letna temperatura, letna sončna energija)
- gradbeno-fizikalni podatki (toplotna prevodnost materiala, debelina in gostota materiala, toplotna kapaciteta,..)

Glede samega vnosa posameznih vhodnih podatkov (v oba računalniška programa) je potrebno nekaj besed nameniti posameznim omejitvam. V uvodnem delu diplomske naloge smo namreč že povedali, da se vsi objekti, ki so zajeti v energetska analizo nahajajo v mestu Ljubljana oziroma v njenem bližnjem okolju. Končna, medsebojna primerjava rezultatov ne bi bila korektna, če bi bili analizirani objekti iz različnih predelov Slovenije. Ravno zaradi tega so vse vrednosti klimatskih podatkov omejene znotraj določenega intervala, ki veljajo eksplicitno za mesto Ljubljana: Te vrednosti se nanašajo na:

- projektno temperaturo (zunanja temperatura, ki jo je potrebno upoštevati pri načrtovanju ogrevalnega sistema)
- povprečno letno temperaturo zunanjega zraka
- temperaturni primanjkljaj
- trajanje ogrevalne sezone

Program na osnovi podanih koordinat X in Y, ki jih podamo za vsako stavbo, iz podatkovne baze izbere ustrezne klimatske podatke.

Tudi pri prezračevanju stavb smo poenotili izhodišča. Pri izračunu potrebne toplote za ogrevanje stavbe je potrebno upoštevati tudi urno izmenjavo notranjega zraka (preračunano na neto ogrevano prostornino) z zunanjim zrakom, ki po Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji stavb (Ur. l.RS, št. 42/2002) [14] znaša najmanj  $n = 0,5$ . V svoji analizi sem, zaradi lažje primerljivosti, pri vseh stanovanjskih stavbah upošteval naravno prezračevanje z urno izmenjavo zraka  $n = 0,9$ . Po drugi strani pa je potrebno omeniti, da smo s to predpostavko nekoliko zmanjšali pomen starosti same stavbe, kajti

tudi dotrajanost materialov in stavbnega pohištva vpliva na netesnost in nekontrolirano prezračevanje stavb, s tem pa tudi na toplotne izgube.

Ravno tako smo pri vseh stavbah upoštevali enako notranjo projektno temperaturo. To je temperatura, ki je predvidena v ogrevanih prostorih (znotraj posameznih temperaturnih con) in znaša pri vseh obravnavanih stavbah  $21^{\circ}\text{C}$ . Sicer pa tudi v splošnem velja, da naj bi notranja projektna temperatura za stavbe z urno izmenjavo zraka večjo kot  $0,7$  znašala najmanj  $22^{\circ}\text{C}$  [12].

Pri vsaki stavbi imamo tudi tako imenovane notranje dobitke toplote. Gre za toploto, ki jo oddajamo ljudje in razne naprave (svetila, električne naprave). Tudi ta količina je pri vsakem objektu poenotena. Njena vrednost je izražena kot  $5\text{W}/\text{m}^2$  neto tlorisne uporabne površine.

Pri ostalih podatkih, kot so geometrija stavbe, površine konstrukcijskih elementov in njihove fizikalne lastnosti (posledično tudi U vrednosti) pa smo upoštevali vrednosti pridobljene iz projektnih dokumentacij analiziranih objektov. Težava se je pojavila pri razbiranju sestave konstrukcijskih sklopov pri starejših objektih (od leta 1920 do 1960), pri katerih so bili načrti oziroma projekti narejeni brez teh detajlov. Pri le-teh smo sestavo konstrukcijskih sklopov prevzeli iz starejše literature oziroma sem jih določil po dogovoru z mentorjema.

Energetske analize objektov, ki smo jih izvedli v tej diplomski nalogi torej temeljijo na toplotnih izgubah skozi zunanji ovoj in izgubah proti neogrevanim conam stavbe. Kot smo lahko razbrali v uvodnem delu tega poglavja smo določene vhodne podatke »omejili«. To smo storili z namenom, da dobimo energetski pregled nad objekti, ki so bili grajeni v različnih časovnih obdobjih in pri tem izključimo dejavnike, ki bi lahko na določen način vplivali na izračun potrebne toplote za ogrevanje. Velika večina stanovanjskih stavb, predvsem starejših, ima namreč velik potencial za doseganje učinkovite rabe energije ravno v sanaciji zunanjega ovoja stavbe. Tukaj mislimo predvsem na primerno izolacijo zunanjega ovoja, izolacijo podstrešja, vgradnjo kvalitetnih oken in vrat ter zagotovitev primerne tesnjenja stavbe. Z enotnimi predpostavkami (lokacija, prezračevanje, notranji pritoki) smo želeli doseči, da nam bo energetska analiza pokazala kako je razvoj gradbenih materialov in napredna tehnika v gradbeništvu vplivala na vedno nižjo potrebo po toploti za ogrevanje stavb.

## **5 IZHODIŠČA PRI PRIPRAVI ENERGETSKE ANALIZE STANOVANJSKIH STAVB**

Stanovanjske stavbe iz različnih obdobj so drugače grajene in nimajo enakih energetskih izhodišč (ene so bolj izolirane od drugih, imajo višjo toplotno kapaciteto, itn), zato je tudi poraba energije oziroma toplote za ogrevanje različna. V večini primerov je, glede na stavbno geometrijo (ogrevana

prostornina) krepko previsoka oziroma bistveno višja kot zahteva novi PURES 2010. To velja še posebej za starejše stavbe, ki so slabše toplotno izolirane in imajo nezrakotesen stavbni ovoj. Poleg tega pa se je pri starejših stavbah nekaterim elementom ovoja stavbe življenjska doba že iztekla (kar pomeni, da bi nekateri parametri lahko bili celo slabši).

Transmisijske toplotne izgube, ki so odvisne predvsem od toplotne prehodnosti stavbnega ovoja in njegove površine, predstavljajo v večini primerov največji delež toplotnih izgub. Dodatno se toplota izgublja z ventilacijskimi izgubami, vendar so le-te odvisne od prezračevanja. Tako lahko v primeru prekomernega prezračevanja porabimo bistveno več energije za ogrevanje. Kot zadnji argument, na podlagi katerega sem se odločil za tak način računa potrebne toplote za ogrevanje stavbe pa je vedno večji poudarek na razvoju materialov in gradbenih tehnik. Gradbene konstrukcije so se v zadnjih nekaj desetletjih kar nekajkrat stanjšale. S skoraj meter debelih kamnitih ali opečnih sten smo prešli na nekaj centimetrov debele betonske konstrukcije, kar je nezadržno vodilo k vedno večji rabi energije za ogrevanje stavb. Poiskati je bilo potrebno »kompromis« med enim in drugim. Danes smo priča gradnji stavb z relativno debelimi zunanji stenami v manj masivni, večplastni izvedbi. Material, ki opravlja nosilno funkcijo je obdan z sekundarnimi plastmi, ki zmanjšujejo toplotno prehodnost in s tem pripomorejo k manjši potrebi po dodatni toploti za ogrevanje. Zavedati se je potrebno, da imamo v Sloveniji velik del starejšega stavbnega fonda pri katerem je poraba energije za ogrevanje bistveno previsoka. Samo s sanacijo stavbnega ovoja pa se na energijski bilanci stavbe lahko stori veliko.

Stanovanjske stavbe, ki so vključene v primerjalno analizo glede potrebne toplote za ogrevanje so, kot je bilo že v naslovu diplomske naloge povedano, razporejene glede na starost oziroma leto izgradnje. Prva stavba, ki je vključena v energetska analizo sega v dvajseta leta prejšnjega stoletja. Ostale stavbe ji sledijo v razmaku približno desetih let. Za takšen izbor objektov sem se odločil, ker želim pokazati kako so nekateri dejavniki posredno vplivali na način gradnje in s tem na doseganje vedno večje energetske učinkovitosti. Eden od takih dejavnikov je razvoj gradbenih tehnik, še pomembneje pa razvoj novih toplotno izolacijskih materialov, ki so ključnega pomena pri zmanjševanju toplotne prehodnosti konstrukcijskih sklopov.

Stanovanjske zgradbe zgrajene pred letom 1940 so običajno grajene v masivni izvedbi in imajo debele mešano kamnito-opečne zidove debeline od 40cm pa vse tja do 70cm, brez toplotne izolacije. Funkcijo toplotnega izolatorja so opravljali debeli zidovi, ki so z debelino ter njihovo toplotno kapaciteto ustvarili podoben učinek. Te stavbe imajo razmeroma veliko etažno višino kar je privedlo do večjih prostornin, posledično pa k izdatnejši potrebi po toploti. Tudi kasneje, med letoma 1940 in 1960, so se stavbe gradile na podoben način kot tiste pred letom 1940. Razlogi so bili predvsem v varčevanju oziroma pomanjkanju gradbenih materialov. Stene zgradb, zidanih v tem obdobju, so se sicer stanjšale na debelino okoli štirideset centimetrov, vendar še vedno brez dodane toplotne izolacije. Večina stavb je grajenih s polno opeko, kasneje pa se je kot gradbeni material začel pojavljati tudi liti beton, zidaki

iz žlindre in elektrofiltrskega pepela. Škatlasta okna so nadomestila vezana okna, katerih toplotna prehodnost je bila (glede na zahteve današnjih pravilnikov) še zmeraj previsoka. Ta so ostala v uporabi do približno 1975-1980 dokler se na tržišču niso pojavila nova okna, izboljšana »izolacijska okna« ali tako imenovani »termopan«.

Zgodnja osemdeseta leta so s seboj prinesla obdobje intenzivnejše gradnje tako stanovanjskih stavb, kot tudi blokov in stolpnic. Težava tega obdobja je bila v tem, da se je velik delež teh stanovanjskih stavb gradila v »lastni režiji« kar je privedlo do (pre)pogoste nedoslednosti, kot posledica tega pa do napak pri gradnji (linijski toplotni mostovi). Aplikacija debeloslojnih toplotnih izolacij je bila prej izjema kot vsakodnevna praksa. Kot material za toplotno izolacijo sta se pogosto uporabljala celičasti beton (all round material) in porolit oziroma polistiren debeline od 5 do 8 centimetrov. Šele proti koncu devetdesetih let, je gradnja stanovanjskih stavb postala bolj nadzorovana (tudi zaradi vedno strožjih zahtev glede toplotne učinkovitosti). Povečal se je delež stavb zidanih iz opeke, toplotna izolacija pa je bila aplicirana na vseh konstrukcijskih sklopih. Stara, energetska potratna, škatlasta okna niso bila več v uporabi, saj so jih zamenjala okna iz lesa, aluminija ali umetnih mas. Prevladovala je dvojna izolacijska zasteklitev, kasneje pa so se uveljavila energetska učinkovitejša okna s stekli z nizko emisijskimi nanosi in polnitvijo medprostora z Argonom.

K velikemu napredku v smislu doseganja predpisane energetske učinkovitosti stavb je za seboj prinesla tudi zakonodaja. Prvi predpisi o toplotni zaščiti v gradbeništvu, veljavni na območju Slovenije, so bili izdani leta 1970 (pravilnik o tehničnih ukrepih in pogojih za toplotno zaščito stavb zapisani v uradnem listu SFRJ 35/70). Pravilniku je sledila še vrsta drugih, ki so predpisovali predvsem največje dovoljene toplotne prehodnosti posameznih konstrukcijskih sklopov, ki so s časom postajale vedno strožje. Slovenija je naredila velik korak glede energetske učinkovitosti stavb s sprejetjem novega Pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010), ki je nastal na podlagi Direktive EPBD. Pravilnik, ki poleg tega, da predpisuje maksimalne dovoljene toplotne prehodnosti konstrukcijskih sklopov, zahteva tudi izdajanje energijskih izkaznic. Sicer pa je področje energetskih izkaznic pokrito z drugim pravilnikom in sicer s Pravilnikom o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb. Energetska izkaznica ima promocijski značaj s katerim nam sporoča potrebno energijo za normalno obratovanje stavbe (toplota za ogrevanje, energija za razsvetlavo, prezračevanje,...). Kot napotek pri obnovi stavbe bodo lastnikom stavbe v korist vsa priporočila za stroškovno učinkovite izboljšave energetske učinkovitosti, ki morajo biti priložena v energetski izkaznici.

## **6 IZRAČUN POTREBNE TOPLOTE ZA OGREVANJE STANOVANJSKIH STAVB**

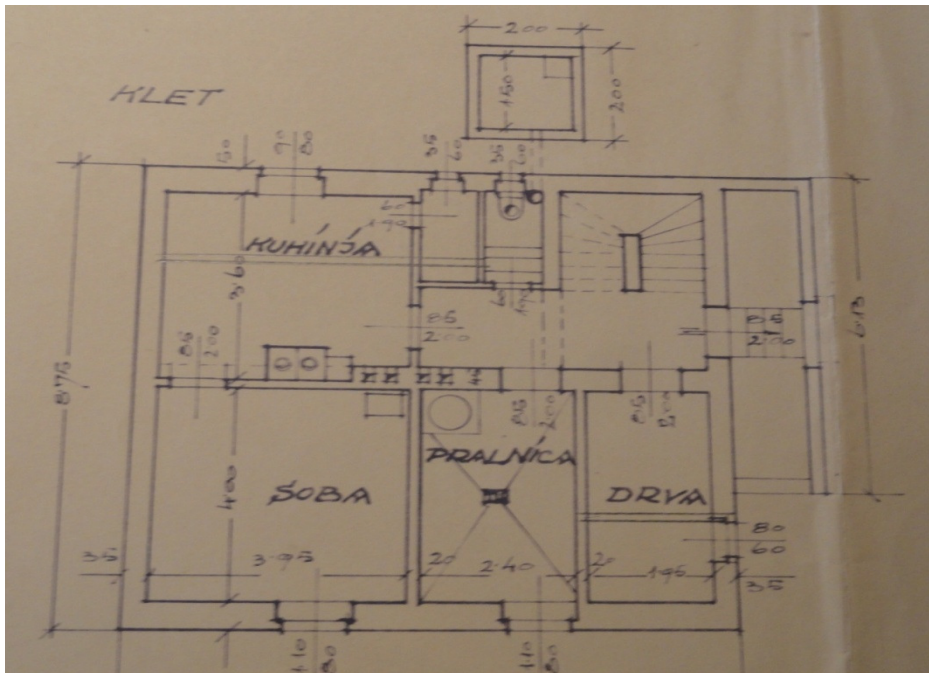
V nadaljevanju sledi podrobni pregled stanovanjskih stavb, ki so bile vključene v energetska analizo oziroma izračun specifične potrebne toplote za ogrevanje. Stanovanjske stavbe, ki si v analizi sledijo glede na leto izgradnje so relativno podobnih velikosti, saj gre v vseh primerih za enodružinske in dvodružinske stavbe. Poudarek v energetska analizi je predvsem na sestavi konstrukcijskih sklopov zunanjega ovoja s katerimi je potrebno zagotoviti čim manjšo porabo toplote za ogrevanje, hkrati pa primerne bivalne pogoje (primerna temperatura, vlažnost in kakovost zraka).

### **6.1 Dvodružinski stanovanjski objekt (1920)**

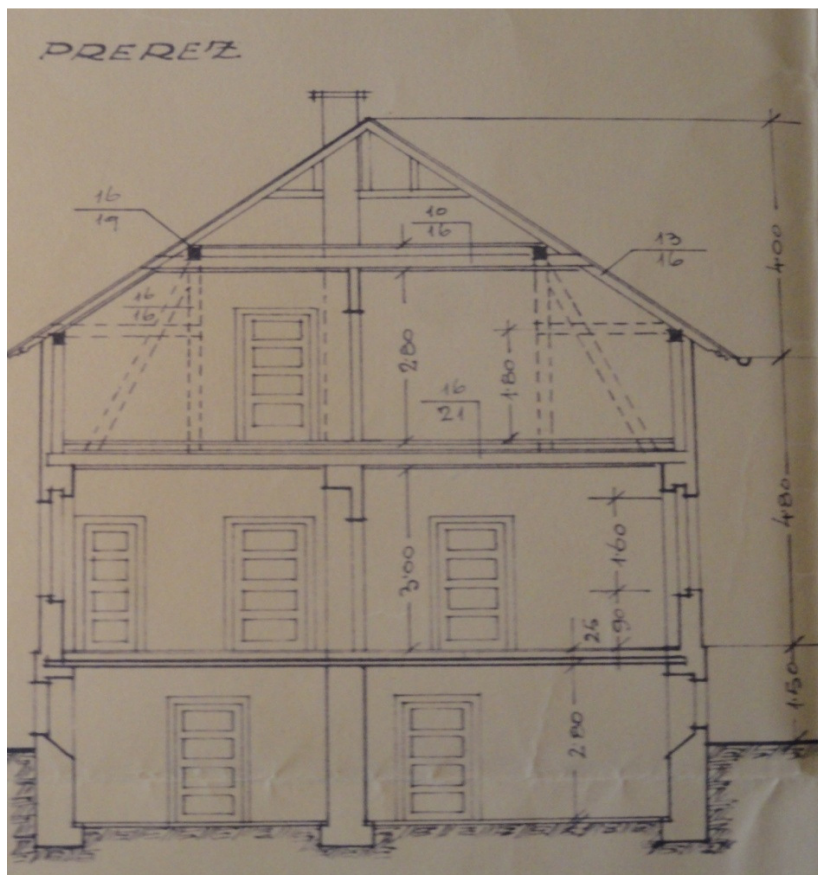
#### **6.1.1 Lokacija objekta**

Obravnani objekt se nahaja v Ljubljani, natančneje v Mostah. Objekt je bil zgrajen v dvajsetih letih prejšnjega stoletja (1920). Tlorisna oblika objekta je pravokotna in meri 8,6m v širino in 9,3m v dolžino. Etažna višina je v pritličju 3 metre, v nadstropju pa 2,8 metra. Stavba ima klet, ki je delno vkopana v teren, pritličje in mansardo. V kleti ima sobo, kuhinjo, pralnico, manjše stranišče in drvarnico (ogrevana klet). V pritličju imamo prav tako kuhinjo, dve sobi od katerih je ena namenjena dnevnemu druženju, druga pa spanju, manjše stranišče ter hodnik s stopniščem, ki povezuje klet do mansardo. Mansarda pa je pravzaprav zasnovana enako kot pritlični del objekta. Streha je dvokapna in je orientirana v smeri V –Z. Glede na zasnovo objekta lahko predvidevamo, da je bila ta stavba namenjena bivanju dvema družinama. Objekt sem razdelil na dve različni temperaturni coni, in sicer:

- CONA 1 : ogrevana cona (klet, pritličje, mansarda, hodnik s stopniščem)
- CONA 2 : neogrevana cona (podstrešje)



Slika 3: tloris kleti (1920)



Slika 4: prečni prerez (1920)

### 6.1.2 Tehnični opis (lokacija, vrsta in namen stavbe)

Preglednica 3: lokacija, vrsta in namen stavbe (1920)

Naselje, ulica, kraj	Moste, /, Ljubljana
Katastrska občina	Ljubljana
Vrsta stavbe	Stanovanjske stavbe, ki se pri namenski uporabi ogrevajo na najmanj 18°C
Namembnost stavbe	Stanovanjski objekt
Etaže	K + P + M

### 6.1.3 Geometrijske karakteristike stavbe

Preglednica 4: geometrijske karakteristike stavbe (1920)

Celotna zunanja površina stavbnega ovoja A	441,22m <sup>2</sup>
Ogrevana prostornina stavbe V	667,73m <sup>3</sup>
Neto ogrevana prostornina V <sub>e</sub>	534,18m <sup>3</sup>
Oblikovni faktor f <sub>o</sub>	0,59
Neto uporabna površina stavbe A <sub>U</sub>	242,52m <sup>2</sup>
Način upoštevanja vpliva toplotnih mostov	po 4. odstavku 8. člena Pravilnika (PURES 2010)

### 6.1.4 Seznam konstrukcijskih sklopov

Preglednica 5: sestava zunanje stene, 1920

Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom: $U_{\max} = 0,280 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Zunanja stena obravnavanega objekta: $U = 1,390 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Material	Debelina (cm)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (/)
apnena malta	2	1600	1050	0,810	10,0
polna opeka	38	1800	920	0,760	12,0
apnena malta	2	1600	1050	0,810	10,0
<b>Toplotna prehodnost ni ustrezna! (PURES 2010)</b>					

Preglednica 6: sestava stropne konstrukcije (v etaži), 1920

Strop proti neogrevanemu prostoru, stropi v sestavi ravnih ali poševnih streh, $U_{\max} = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Stropna konstrukcija v zgornji etaži (meja med temperaturnima conama): $U = 2,602 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Material	Debelina (cm)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (/)
les, smreka/bor	3	500	2090	0,140	70,0
<b>Toplotna prehodnost ni ustrezna!</b> (PURES 2010)					

Preglednica 7: sestava strehe (1920)

Strop proti neogrevanemu prostoru, stropi v sestavi ravnih ali poševnih streh, $U_{\max} = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Streha obravnavanega objekta: $U = 5,258 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Material	Debelina (cm)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (/)
opečni strešniki	2	1900	880	0,990	40,0
<b>Toplotna prehodnost ni ustrezna!</b> (PURES 2010)					

Preglednica 8: tla na terenu (1920)

Tla na terenu (ne velja za industrijske objekta), $U_{\max} = 0,350 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Tla na terenu: $U = 3,848 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Material	Debelina (cm)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (/)
ker. ploščice	1,5	2300	920	1,280	200,0
betoni iz kam. agregata	10	2500	960	2,330	90,0
gosti apnenci, dolomiti, marmorji	20	2650	920	2,300	65,0
<b>Toplotna prehodnost ni ustrezna!</b> (PURES 2010)					

Vertikalna okna in balkonska vrata iz lesa ali umetnih mas,  $U_{\max} = 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$

- Škatlasta okna, leseni okvirji, skupna površina  $A = 19,89\text{m}^2$ ,  $U = 3,5 \text{ W/m}^2\text{K}$

Vhodna vrata,  $U_{\max} = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$

- lesena vhodna vrata (hrast),  $U = 3,196 \text{ W/m}^2\text{K}$



Z upoštevanjem zgoraj navedenih konstrukcijskih sklopov, geometrijskih parametrov in upoštevanjem klimatskih podatkov sem prišel do vhodnih podatkov, ki so potrebni izračun potrebne toplote za ogrevanje stavbe.

- ❖ Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe  $H_T'$

Izračunano	Max. dovoljeno (10. člen PURES-a)
1,44 W/m <sup>2</sup> K	0,53 W/m <sup>2</sup> K

- ❖ Letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe (7. člen)  $Q_h$

$$Q_h = 64924 \text{ kWh}$$

- ❖ Specifična letna toplota za ogrevanje  $Q_h/A_U$  (določena glede na vrsto stavbe)

Izračunano	Max. dovoljeno
267,71 kWh/m <sup>2</sup> a	71,43 kWh/m <sup>2</sup> a

Preglednica 9: energijska bilanca stavbe (1920)

Bilanca	kWh/m <sup>2</sup> a	[ % ]
Transmisijske izgube	227,45	76,08%
Ventilacijske izgube	71,49	23,9%
<b>Skupne izgube</b>	<b>298,94</b>	<b>100%5</b>
Notranji dobitki	27,60	69,87
Solarni dobitki	11,90	30,12%
<b>Skupni dobitki</b>	<b>39,50</b>	<b>100%</b>

Specifična letna potrebna toplota za ogrevanje te stavbe je, gledano na maksimalno dovoljeno, ki jo določa PURES 2010, za kar 274 odstotnih točk previsoka. Tako visoka vrednost jo uvršča v G razred glede na Pravilnik o energetski izkaznici. V primeru dvodružinske stanovanjske hiše, zgrajene leta 1928 so najbolj kritične transmisijske toplotne izgube, saj predstavljajo največji delež toplotnih izgub oziroma 76 odstotkov. Glede na to, da so te odvisne predvsem od toplotne prehodnosti zunanjega ovoja stavbe nas njihov velik delež ne preseneča, saj je objekt povsem brez toplotne izolacije. Stavba pa ima tudi vgrajena škatlasta okna z lesenim okvirjem katerih toplotna prehodnost znaša 3,5 W/m<sup>2</sup>K. Tudi ta vrednost je glede na PURES 2010 skoraj trikrat višja od maksimalno dovoljene. Skupna površina transparentnih delov zunanjega ovoja je 19,89m<sup>2</sup> kar predstavlja komaj 5% celotne zunanje površine stavbe. Solarni dobitki so v primerjavi z velikimi toplotnimi izgubami

zelo nizki in tako znašajo 11,90 kWh/m<sup>2</sup>a. Notranjih dobitkov stavbe ne bi posebno komentirali, saj smo (pri vseh) vzeli enako izhodišče glede na uporabno površino. Tudi ventilacijske izgube so vezane na enako izhodiščno vrednost, ki se nanaša na urno izmenjavo zraka z okolico (0,9).

Kot lahko razberemo iz podatkov so transmisijske toplotne izgube glavni krivec za tako veliko potrebo po toploti za ogrevanje stavbe. Za omejitev le-teh bi bila najbolj smiselna aplikacija toplotne izolacije po celotnem zunanjem ovoju stavbe. Kljub temu, da je bil objekt zgrajen leta 1920 ne smemo dovoliti, da je specifična letna toplota za ogrevanje stavbe kar za 5 krat višja od maksimalno dovoljene.

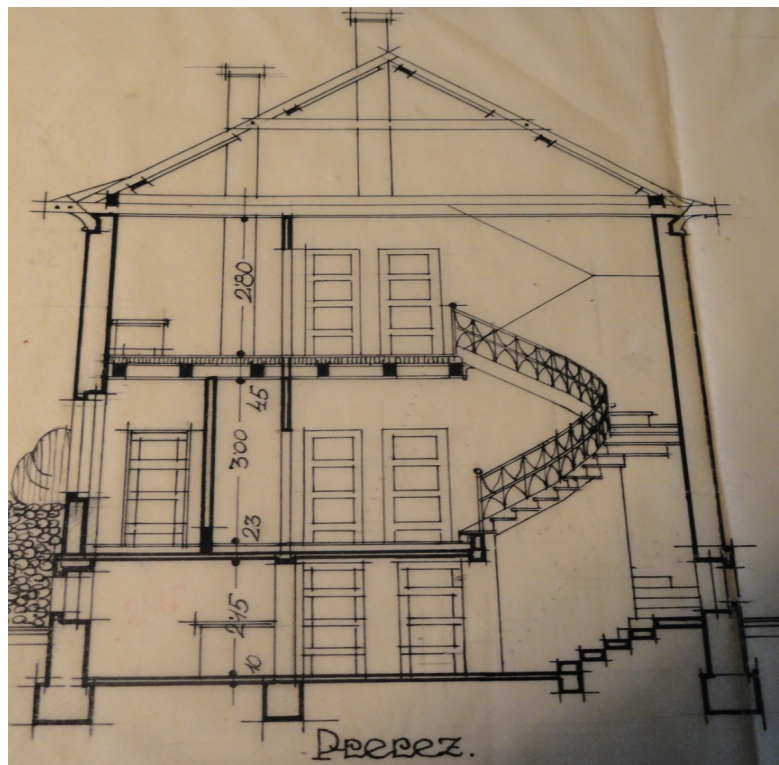
Vsekakor bi bilo vredno znižati tudi ventilacijske izgube, ki bi lahko bile, upoštevajoč izhodiščno stanje stavbe, celo višje. Urna izmenjava zraka z okolico je pri takem objektu lahko tudi višja od predpostavljenih 0,9, saj je pri stavbi s starimi okni, ki ne tesnijo, to vrednost zelo težko nadzorovati. Višji delež pridobljene toplote na račun solarnih dobitkov pa bi zahtevali poseg v arhitekturno zasnovo (večji delež odprtih ob primerni orientaciji). Potrebno je poudariti, da bi bila sama zamenjava oken brez aplikacije toplotne izolacije manj učinkovita.

## **6.2 Enodružinski stanovanjski objekt (1928)**

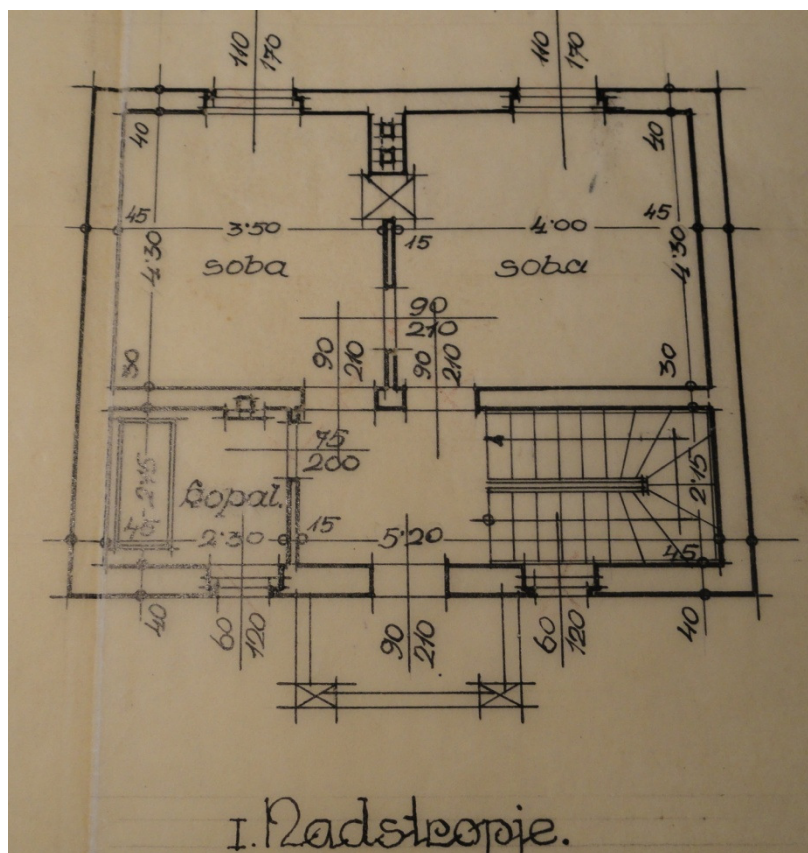
### **6.2.1 Lokacija objekta**

Lokacija obravnavanega objekta je v Ljubljani, natančneje v občini Brezovica. Obravnavani objekt je bil zgrajen leta 1928. Stavba ima debele opečno kamnite zidove (značilno za čas v katerem je bil objekt zgrajen), debeline od 38 pa do 65 cm. Tlorisna oblika stavbe je pravokotna in meri 8,65m v širino in 7,5m v dolžino. Etažna višina je v pritličju 3 metre, v nadstropju pa 2,80 metra Stavba ima klet, ki je sicer delno vkopana v teren, pritličje, nadstropje in mansardo, ki ni namenjena bivanju. V kleti sta dva prostora namenjena shranjevanju različnih stvari (shramba) in prostor za pralnico. V pritličju so urejeni dnevni prostori, kot so kuhinja z jedilnico, soba (dnevni prostor), stranišče in manjši prostor (shramba). V nadstropju pa ima dve večji sobi (spalnici) ter kopalnico. Streha je dvokapna in je orientirana v smeri V – Z. Na hodniku objekta se nahaja tudi stopnišče preko katerega je možen dostop iz kleti do nadstropja. Objekt sem razdelil na tri različne temperaturne cone in sicer:

- CONA 1 : ogrevana cona (bivalni del, hodnik s stopniščem)
- CONA 2 : neogrevana cona (klet)
- CONA 3 : neogrevana cona (podstrešje)



Slika 5: prečni prerez objekta (1928)



Slika 6: tloris nadstropja (1928)

### 6.2.2 Tehnični opis (lokacija, vrsta in namen stavbe)

Preglednica 10: lokacija, vrsta in namen stavbe (1928)

Naselje, ulica, kraj	Brezovica, / , Ljubljana
Katastrska občina	Ljubljana
Vrsta stavbe	Stanovanjske stavbe, ki se pri namenski uporabi ogrevajo na najmanj 18°C
Namembnost stavbe	Stanovanjski objekt
Etaže	K + P + 1

### 6.2.3 Geometrijske karakteristike stavbe

Preglednica 11: geometrijske karakteristike stavbe (1928)

Celotna zunanja površina stavbnega ovoja A	381,13m <sup>2</sup>
Ogrevana prostornina stavbe V	420,39m <sup>3</sup>
Neto ogrevana prostornina V <sub>e</sub>	336,31m <sup>3</sup>
Oblikovni faktor f <sub>o</sub>	0,87
Neto uporabna površina stavbe A <sub>U</sub>	129,75m <sup>2</sup>
Način upoštevanja vpliva toplotnih mostov	po 4. odstavku 8. člena Pravilnika (PURES 2010)

### 6.2.4 Seznam konstrukcijskih sklopov

Preglednica 12: sestava zunanje stene (1928)

Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom: $U_{\max} = 0,280 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Zunanja stena, $U=1,367 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Material	Debelina (cm)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (/)
apnena malta	2,5	1600	1050	0,810	10
polna opeka	38	1800	920	0,760	12
apnena malta	2,5	1600	1050	0,810	10
<b>Toplotna prehodnost ni ustrezna! (PURES 2010)</b>					

Preglednica 13: zunanja stena, klet (1928)

Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom: $U_{\max} = 0,280 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Zunanja (kletna) stena: $U = 2,833 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Material	Debelina (cm)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (/)
cement. malta	2	2100	1050	1,400	30,0
gosti apnenci, dolomiti in marmorji	48	2650	920	2,300	65,0
<b>Toplotna prehodnost ni ustrezna!</b> (PURES 2010)					

Preglednica 14: tla na terenu (1928)

Tla na terenu (ne velja za industrijske objekta), $U_{\max} = 0,350 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Tla na terenu: $U = 2,629 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Material	Debelina (cm)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (/)
ker. ploščice	1,5	2300	920	1,280	200,0
beton iz kam.aAgregata	10	1800	960	0,930	15,0
pesek in droban prodec	20	1500	840	1,400	15,0
<b>Toplotna prehodnost ni ustrezna!</b> (PURES 2010)					

Preglednica 15:tla nad neogrevano kletjo (1928)

Tla nad neogrevano kletjo, neogrevanim prostorom ali garažo, $U_{\max} = 0,350 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Stropna konstrukcija v kleti (meja med T.C. 1 in T.C. 2): $U = 2,343 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Material	Debelina (cm)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (/)
ker. ploščice	1,5	2300	920	1,280	200,0
suh pesek	11	1800	840	0,580	1,4
beton iz kam. agregata	12	2500	960	2,330	90,0
<b>Toplotna prehodnost ni ustrezna!</b> (PURES 2010)					

Preglednica 16: strešna konstrukcija (1928)

Strop proti neogrevanemu prostoru, stropi v sestavi ravnih ali poševnih streh, $U_{\max} = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Strešna konstrukcija: $U = 5,258 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Material	Debelina (cm)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (/)
opečni strešniki	2	1900	880	0,990	40,0
<b>Toplotna prehodnost ni ustrezna!</b> (PURES 2010)					

Preglednica 17: strop proti podstrešju (1928)

Strop proti neogrevanemu prostoru, stropi v sestavi ravnih ali poševnih streh, $U_{\max} = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Strop proti podstrešju: $U = 0,989 \text{ W/m}^2\text{K}$ (meja med T.C. 1 in T.C.3)					
Material	Debelina (cm)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (/)
les, smreka/bor	3	500	2090	0,140	70,0
suh pesek	24	1800	840	0,580	1,4
les, smreka/bor	3	500	2090	0,140	70,0
<b>Toplotna prehodnost ni ustrezna!</b> (PURES 2010)					

Vertikalna okna in balkonska vrata iz lesa ali umetnih mas,  $U_{\max} = 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$

- Škatlasta okna, leseni okvirji, skupna površina  $A = 23,29 \text{ m}^2$ ,  $U = 3,5 \text{ W/m}^2\text{K}$

Vhodna vrata,  $U_{\max} = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$

- lesena vhodna vrata (hrast),  $U = 3,196 \text{ W/m}^2\text{K}$

Z upoštevanjem zgoraj navedenih konstrukcijskih sklopov, geometrijskih parametrov in upoštevanjem klimatskih podatkov sem prišel do vhodnih podatkov, ki so potrebni izračun potrebne toplote za ogrevanje stavbe.

- ❖ Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe  $H_T'$

Izračunano	Max. dovoljeno (10. člen PURES-a)
1,25 W/m <sup>2</sup> K	0,47 W/m <sup>2</sup> K

- ❖ Letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe (7. člen)  $Q_h$

$$Q_h = 45751 \text{ kWh}$$

- ❖ Specifična letna toplota za ogrevanje  $Q_h/A_U$  (določena glede na vrsto stavbe)

Izračunano	Max. dovoljeno
352,61 kWh/m <sup>2</sup> a	81,26 kWh/m <sup>2</sup> a

Preglednica 18: energijska bilanca stavbe

Bilanca	kWh/m <sup>2</sup> a	[ % ]
Transmisijske izgube	326,38	82,3%
Ventilacijske izgube	70,28	17,69%
<b>Skupne izgube</b>	<b>396,56</b>	<b>100%</b>
Notranji dobitki	27,60	44,50%
Solarni dobitki	34,42	55,49%
<b>Skupni dobitki</b>	<b>62,02</b>	<b>100%</b>

Specifična letna potrebna toplota za ogrevanje je pri tej stavbi največja med vsemi, ki so predmet te analize. Njena vrednost znaša 352,61 kWh/m<sup>2</sup>a in je tako, glede na maksimalno dovoljeno, ki jo določa PURES 2010, za 334 odstotnih točk previsoka. Tudi ta stanovanjski objekt se, glede na potrebo po toploti za ogrevanje, uvršča v zadnji energijski razred G (Pravilnik o energetskih izkaznicah). Ponovno predstavljajo največji delež (82%) transmisijske toplotne izgube. Poleg tega pa ima tudi ta stavba vgrajena stara, energetsko potratna škatlasta okna, ki imajo, glede na zahteve Tehnične smernice, bistveno previsoko toplotno prehodnost (2,7 krat višjo od maksimalno dovoljene). Celotna površina transparentnih delov zunanjega ovoja je nekoliko višja kot pri prejšnjem objektu in znaša 23,29m<sup>2</sup>. Ob upoštevanju toplotne prehodnosti oken bi lahko rekli, da ta vrednost negativno vpliva na toplotno bilanco stavbe. Po drugi strani pa so se ravno zaradi tega nekoliko povišali solarni dobitki. Sicer pa so ti še vedno zelo nizki in znašajo 34,42 kWh/m<sup>2</sup>a.

Največji delež ponovno prispevajo transmisijske toplotne izgube, saj tudi ta stavba nima aplicirane toplotne izolacije na zunanjem ovoju oziroma na konstrukcijskih sklopih, ki mejijo na neogrevane cone. Koeficient specifičnih transmisijskih izgub  $H_T'$  je za kar 2,7 krat višji od maksimalno dovoljenega (glede na PURES 2010). Tudi ventilacijske izgube so velike. Realno gledano bi sicer lahko bile še višje, saj se ob starih, škatlastih oknih kakršna so vgrajena na objektu, tesnjenje stavbe še poslabša. S tem pa se tudi urna izmenjava zraka z okolico poveča in potreba po dodatni toploti za

ogrevanje je višja. Stanovanjska stavba je potrebna temeljite prenove, tako v smislu sanacije zunanjega ovoja stavba kot tudi menjave stavbnega pohištva.

### **6.3 Enodružinski stanovanjski objekt (1944)**

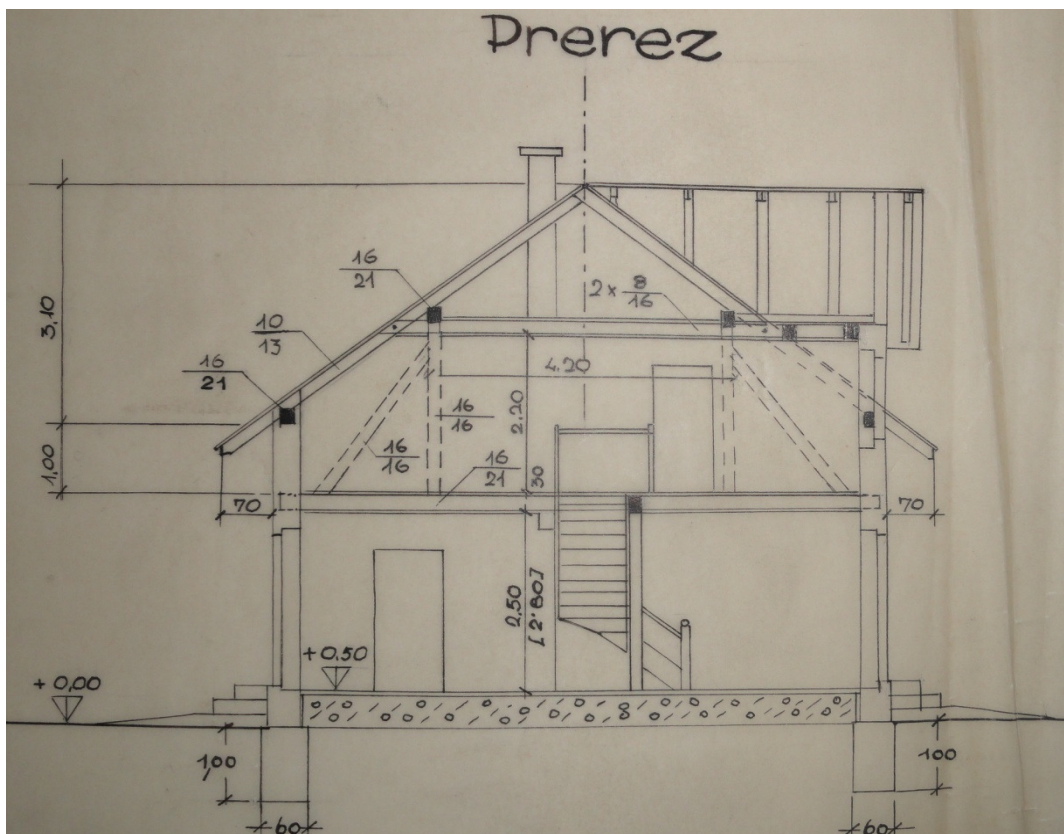
#### **6.3.1 Lokacija objekta**

Objekt se nahaja v okolici Ljubljane, natančneje na Vrhovcih. Zgrajen je bil leta 1944 in se, vsaj kar se tiče sestave konstrukcijskih sklopov, ne razlikuje od prejšnjega objekta (grajenega leta 1928).

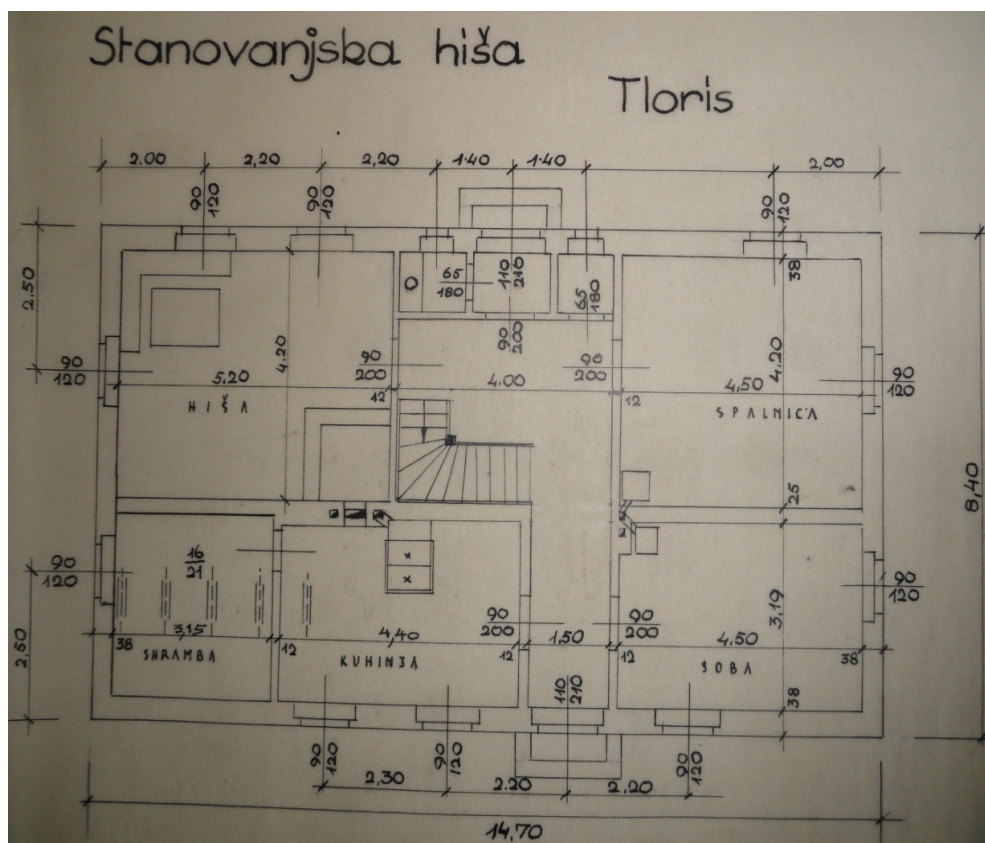
Stanovanjska stavba ima debele opečne zunanje zidove, debeline 38 centimetrov. Zunanje stene so ponovno brez toplotne izolacije, vendar so le-te ometane z apneno malto tako na notranji strani kot tudi na zunanji. Njegova tlorisna oblika je pravokotna in meri 8,4m v širino in 14,7m dolžino. Etažna višina stavbe se je v primerjavi z starejšimi objekti, ki so vključeni v analizo znižala, in sicer meri 2,5 metra v pritličju in 2,2 metra v zgornji etaži. Pri tej stavbi gre za manjšo, enodružinsko hišo, ki je nepodkletena. V pritličju imamo kuhinjo z manjšo shrambo, dnevni prostor, dve spalnici in straniščne prostore. Mansarda pa je namenjena hrambi raznih predmetov in ni namenjena bivanju ljudi. Streha je dvokapna, z naklonom  $34,5^\circ$  in je orientirana v smeri V – Z. Objekt sem razdelil na dve temperaturni coni in sicer:

- CONA 1: ogrevana cona (bivalni del / pritličje)
- CONA 2: neogrevana cona (mansarda)





Slika 7: prečni prerez (1944)



Slika 8: tloris pritličja (1944)

### 6.3.2 Tehnični opis (lokacija, vrsta in namen stavbe)

Preglednica 19: lokacija, vrsta in namen stavbe (1944)

Naselje, ulica, kraj	Vrhovci, / , Ljubljana
Katastrska občina	Ljubljana
Vrsta stavbe	Stanovanjske stavbe, ki se pri namenski uporabi ogrevajo na najmanj 18°C
Namembnost stavbe	Stanovanjski objekt
Etaže	P + M

### 6.3.3 Geometrijske karakteristike stavbe

Preglednica 20: geometrijske karakteristike stavbe (1944)

Celotna zunanja površina stavbnega ovoja A	380,94m <sup>2</sup>
Ogrevana prostornina stavbe V	555,67m <sup>3</sup>
Neto ogrevana prostornina V <sub>e</sub>	444,52m <sup>3</sup>
Oblikovni faktor f <sub>o</sub>	1,06
Neto uporabna površina stavbe A <sub>U</sub>	246,96m <sup>2</sup>
Način upoštevanja vpliva toplotnih mostov	po 4. odstavku 8. člena Pravilnika (PURES 2010)

### 6.3.4 Seznam konstrukcijskih sklopov

Preglednica 21: zunanja stena (1944)

Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom, $U_{max} = 0,280 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Zunanja stena, $U = 1,414 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Material	Debelina (cm)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (/)
apnena malta	2	1600	1050	0,810	10,0
polna opeka	38	1800	920	0,760	12,0
apnena malta	1	1600	1050	0,810	10,0
<b>Toplotna prehodnost ni ustrezna!</b> (PURES 2010)					

Preglednica 22: sestava stropne konstrukcije (1944)

Strop proti neogrevanemu prostoru, stropi v sestavi ravnih ali poševnih streh, $U_{\max} = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Stropna konstrukcija, $U = 1,445 \text{ W/m}^2\text{K}$ (meja med T.C. 1 in T.C.2)					
Material	Debelina (cm)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (/)
apnena malta	1	1600	1050	0,810	10,0
les, smreka/bor	2	500	2090	0,140	70,0
hor. zračna plast	16	1	1000	0,714	1,0
les, smreka/bor	2	500	2090	0,140	70,0
<b>Toplotna prehodnost ni ustrezna!</b> (PURES 2010)					

Preglednica 23: sestava strešne konstrukcije (1944)

Strop proti neogrevanemu prostoru, stropi v sestavi ravnih ali poševnih streh, $U_{\max} = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Strešna konstrukcija, $U = 5,258 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Material	Debelina (cm)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (/)
opečni strešniki	2	1900	880	0,990	40,0
<b>Toplotna prehodnost ni ustrezna!</b> (PURES 2010)					

Preglednica 24: tla na terenu (1944)

Tla na terenu (ne velja za industrijske objekta), $U_{\max} = 0,350 \text{ W/m}^2\text{K}$					
tla na terenu, $U = 1,639 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Material	Debelina (cm)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (/)
ker. ploščice	2	2300	920	1,280	200,0
beton iz kam. agregata	10	1800	960	0,930	15,0
pesek in droban prodec	50	1500	840	1,400	15,0
<b>Toplotna prehodnost ni ustrezna!</b> (PURES 2010)					

Vertikalna okna in balkonska vrata iz lesa ali umetnih mas,  $U_{\max} = 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$

- Škatlasta okna, leseni okvirji, skupna površina  $A = 18,18\text{m}^2$ ,  $U = 3,5 \text{ W/m}^2\text{K}$

Vhodna vrata,  $U_{\max} = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$

- lesena vhodna vrata (hrast),  $U = 3,196 \text{ W/m}^2\text{K}$

Z upoštevanjem zgoraj navedenih konstrukcijskih sklopov, geometrijskih parametrov in upoštevanjem klimatskih podatkov sem prišel do vhodnih podatkov, ki so potrebni izračun potrebne toplote za ogrevanje stavbe.

- ❖ Koeficient specifičnih transmissijskih toplotnih izgub stavbe  $H_T'$

Izračunano	Max. dovoljeno (10. člen PURES-a)
1,39 W/m <sup>2</sup> K	0,50 W/m <sup>2</sup> K

- ❖ Letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe (7. člen)  $Q_h$

$$Q_h = 58640 \text{ kWh}$$

- ❖ Specifična letna toplota za ogrevanje  $Q_h/A_U$  (določena glede na vrsto stavbe)

Izračunano	Max. dovoljeno
244,33 kWh/m <sup>2</sup> a	75,51 kWh/m <sup>2</sup> a

Preglednica 25: energijska bilanca stavbe

Bilanca	kWh/m <sup>2</sup> a	[ % ]
Transmissijske izgube	166,97	76,7%
Ventilacijske izgube	50,6	23,25%
<b>Skupne izgube</b>	<b>217,57</b>	<b>100%</b>
Notranji dobitki	28,20	59,15%
Solarni dobitki	19,47	40,84%
<b>Skupni dobitki</b>	<b>47,67</b>	<b>100%</b>

Pri obravnavi objekta, zgrajenega leta 1944, smo že pri vstavljanju vhodnih geometrijskih podatkov ugotovili, da je razmerje med ogrevano prostornino in zunanjo površino stavbnega ovoja (površina skozi katero toplota prehaja v zunanje okolje) nekoliko večje. To razmerje se izraža s faktorjem oblike stavbe  $f_0$ . Stavba ima še vedno zelo velike toplotne prehodnosti konstrukcijskih sklopov. Te vrednosti

so v povprečju za pet do šest krat višje od tistih, ki so določene v Tehnični smernici, kar se izraža v velikem deležu transmisijskih toplotnih izgub (77%). To je tudi eden izmed bistvenih razlogov za tako visoko potrebo po dovedeni specifični letni toploti za ogrevanje stavbe, ki znaša  $244,33 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ , kar je skoraj 3,5 krat več od maksimalne dovoljene vrednosti. Ta stavba se, glede na specifično letno potrebno toploto za ogrevanje uvršča v zadnji, G energijski razred. Glavna krivca za tako veliko potrebo po toploti za ogrevanje, ki je posledica specifičnih transmisijskih toplotnih izgub  $H_T'$  (2,6 krat višje od predpisanih, PURES 2010) sta toplotna prehodnost zunanje ovojne stavbe in oken. Skupna površina transparentnih površin znaša le 5% celotne zunanje površine ( $18,18\text{m}^2$ ), kar v primeru toplotnih izgub deluje v pozitivnem smislu. V smislu solarnih dobitkov, ki so relativno nizki, pa bi ta površina lahko bila večja (seveda ob pravilni orientaciji odprtin).

Tudi ta stanovanjski objekt je potreben temeljite prenove. Kljub temu da je bil objekt zgrajen leta 1944 ne smemo dovoliti, da specifična letna potrebna toplota za ogrevanje presega maksimalno dovoljeno vrednost (določena z pravilnikom PURES 2010) za kar 230 odstotnih točk. To bomo preprečili predvsem z vgradnjo toplotne izolacije po celotnem zunanjem ovoju stavbe. V določeni meri pa bi toplotne izgube, s tem pa tudi potrebno toploto za ogrevanje, znižali tudi z vgradnjo kvalitetnejših, energetsko učinkovitejših oken. Ventilacijskih izgub nebi posebnokomentirali, saj smo z poenotenjem urne izmenjave zraka z okolico to vrednost pri vseh stavbah »omejili«.

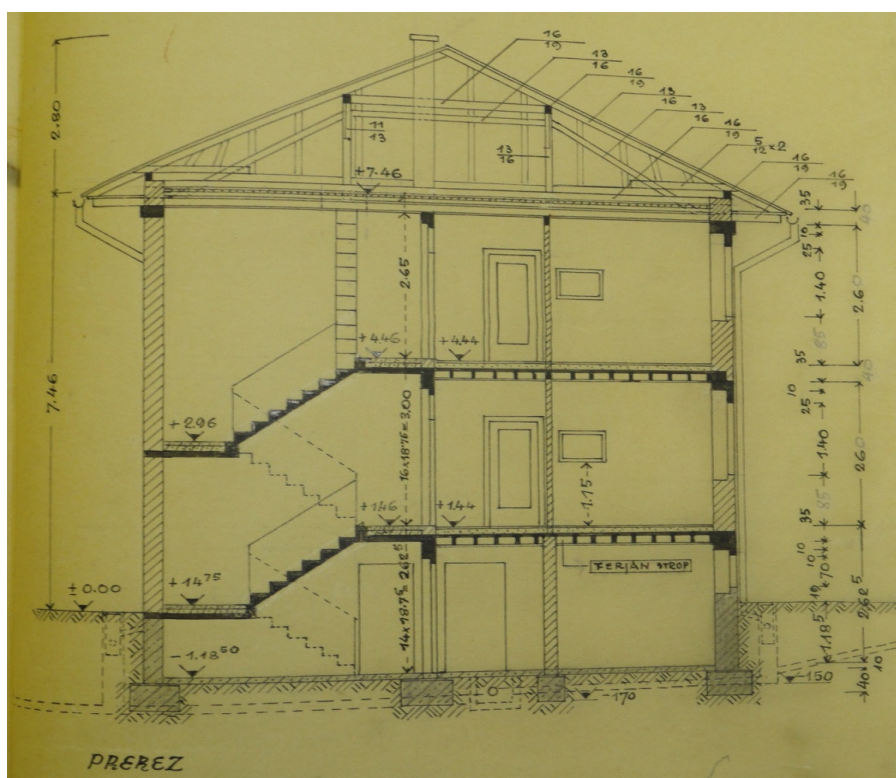
## **6.4 Dvodružinski stanovanjski objekt (1950)**

### **6.4.1 Lokacija objekta**

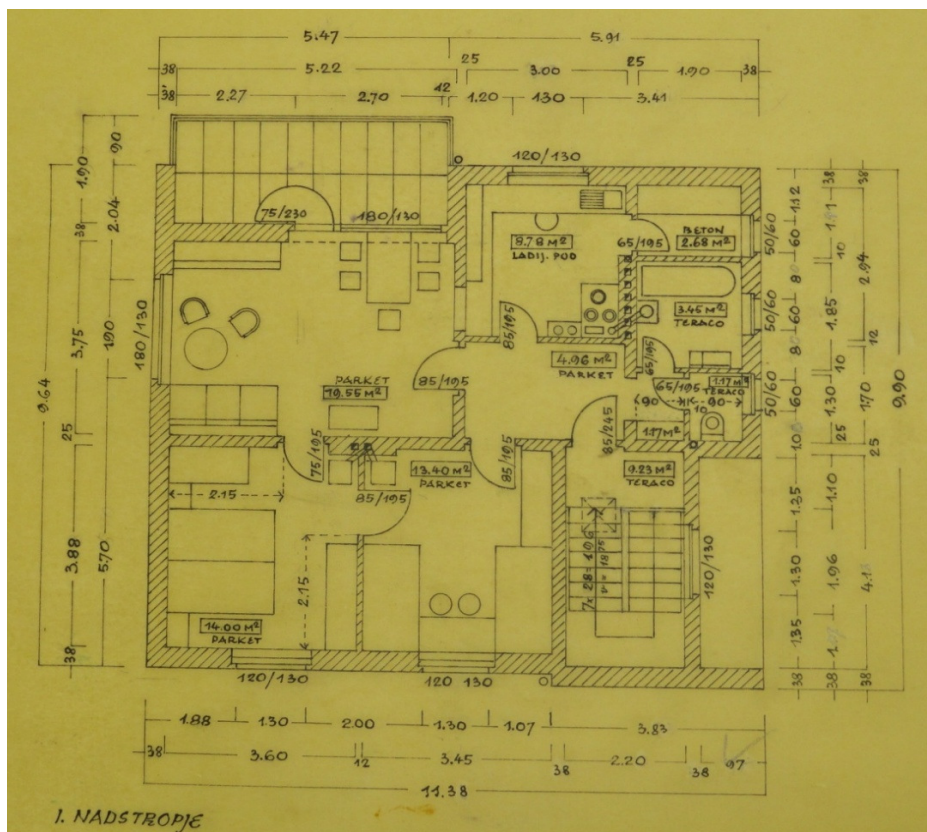
Stanovanjski objekt je delo arhitekta Prof. Tomažiča. Stavba je bila projektirana in zgrajena leta 1955 in se nahaja na Viču v Ljubljani. Zidovi objekta so še vedno razmeroma debeli (38cm in več). Zunanji ovoj stavbe je brez toplotne izolacije. K nekoliko nižji toplotni prehodnosti zunanjih sten so pripomogli opečni votlaki (znotraj imajo suh zrak, ta služi kot toplotni izolator), ki so z obeh strani ometani z apneno malto. Tlorisna oblika stavbe je pravokotna in meri 11,4m v širino in 9,6m v dolžino. Etažna višina je enaka po celem objektu in meri 2,65 metra. Objekt ima klet (ki je delno vkopana v teren) v kateri ima drvarnico, razne prostore za hrambo raznih predmetov ter kurilnico. Pritličje in nadstropje sestavljajo sta dve ločeni stanovanji enake sestave znotraj katerih imamo kuhinjo, jedilnico, dnevni prostor, manjšo shrambo ter po dve spalnici. Vse skupaj pa povezuje ogrevani hodnik s stopniščem. Stavba ima sicer tudi mansardo, vendar ta služi kot nosilna konstrukcija

ostrešja, ki je pokrito s štirikapno streho pod naklonom  $27^\circ$ . Objekt sem razdelil na tri temperaturne cone in sicer:

- CONA 1: ogrevana cona (bivalni del v obeh etažah + hodnik s stopniščem)
- CONA 2: neogrevana cona (podstrešje)
- CONA 3 neogrevana cona (klet)



Slika 9: prečni prerez (1950)



Slika 10: tloris nadstropja (1950)

### 6.4.2 Tehnični opis (lokacija, vrsta in namen stavbe)

Preglednica 26: lokacija, vrsta in namen stavbe (1950)

Naselje, ulica, kraj	Vič / Lepi pot / Ljubljana
Katastrska občina	Ljubljana
Vrsta stavbe	stanovanjske stavbe, ki se pri namenski uporabi ogrevajo na najmanj 18°C stan
Namembnost stavbe	Stanovanjski objekt
Etaže	K + P + 1

### 6.4.3 Geometrijske karakteristike stavbe

Preglednica 27: geometrijske karakteristike stavbe (1950)

Celotna zunanja površina stavbnega ovoja A	425,62m <sup>2</sup>
Ogrevana prostornina stavbe V	526,5m <sup>3</sup>
Neto ogrevana prostornina V <sub>e</sub>	421,2m <sup>3</sup>
Oblikovni faktor f <sub>o</sub>	0,68
Neto uporabna površina stavbe A <sub>U</sub>	156,78m <sup>2</sup>
Način upoštevanja vpliva toplotnih mostov	po 4. odstavku 8. člena Pravilnika (PURES 2010)

### 6.4.4 Seznam konstrukcijskih sklopov

Preglednica 28: sestava zunanje stene (1950)

Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom, <b>U<sub>max</sub> = 0,280 W/m<sup>2</sup>K</b>					
Zunanja stena, <b>U = 1,206 W/m<sup>2</sup>K</b>					
Material	Debelina (cm)	δ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	λ(W/mK)	μ (/)
apnena malta	2	1600	1050	0,810	10,0
mrežasti opečni votlak	38	1400	920	0,610	6,0
podal. apnena malta	1	1800	1050	0,870	20,0
<b>Toplotna prehodnost ni ustrezna! (PURES 2010)</b>					

Preglednica 29: zunanja stena, kletna (1950)

..Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom, <b>U<sub>max</sub> = 0,280 W/m<sup>2</sup>K</b>					
Zunanja (kletna) stena, <b>U = 1,60 W/m<sup>2</sup>K</b>					
material	Debelina (cm)	δ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	λ(W/mK)	μ (/)
cementna malta	2	2100	1050	1,400	30,0
mrežni opečni votlak	38	1400	920	0,610	6,0
cementna malta	2	2100	1050	1,400	30,0
<b>Toplotna prehodnost ni ustrezna! (PURES 2010)</b>					



Preglednica 30: stropna konstrukcija (1950)

Strop proti neogrevanemu prostoru, strop v sestavi ravnih ali poševnih streh, $U = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Stropna konstrukcija (nadstropju), $U = 0,746 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Meja med T.C. 1 in T.C. 2					
Material	Debelina (cm)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (/)
plošče iz prešite trstike	2	800	1260	0,046	2,0
les, smreka/bor	2	500	2090	0,140	70,0
horiz. začna plast	20	1	1000	0,714	1,0
les, smreka/bor	2	500	2090	0,140	70,0
mavčna malta na trstiki	8	1000	920	0,470	3,0
<b>Toplotna prehodnost ni ustrezna! (PURES 2010)</b>					

Preglednica 31: strešna konstrukcija (1950)

Strop proti neogrevanemu prostoru, strop v sestavi ravnih ali poševnih streh, $U = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Strešna konstrukcija, $U = 5,258 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Material	Debelina (cm)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (/)
opečni strešniki	2	1900	880	0,990	40,0
<b>Toplotna prehodnost ni ustrezna! (PURES 2010)</b>					

Preglednica 32: tla nad neogrevano kletjo (1950)

Tla nad neogrevano kletjo, neogrevanim prostorom ali garažo, $U = 0,350 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Kletna stropna konstrukcija, $U = 1,214 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Meja med T.C. 1 in T.C. 3					
Material	Debelina (cm)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (/)
hrastov parket	2	700	1670	0,210	15,0
cementni estrih	6	2200	1050	1,400	30,0
beton iz kam. agregata	5	2400	960	2,040	60,0
mrežasti opečni votlak	25	1200	920	0,520	4,0
podal. apnena malta	1	1900	1050	0,990	25,0
<b>Toplotna prehodnost ni ustrezna! (PURES 2010)</b>					

Preglednica 33: tla na terenu (1950)

Tla na terenu (ne velja za industrijske objekte), $U = 0,350 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Tla na terenu, $U = 1,911 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Material	Debelina (cm)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (/)
beton iz kam. agregata	10	1800	960	0,930	15,0
Pesek in droban prodec	40	1500	840	1,400	15,0
<b>Toplotna prehodnost ni ustrezna! (PURES 2010)</b>					

Vertikalna okna in balkonska vrata iz lesa ali umetnih mas,  $U_{\max} = 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$

- Škatlasta okna, leseni okvirji, skupna površina  $A = 32,02 \text{ m}^2$ ,  $U = 3,5 \text{ W/m}^2\text{K}$

Vhodna vrata,  $U_{\max} = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$

- lesena vhodna vrata (hrast),  $U = 3,196 \text{ W/m}^2\text{K}$

Z upoštevanjem zgoraj navedenih konstrukcijskih sklopov, geometrijskih parametrov in upoštevanjem klimatskih podatkov sem prišel do vhodnih podatkov, ki so potrebni izračun potrebne toplote za ogrevanje stavbe.

- ❖ Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe  $H_T'$

Izračunano	Max. dovoljeno (10. člen PURES-a)
1,08 W/m <sup>2</sup> K	0,53 W/m <sup>2</sup> K

- ❖ Letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe (7. člen)  $Q_h$

$$Q_h = 46092 \text{ kWh}$$

- ❖ Specifična letna toplota za ogrevanje  $Q_h/A_U$  (določena glede na vrsto stavbe)

Izračunano	Max. dovoljeno
293,99 kWh/m <sup>2</sup> a	70,87 kWh/m <sup>2</sup> a

Preglednica 34: energijska bilanca stavbe (1950)

Bilanca	kWh/m <sup>2</sup> a	[ %]
Transmisijske izgube	258,53	74,1%
Ventilacijske izgube	90,29	25,9%
<b>Skupne izgube</b>	<b>348,82</b>	<b>100%</b>
Notranji dobitki	27,60	49,25%
Solarni dobitki	28,43	50,74%
<b>Skupni dobitki</b>	<b>56,03</b>	<b>100%</b>

Pri slednjem objektu bi, glede na nekoliko večjo površino zunanjih zidov (v primerjavi z starejšimi objekti, ki so vključeni v analizo), lahko pričakovali nekoliko višje transmisijske toplotne izgube, saj so poleg zunanje površine stavbnega ovoja, ki znaša 425,62m<sup>2</sup> tudi toplotne prehodnosti konstrukcijskih sklopov visoke. Kljub temu je potrebno povedati, da je toplotna prehodnost zunanjih sten v primerjavi s starejšimi stavbami nekoliko nižja. Polno opeko je nadomestil mrežasti opečni votlak, katerega toplotna prevodnost ( $\lambda$ ) je 0,610 W/mK, kar je za 0,150 W/mK manj toplotne prevodnosti polne opeke. Tudi toplotna prehodnost konstrukcijskih sklopov, ki mejijo na neogrevane cone so nižje, kar je v konkretnem primeru pripomoglo k zmanjšanju koeficienta specifičnih

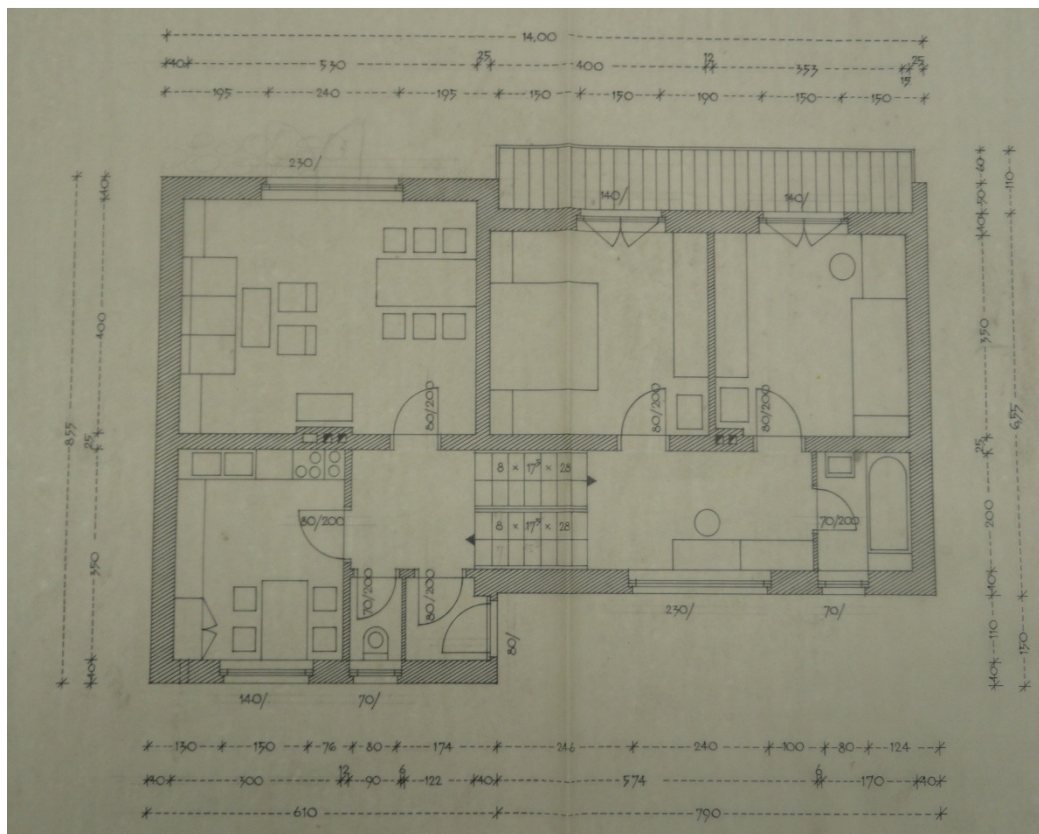
transmisijskih toplotnih izgub  $H_T'$ , ki sedaj znaša  $1,08 \text{ W/m}^2\text{K}$  (2 krat večji od dovoljene vrednosti – PURES 2010). Ventilacijske izgube so se v primerjavi s starejšimi objekti nekoliko zvišale. Kljub temu, da smo predpostavili enako urno izmenjavo zraka pri vseh stavbah, je ta še vedno vezana na ogrevano prostornino, ki je pri obravnavanem objektu višja in znaša  $526,5\text{m}^3$ . Solarni dobitki so, glede na orientacijo transparentnih delov stavbnega ovoja primerni, saj se največji delež odprtin (40,43%) nahaja na severni strani stavbe.

## 6.5 Dvodružinski stanovanjski objekt (1960)

### 6.5.1 Lokacija objekta

Stanovanjski objekt se nahaja v Ljubljani na Črnučah. Gre za dvodružinski stanovanjski objekt, ki je bil zgrajen leta 1960. Zunanji ovoj objekta je grajen iz opečnih votlakov in je še vedno brez dodatne toplotne izolacije. Na zunanji strani sicer ima fasadni omet debeline dveh centimetrov, ki bistveno ne pripomore k znižanju toplotne prehodnosti. Tudi ta stavba ima t.i. »monta« stropove. To so stropovi, ki so lažji od klasične izvedbe stropa z betonsko ploščo. V principu je to tanjša betonska plošča z vmesnimi režami med katerimi so vstavljeni opečni votlaki kot polnilo (izgubljeni opaž). Stavba ima dve etaži (dve ločeni stanovanji) in mansardo, ki ni namenjena bivanju. Tlorisna oblika stavbe je pravokotna in meri 14m v dolžino in 8,7m v širino. Etažna višina je v pritličju in nadstropju enaka in znaša 2,4 metra. Objekt je nepodkleten in brez notranjega stopnišča, saj gre za dve ločeni stanovanji s ločenimi vhodi. Streha je dvokapna z naklonom  $28^\circ$  in je orientirana v smeri J – S. Objekt sem razdelil na dve temperaturni coni:

- CONA 1: ogrevana cona (bivalni del)
- CONA 2: neogrevana cona (podstrešje)



Slika 11: tloris pritličja (1960)

### 6.5.2 Tehnični opis (lokacija, vrsta in namen stavbe)

Preglednica 35: tehnični opis stavbe (1960)

Naselje, ulica, kraj	Črnuče, / , Ljubljana
Katastrska občina	Ljubljana
Vrsta stavbe	Stanovanjske stavbe, ki se pri namenski uporabi ogrevajo na najmanj 18°C
Namembnost stavbe	Stanovanjski objekt
Etaže	P + 1

### 6.5.3 Geometrijske karakteristike stavbe

Preglednica 36: geometrijske karakteristike stavbe (1960)

Celotna zunanja površina stavbnega ovoja A	536,12m <sup>2</sup>
Ogrevana prostornina stavbe V	763,02m <sup>3</sup>
Neto ogrevana prostornina V <sub>e</sub>	512,82m <sup>3</sup>
Oblikovni faktor f <sub>o</sub>	0,70
Neto uporabna površina stavbe A <sub>U</sub>	213,56m <sup>2</sup>
Način upoštevanja vpliva toplotnih mostov	po 4. odstavku 8. člena Pravilnika (PURES 2010)

### 6.5.4 Seznam konstrukcijskih sklopov

Preglednica 37: zunanja stena (1960)

Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom, $U_{max} = 0,280 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Zunanja stena, $U = 1,423 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Material	Debelina (cm)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (/)
plemenita fasadna malta	2	1850	1050	0,700	15,0
mrežasti opečni votlak	30	1400	920	0,610	6,0
apnena malta	1	1600	1050	0,810	10,0
<b>Toplotna prehodnost ni ustrezna!</b> (PURES 2010)					

Preglednica 38: stropna konstrukcija (1960)

Strop proti neogrevanemu prostoru, strop v sestavi ravnih ali poševnih streh, $U = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Stropna konstrukcija (proti neogrevanemu podstrešju), $U = 1,339 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Meja med T.C. 1 in T.C. 2					
Material	Debelina (cm)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (/)
beton iz kam. agregata	5	2400	960	2,040	60,0
mrežasti opečni votlak	25	1200	920	0,520	4,0
Mavčno- kartonske plošče	1,5	900	840	0,210	12,0
<b>Toplotna prehodnost ni ustrezna!</b> (PURES 2010)					

Preglednica 39: strešna konstrukcija (1960)

Strop proti neogrevanemu prostoru, strop v sestavi ravnih ali poševnih streh, $U = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Strešna konstrukcija, $U = 3,176 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Material	Debelina (cm)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (/)
opečni strešniki	2	1900	880	0,990	40,0
beton iz kam. agregata	5	2200	960	1,510	30,0
mrežasti opečni votlak	25	1400	920	0,610	6,0
<b>Toplotna prehodnost ni ustrezna!</b> (PURES 2010)					

Preglednica 40: tla na terenu (1960)

Tla na terenu (ne velja za industrijske objekte), $U = 0,350 \text{ W/m}^2\text{K}$					
tla na terenu, $U = 4,171 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Material	Debelina (cm)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (/)
beton iz kam. agregata	10	2200	960	1,510	30,0
cementni estrih	5	2200	1050	1,400	30,0
keramične ploščice	1	2300	920	1,280	200,0
<b>Toplotna prehodnost ni ustrezna!</b> (PURES 2010)					

Vertikalna okna in balkonska vrata iz lesa ali umetnih mas,  $U_{\max} = 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$

- vezana okna, leseni okvirji, skupna površina  $A = 32,18\text{m}^2$ ,  $U = 2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$

Vhodna vrata,  $U_{\max} = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$

- lesena vhodna vrata (hrast),  $U = 3,196 \text{ W/m}^2\text{K}$

Z upoštevanjem zgoraj navedenih konstrukcijskih sklopov, geometrijskih parametrov in upoštevanjem klimatskih podatkov sem prišel do vhodnih podatkov, ki so potrebni izračun potrebne toplote za ogrevanje stavbe.

- ❖ Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe  $H_T'$

Izračunano	Max. dovoljeno (10. člen PURES-a)
1,19 W/m <sup>2</sup> K	0,51 W/m <sup>2</sup> K

- ❖ Letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe (7. člen)  $Q_h$

$$Q_h = 63517 \text{ kWh}$$

- ❖ Specifična letna toplota za ogrevanje  $Q_h/A_U$  (določena glede na vrsto stavbe)

Izračunano	Max. dovoljeno
297,42 kWh/m <sup>2</sup> a	73,11 kWh/m <sup>2</sup> a

Preglednica 41: energijska bilanca stavbe (1960)

Bilanca	kWh/m <sup>2</sup> a	[ % ]
Transmisijske izgube	261,71	77,3%
Ventilacijske izgube	76,85	22,7%
<b>Skupne izgube</b>	<b>338,56</b>	<b>100%</b>
Notranji dobitki	28,20	67,43%
Solarni dobitki	13,62	32,56%
<b>Skupni dobitki</b>	<b>41,82</b>	<b>100%</b>



Tudi pri analizi slednjega objekta ni bilo opaziti nobenih posebnih napredkov v smislu zmanjšanja porabe energije za ogrevanje objekta. Kot je bilo že povedano je objekt zasnovan brez kakršne koli toplotne izolacije razen ,če za to smatramo mrežaste opečne votlake, znotraj katerih je suh zrak, ki opravlja funkcijo toplotne izolacije. Specifična letna potrebna toplota za ogrevanje te stavbe znaša 297,42 kWh/m<sup>2</sup>a, kar je 4 krat previsoka vrednost glede na zahteve PURES-a 2010. Vzrok za tako visoko porabe energije za ogrevanje je, med drugim, tudi v bistveno previsokih toplotnih prehodnostih konstrukcijskih sklopov, ki obdajajo ogrevano cono. Ravno zaradi tega nas ne presenečajo velike transmisijske toplotne izgube ( ki predstavljajo 74% vseh toplotnih izgub), saj toplotna prehodnost konstrukcijskih sklopov (ob upoštevanju celotne površine le-teh) predstavlja ključni dejavnik pri računu. Pojavljati so se začela boljša, tako imenovana vezana okna, pri katerih je toplotna prehodnost nekoliko nižja ( $U = 2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). Sicer pa tudi ta vrednost močno presega predpisane, ki jih navaja zakonodaja. Kar se pa tiče solarnih dobitkov so ti v primerjavi z skupnimi izgubami ( tako transmisijskimi kot tudi z ventilacijskimi) zanemarljivo majhni, za kar je kriva arhitekturna zasnova stavbe z relativno majhnimi okni (ki so med drugim napačno orientirana – na južni strani stavbe imamo najmanjši delež odprtin).

## **6.6 Enodružinski stanovanjski objekt (1972)**

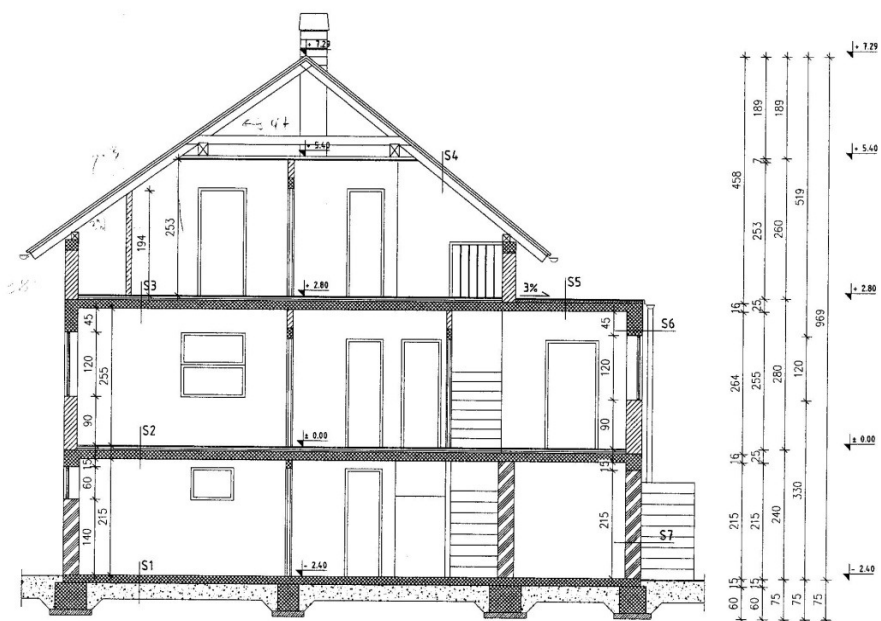
### **6.6.1 Lokacija objekta**

V splošnem velja, da so objekti, ki so bili grajeni do sredine sedemdesetih let slabše ali kvečjemu enako kvalitetno grajeni kot stavbe, ki so bile grajene do leta 1940. Razlogi so različni. Eden od teh je zagotovo v varčevanju oziroma omejenih finančnih sredstvih. Poleg tega pa je za to obdobje, predvsem pri gradnji stanovanjskih hiš, značilno samograditeljstvo zaradi katerega je prihajalo do (pre)pogostih napak pri izvedbi.

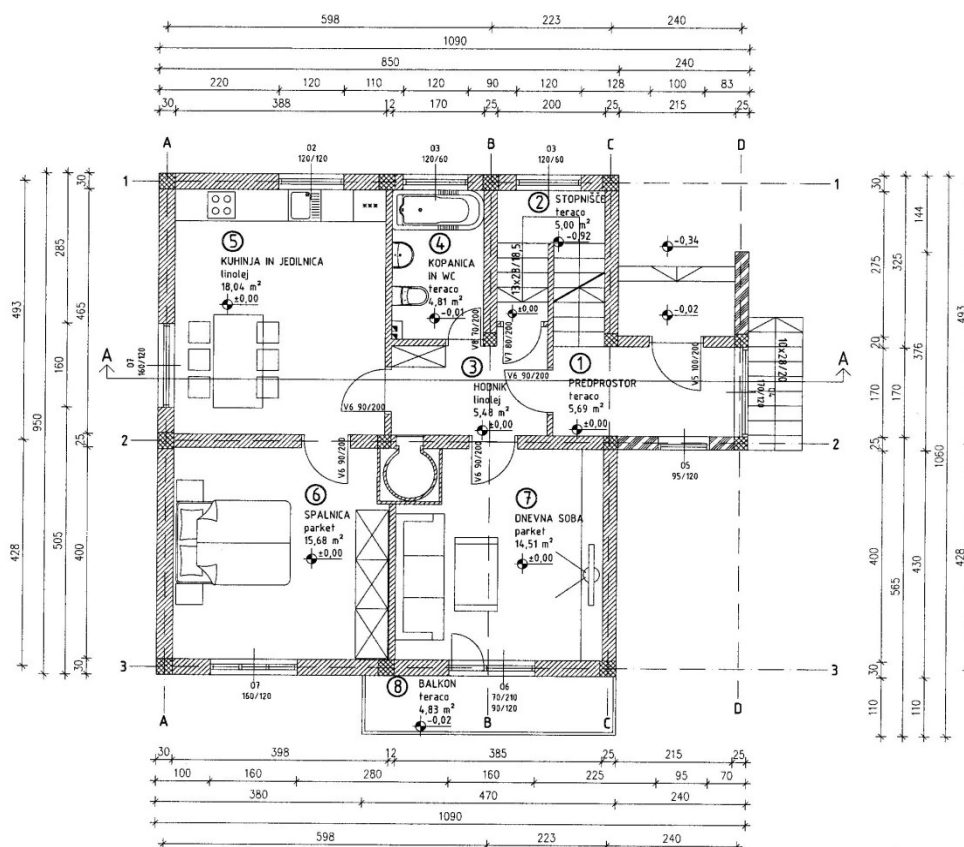
Obravnavana stavba je bila zgrajen leta 1972 in se nahaja na Ižanskem stradunu na Igu v Ljubljani. Objekt ima klet, pritličje in mansardo. Tlorisna oblika stavbe je pravokotna in meri 9,5m v širino in 10,9m v dolžino. Etažna višina v pritličju je 2,15 m, v zgornji etaži in mansardi pa 2,55m. V kleti, ki je delno vkopana v teren so servisni prostori in dve garaži, preko katerih je urejen pomožni vhod v stavbo. V pritličju so urejeni dnevni prostori, kot je kuhinja z jedilnico, dnevni prostor, kopalnica z WC-jem ter eno spalnico. V mansardi pa ima objekt prostore za spalnico ter še eno kopalnico s straniščem. Stopnišče, preko katerega je možen dostop iz kleti do mansarde, je pozicionirano na

hodniku. Streha je dvokapna z naklonom  $40^\circ$  in je orientirana v smeri S – J. Objekt sem razdelil na dve temperaturni coni in sicer :

- CONA 1: ogrevana cona (bivalni del ; pritličje in mansarda)
- CONA 2: neogrevana cona (klet)



Slika 12: prečni prerez (1972)



Slika 13: tloris pritličja (1972)

### 6.6.2 Tehnični opis (lokacija, vrsta in namen stavbe)

Preglednica 42: lokacija, vrsta in namen stavbe (1972)

Naselje, ulica, kraj	Ig, / , Ljubljana
Katastrska občina	Ljubljana
Vrsta stavbe	stanovanjske stavbe, ki se pri namenski uporabi ogrevajo na najmanj 18°C stan
Namembnost stavbe	Stanovanjski objekt
Etaže	K + P + M

### 6.6.3 Geometrijske karakteristike stavbe

Preglednica 43: geometrijske karakteristike stavbe (1972)

Celotna zunanja površina stavbnega ovoja A	358,16m <sup>2</sup>
Ogrevana prostornina stavbe V	51809m <sup>3</sup>
Neto ogrevana prostornina V <sub>e</sub>	450,12m <sup>3</sup>
Oblikovni faktor f <sub>o</sub>	0,44
Neto uporabna površina stavbe A <sub>U</sub>	123,03m <sup>2</sup>
Način upoštevanja vpliva toplotnih mostov	po 4. odstavku 8. člena Pravilnika (PURES 2010)

### 6.6.4 Seznam konstrukcijskih sklopov

Preglednica 44: zunanja stena (1972)

Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom, $U_{max} = 0,280 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Zunanja stena, $U = 1,305 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Material	Debelina (cm)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (/)
pod. apnena malta	1	1900	1050	0,990	25,0
mrežasti opečni votlak	30	1200	920	0,520	4,0
plemenita fasadna malta	2	1850	1050	0,700	15,0
<b>Toplotna prehodnost ne ustreza!</b> (PURES 2010)					

Preglednica 45: zunanja (kletna) stena (1972)

Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom, $U_{max} = 0,280 \text{ W/m}^2\text{K}$					
(kletna) zunanja stena, $U = 3,166 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Material	Debelina (cm)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (/)
gosti apnenci,dolomiti, marmorji	2	2650	920	2,300	65,0
cementna malta	1	2100	1050	1,400	30,0
beton iz kam. agregata	30	2400	960	2,040	60,0
podal. apnena malta	2	1800	1050	0,870	20,0
<b>Toplotna prehodnost ne ustreza!</b> (PURES 2010)					

Preglednica 46: stropna konstrukcija (1972)

Strop proti neogrevanemu prostoru, strop v sestavi ravnih ali poševnih streh, <b>U = 0,20W/m<sup>2</sup>K</b>					
Stropna konstrukcija, <b>U = 1,057 W/m<sup>2</sup>K</b>					
Material	Debelina (cm)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (/)
mavčno-kartonske plošče	1,5	900	840	0,210	12,0
horizo. zračna plast	10	1	1000	0,250	1,0
les, smreka/bor	3	500	2090	0,140	70,0
<b>Toplotna prehodnost ne ustreza!</b> (PURES 2010)					

Preglednica 47: strešna konstrukcija (1972)

Strop proti neogrevanemu prostoru, strop v sestavi ravnih ali poševnih streh, <b>U = 0,20W/m<sup>2</sup>K</b>					
Strešna konstrukcija, <b>U = 0,369 W/m<sup>2</sup>K</b>					
Material	Debelina (cm)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (/)
opečni strešniki	2	1900	880	0,990	40,0
alu. Folija	0,15	2700	940	203	700000,0
mineralna / steklena volna	10	200	840	0,041	1,0
PVC folija	0,2	1200	960	0,190	42000,0
mavčno-kartonske plošče	1,5	900	840	0,210	12,0
<b>Toplotna prehodnost ne ustreza!</b> (PURES 2010)					

Preglednica 48: tla nad neogrevano kletjo (1972)

Tla nad neogrevano kletjo, neogrevanim prostorom ali garažo, $U = 0,350 \text{ W/m}^2\text{K}$					
tla (pritličje), $U = 0,825 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Meja med T.C. 1 in T.C. 2					
Material	Debelina (cm)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (l)
hrastov parket	2	700	1670	0,210	15,0
cementni estrih	6	2200	1050	1,400	30,0
PVC	0,2	1400	960	0,230	10000,0
mineralna / steklena volna	3	200	840	0,041	1,0
beton iz kam. agregata	15	2400	960	2,040	60,0
<b>Toplotna prehodnost ne ustreza!</b> (PURES 2010)					

Preglednica 49: tla na terenu (1972)

Tla na terenu (ne velja za industrijske objekte), $U = 0,350 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Tla na terenu, $U = 3,442 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Material	Debelina (cm)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (l)
cementni estrih	6	2200	1050	1,400	30,0
FRAGMAT BITEM (HI)	2	1100	1050	0,170	1200,0
beton iz kam. agregata	15	2400	960	2,040	60,0
pesek in droban prodec	30	1500	840	1,400	15,0
<b>Toplotna prehodnost ne ustreza!</b> (PURES 2010)					

Vertikalna okna in balkonska vrata iz lesa ali umetnih mas,  $U_{\max} = 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$

- vezana okna, leseni okvirji, skupna površina  $A = 21,06 \text{ m}^2$ ,  $U = 2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$

Vhodna vrata,  $U_{\max} = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$

- lesena vhodna vrata (hrast),  $U = 3,196 \text{ W/m}^2\text{K}$

Z upoštevanjem zgoraj navedenih konstrukcijskih sklopov, geometrijskih parametrov in upoštevanjem klimatskih podatkov sem prišel do vhodnih podatkov, ki so potrebni izračun potrebne toplote za ogrevanje stavbe.

- ❖ Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe  $H_T'$

Izračunano	Max. dovoljeno (10. člen PURES-a)
1,04 W/m <sup>2</sup> K	0,64 W/m <sup>2</sup> K

- ❖ Letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe (7. člen)  $Q_h$

$$Q_h = 37908 \text{ kWh}$$

- ❖ Specifična letna toplota za ogrevanje  $Q_h/A_U$  (določena glede na vrsto stavbe)

Izračunano	Max. dovoljeno
308,12 kWh/m <sup>2</sup> a	62,41 kWh/m <sup>2</sup> a

Preglednica 50: energijska bilanca stavbe (1972)

Bilanca	kWh/m <sup>2</sup> a	[ %]
Transmisijske izgube	286,09	76,24%
Ventilacijske izgube	89,14	31,15%
<b>Skupne izgube</b>	<b>375,23</b>	<b>100%</b>
Notranji dobitki	27,60	47,55%
Solarni dobitki	30,44	52,44%
<b>Skupni dobitki</b>	<b>58,04</b>	<b>100%</b>

Kljub temu, da je na tej stavbi pri nekaterih konstrukcijskih sklopih vgrajena toplotna izolacija (mineralna volna pri strešni konstrukciji) je njena potreba po dodatni toploti za ogrevanje še vedno previsoka. Specifična letna potrebna toplota za ogrevanje te stavbe je 308,12 kWh/m<sup>2</sup>a, kar je skoraj 5 krat več od maksimalne dovoljene (PURES 2010) vrednosti. Razloge za to gre iskati predvsem v previsoki toplotni prehodnosti konstrukcijskih sklopov, saj nam to nakazuje že koeficient specifičnih transmisijskih izgub, ki znaša 1,04 W/m<sup>2</sup>K in je tako za 62,5 odstotnih točk previsok. Iz toplotne bilance obravnavane stavbe je takoj opazno, da predstavljajo ravno transmisijske izgube največji delež (76%) in so tako, v največji meri, krive za tako stanje. Tudi okna, ki so vgrajena na objektu so zelo slaba. Njihova toplotna prehodnost je 2,8 W/m<sup>2</sup>K in tako še dodatno poslabšujejo stanje v stavbi. Solarni dobitki so v primerjavi z izgubami zanemarljivo majhni (30,44 kWh/m<sup>2</sup>a). Skupna površina transparentnih delov zunanega ovoja znaša skromnih 21m<sup>2</sup>, kar v primerjavi s celotno zunanjo površino le slabih 6%, poleg tega pa so odprtine v ovoju napačno orientirane.

## 6.7 Dvodružinski stanovanjski objekt (1985)

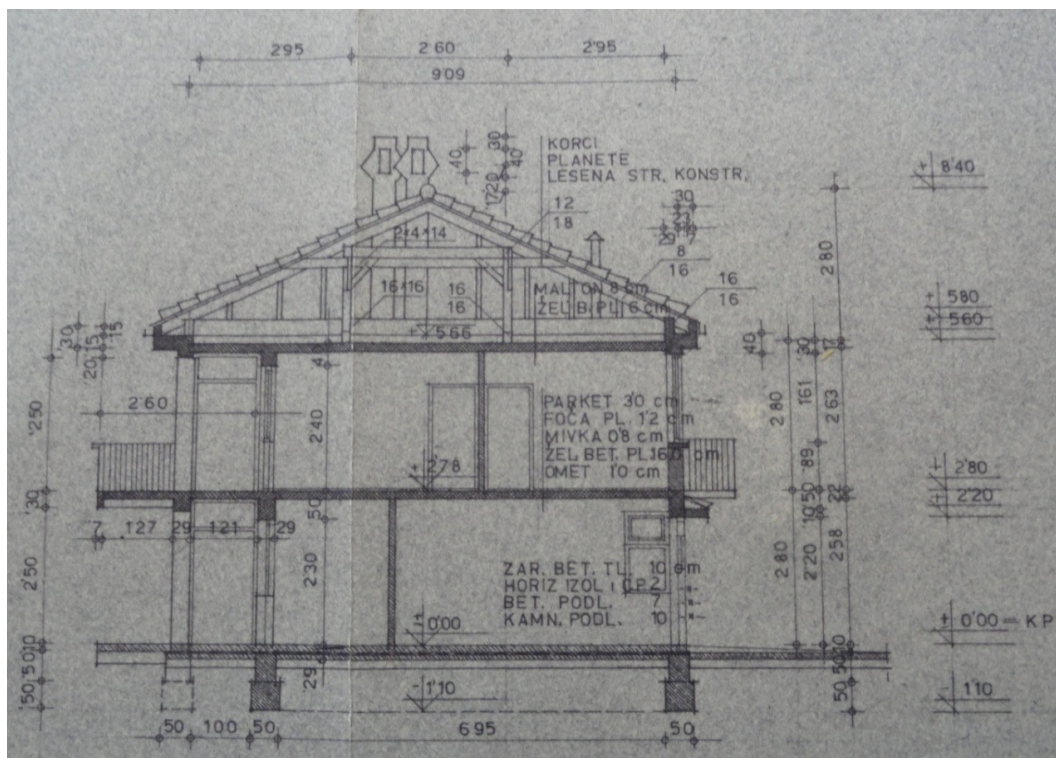
### 6.7.1 Lokacija objekta

Dvostanovanjski objekt se nahaja na Brdu v Ljubljani in je bil zgrajen leta 1985. Značilnost te stavbe je uporaba toplotnih izolacij v obliki polistirena in steklene volne. V tem obdobju so se namreč začela pojavljati prva vprašanja okoli energetskih bilanc v stanovanjskih stavbah (tudi javnih, itn.).

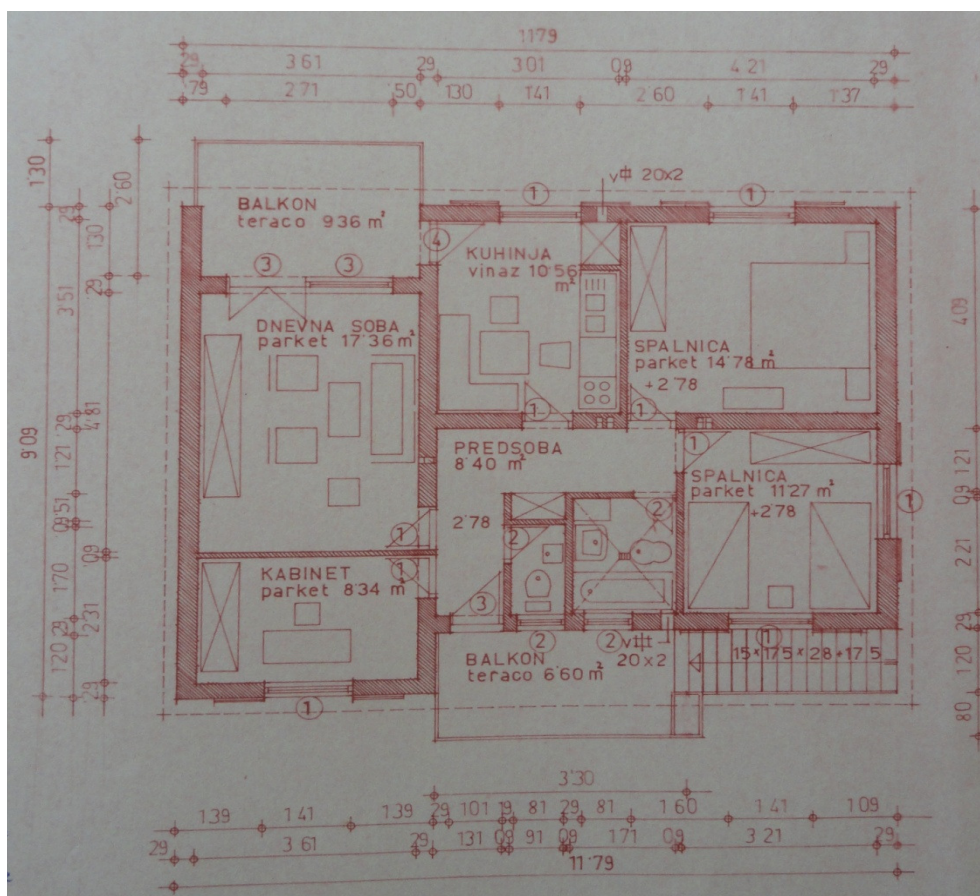
Obravnavani objekt je pravokotne oblike in sicer meri 11,8m v dolžino in 9,1m v širino. V pritličju ima poleg prostorov za bivanje ljudi (spalnica, kuhinja z jedilnico, dnevni prostor in stranišče s kopalnico) tudi garažni prostor ter klet. V nadstropju pa ima še eno stanovanje, ki je glede na zasnovo popolnoma enako z edino razliko v tem, da ima namesto garažnega prostora in kleti dve dodatni spalnici. Etažna višina je 2,55m. Streha je dvokapna in ima naklon 32°. Slemenska lega je orientirana v smeri V – Z. Objekt sem razdelil na dve temperaturni coni, in sicer:

- CONA 1:ogrevana cona; bivalni del (pritličje in nadstropje)
- CONA 2: neogrevana cona (mansarda)





Slika 14: prečni prerez (1985)



Slika 15: tloris nadstropja (1985)

### 6.7.2 Tehnični opis (lokacija, vrsta in namen stavbe)

Preglednica 51: tehnični opis (1985)

Naselje, ulica, kraj	Brdo, / , Ljubljana
Katastrska občina	Ljubljana
Vrsta stavbe	stanovanjske stavbe, ki se pri namenski uporabi ogrevajo na najmanj 18°C stan
Namembnost stavbe	Stanovanjski objekt
Etaže	P + 1 + M

### 6.7.3 Geometrijske karakteristike stavbe

Preglednica 52: geometrijske karakteristike stavbe (1985)

Celotna zunanja površina stavbnega ovoja A	393,45m <sup>2</sup>
Ogrevana prostornina stavbe V	545,34m <sup>3</sup>
Neto ogrevana prostornina V <sub>e</sub>	436,27m <sup>3</sup>
Oblikovni faktor f <sub>o</sub>	0,72
Neto uporabna površina stavbe A <sub>U</sub>	151,87m <sup>2</sup>
Način upoštevanja vpliva toplotnih mostov	po 4. odstavku 8. člena Pravilnika (PURES 2010)

### 6.7.4 Seznam konstrukcijskih sklopov

Preglednica 53: zunanja stena (1985)

Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom, $U_{max} = 0,280 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Zunanja stena, $U = 0,442 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Material	Debelina (cm)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (/)
podal. apnena malta	2	1900	1050	0,990	25,0
mrežasti opečni votlak	29	1200	920	0,520	4,0
ekstrudirani polistiren	6	60	1500	0,040	250,0
plemenita fasadna malta	1	1850	1050	0,700	15,0
<b>Toplotna prehodnost ni ustrezna! (PURES 2010)</b>					

Preglednica 54: strop proti neogrevanemu podstrežju (1985)

Strop proti neogrevanemu prostoru, strop v sestavi ravnih ali poševnih streh, $U = 0,20 \text{ W/m}^2 \text{ K}$					
Strop proti podstrežju, $U = 0,445 \text{ W/m}^2 \text{ K}$					
Meja med T.C. 1 in T.C. 2					
Material	Debelina (cm)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (/)
cementni estrih	6	2200	1050	1,400	30,0
PVC	0,2	1400	960	0,230	10000,0
mineralna / steklena volna	8	200	840	0,041	1,0
beton iz kam. agregata	10	2200	960	1,510	30,0
podal. apnena malta	1	1900	1050	0,990	25,0
<b>Toplotna prehodnost ni ustrezna! (PURES 2010)</b>					

Preglednica 55: strešna konstrukcija (1985)

Strop proti neogrevanemu prostoru, strop v sestavi ravnih ali poševnih streh, $U = 0,20 \text{ W/m}^2 \text{ K}$					
Strešna konstrukcija, $U = 3,822$					
Material	Debelina (cm)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (/)
opečni strešniki	2	1900	880	0,990	40,0
les, smreka/bor	1	500	2090	0,140	70,0
<b>Toplotna prehodnost ni ustrezna! (PURES 2010)</b>					

Preglednica 56: tla na terenu (1985)

Tla na terenu (ne velja za industrijske objekte), $U = 0,350 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Tla na terenu, $U = 0,432$					
Material	Debelina (cm)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (/)
keramične ploščice	2	2300	920	1,280	200,0
cementni estrih	6	2200	1050	1,400	30,0
PVC	0,2	1400	960	0,230	10000,0
mineralna / steklena volna	8	200	840	0,041	1,0
beton iz kam. agregata	8	2400	960	2,040	60,0
pesek in droban prodec	20	1500	840	1,400	15,0
<b>Toplotna prehodnost ni ustrezna! (PURES 2010)</b>					

Vertikalna okna in balkonska vrata iz lesa ali umetnih mas,  $U_{\max} = 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$

- vezana okna, aluminijasti okvirji, skupna površina A 30,4m<sup>2</sup>,  $U = 2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$

Vhodna vrata,  $U_{\max} = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$

- lesena vhodna vrata (hrast),  $U = 3,196 \text{ W/m}^2\text{K}$

Z upoštevanjem zgoraj navedenih konstrukcijskih sklopov, geometrijskih parametrov in upoštevanjem klimatskih podatkov sem prišel do vhodnih podatkov, ki so potrebni izračun potrebne toplote za ogrevanje stavbe.

- ❖ Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe  $H_T'$

Izračunano	Max. dovoljeno (10. člen PURES-a)
0,94 W/m <sup>2</sup> K	0,51 W/m <sup>2</sup> K

- ❖ Letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe (7. člen)  $Q_h$

$$Q_h = 35387 \text{ kWh}$$

❖ Specifična letna toplota za ogrevanje  $Q_H/A_U$  (določena glede na vrsto stavbe)

Izračunano	Max. dovoljeno
233,01 kWh/m <sup>2</sup> a	73,86 kWh/m <sup>2</sup> a

Preglednica 57: energijska bilanca stavbe (1985)

Bilanca	kWh/m <sup>2</sup> a	[ %]
Transmisijske izgube	216,40	73,37%
Ventilacijske izgube	78,52	26,62%
<b>Skupne izgube</b>	<b>294,91</b>	<b>100%</b>
Notranji dobitki	28,20	28,20%
Solarni dobitki	35,76	35,76%
<b>Skupni dobitki</b>	<b>63,96</b>	<b>100%</b>

Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub je v primerjavi s starejšimi stavbami nižji, vendar je kljub temu še vedno 2 krat večji od dovoljene vrednosti, ki jo določa PURES2010. Razlog za nižje toplotne izgube je v uporabi polistirena, 6cm debele toplotne izolacije, ki je vgrajena po celotni zunanji steni. Toplotna prevodnost tega materiala je  $\lambda = 0,040 \text{ W/mK}$ . Rezultat so zunanje stene s toplotno prehodnostjo  $U = 0,442 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Ravno tako sta tudi ostala dva konstrukcijska sklopa, ki mejita na neogrevano cono oziroma na tla toplotno izolirana (vendar je toplotna prehodnost vseh konstrukcijskih sklopov, glede na pravilnik, še vedno previsoka). V obeh primerih je vgrajenih 8 cm mineralne volne, ki s toplotno prevodnostjo  $\lambda = 0,041 \text{ W/mK}$  pripomore k manjšim toplotnim izgubam. Tako so se v energijski bilanci stavbe transmisijske toplotne izgube znižale in sedaj znašajo  $216,40 \text{ W/m}^2\text{K}$  (73,37%). Skupna vrednost izgub (transmisijskih in ventilacijskih) je sedaj  $294,91 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ . Stavba ima vgrajena tudi boljše okna katerih toplotna prehodnost je  $2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Hkrati pa so se (tudi zaradi orientiranosti) zvišali solarni dobitki, ki sedaj znašajo  $35,76 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

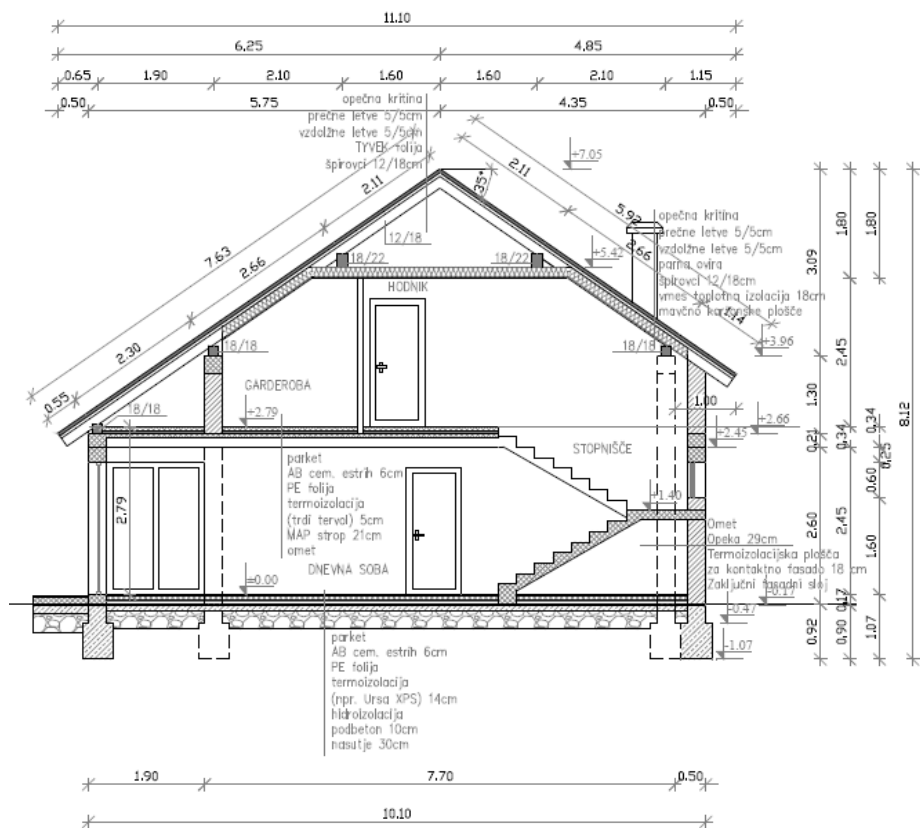
Posledica tega je nižja specifična letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe. Njena vrednost sedaj znaša  $233,01 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  in se zaradi tega (za  $23,01 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ ) uvršča v zadnji v zadnji energijski razred G.

## 6.8 Enodružinski stanovanjski objekt (2000)

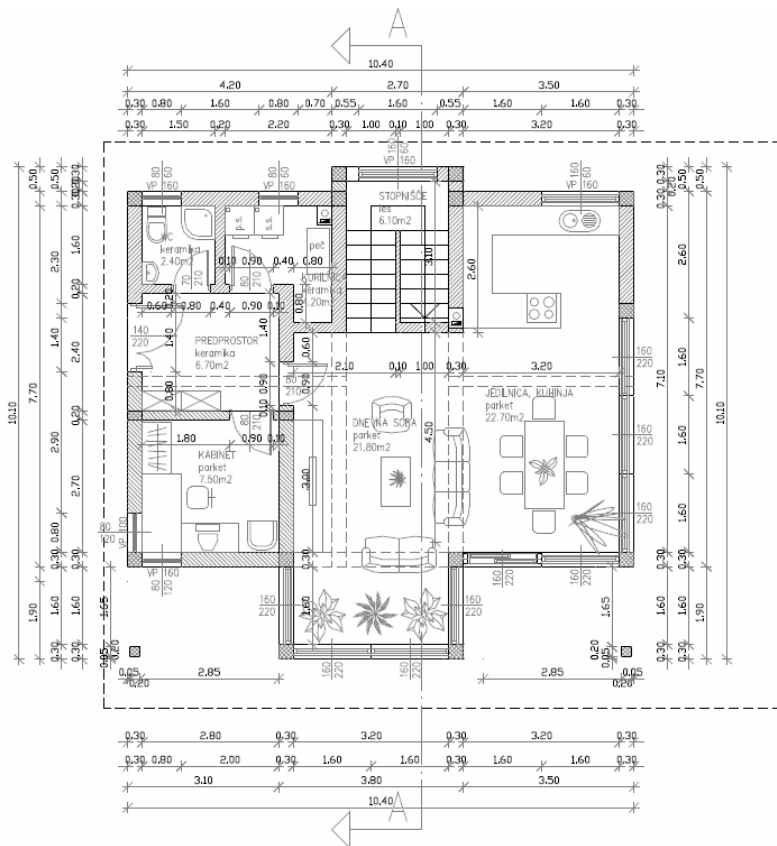
### 6.8.1 Lokacija objekta

Obravnavani objekt se nahaja v bližnji okolici Ljubljane, in sicer v Podutiku. Gre za individualni objekt, enodružinsko stanovanjsko stavbo pravokotne oblike, ki meri 10m v širino in 10,4m v dolžino. Etažna višina v stavbi je 2,45m. Objekt je nepodkleten, poleg pritličje ima tudi mansardo, ki je namenjena bivanju ljudi. Stavba je relativno nova, zgrajena je bila leta 2000. Gre za klasično gradnjo z uporabo opečnih votlakov in dodatnim slojem toplotne izolacije. Kot bomo videli v nadaljevanju ta objekt dokazuje dejstvo, da so se v tem obdobju ljudje začeli spogledovati s prihajajočimi novimi predpisi na področju porabe energije v stanovanjskih stavbah, saj so se vsi energijski kazalci (v primerjavi s dosedanjimi objekti) znižali.. Vsi elementi zunanega ovoja objekta so dodatno toplotno izolirani. Stavba ima dvokapno streho, ki je orientirana v smeri V – Z. Ker gre za razmeroma enostaven, enodružinski objekt, poleg tega pa je nepodkleten je celotna stavba zajeta v eni temperaturni coni, in sicer:

- CONA 1: bivalni del (nadstropje in pritličje)



Slika 16: prečni prerez (2000)



Slika 17: tloris pritličja (2000)

### 6.8.2 Tehnični opis (lokacija, vrsta in namen stavbe)

Preglednica 58: tehnični opis stavbe (2000)

Naselje, ulica, kraj	Podutik, / , Ljubljana
Katastrska občina	Ljubljana
Vrsta stavbe	stanovanjske stavbe, ki se pri namenski uporabi ogrevajo na najmanj 18°C stan
Namembnost stavbe	Stanovanjski objekt
Etaže	P + M

### 6.8.3 Geometrijske karakteristike

Preglednica 59: geometrijske karakteristike (2000)

Celotna zunanja površina stavbnega ovoja A	297,68m <sup>2</sup>
Ogrevana prostornina stavbe V	440,00m <sup>3</sup>
Neto ogrevana prostornina V <sub>e</sub>	352,00m <sup>3</sup>
Oblikovni faktor f <sub>o</sub>	0,68
Neto uporabna površina stavbe A <sub>U</sub>	147,00m <sup>2</sup>
Način upoštevanja vpliva toplotnih mostov	po 4. odstavku 8. člena Pravilnika (PURES 2010)

### 6.8.4 Seznam konstrukcijskih sklopov

Preglednica 60: zunanja stena (2000)

Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom, $U_{\max} = 0,280 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Zunanja stena, $U = 0,205 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Material	Debelina (cm)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (/)
podal. apnena malta	2,5	1900	1050	0,990	25,0
mrežasti opečni votlak	29	1200	920	0,520	4,0
FRAMGAT KOMBIT (TI)	16,5	15	1030	0,040	4,0
plemenita fasadna malta	2	1850	1050	0,700	15,0
<b>Toplotna prehodnost je ustrezna! (PURES 2010)</b>					



Preglednica 61: strešna konstrukcija (2000)

Strop proti neogrevanemu prostoru, stropi v sestavi ravnih ali poševnih streh, $U_{\max} = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$					
strešna konstrukcija, $U = 0,161 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Material	Debelina (cm)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (l)
opečni strešniki	2	1900	880	0,990	40,0
les, smreka/bor	1,5	500	2090	0,140	70,0
polietilenska folija	0,2	1000	1250	0,190	80000,0
steklena volna	18	23	840	0,034	1,0
AL folija	0,02	2700	940	203,00	700000,0
mavčno kartonske plošče	1,5	900	840	0,210	12,0
<b>Toplotna prehodnost je ustrezna! (PURES 2010)</b>					

Preglednica 62: tla na terenu (2000)

Tla na terenu (ne velja za industrijske objekta), $U_{\max} = 0,350 \text{ W/m}^2\text{K}$					
tla na terenu, $U = 0,300 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Material	Debelina (cm)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (l)
hrastov parket	2	700	1670	0,210	15,0
cementni estrih	6	2200	1050	1,400	30,0
polietilenska folija	0,2	1000	1250	0,190	80000,0
ekstrudirani polistiren (TI)	12	60	1500	0,040	250,0
bitumen (HI)	1	1100	1050	0,170	1200,0
beton iz kam. agregata	10	2400	960	2,040	60,0
<b>Toplotna prehodnost je ustrezna! (PURES 2010)</b>					

Vertikalna okna in balkonska vrata iz lesa ali umetnih mas,  $U_{\max} = 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$

- dvojna zasteklitev, nizkoemisijski premaz, 10mm argon, skupna površina  $A = 36,48 \text{ m}^2$   $U = 1,41 \text{ W/m}^2\text{K}$

Vhodna vrata,  $U_{\max} = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$

- lesena vhodna vrata (hrast),  $U = 3,196 \text{ W/m}^2\text{K}$

Z upoštevanjem zgoraj navedenih konstrukcijskih sklopov, geometrijskih parametrov in upoštevanjem klimatskih podatkov sem prišel do vhodnih podatkov, ki so potrebni izračun potrebne toplote za ogrevanje stavbe.

- ❖ Koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub stavbe  $H_T'$

Izračunano	Max. dovoljeno (10. člen PURES-a)
0,63 W/m <sup>2</sup> K	0,52 W/m <sup>2</sup> K

- ❖ Letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe (7. člen)  $Q_h$

$$Q_h = 17075 \text{ kWh}$$

- ❖ specifična letna toplota za ogrevanje  $Q_h/A_U$  (določena glede na vrsto stavbe)

Izračunano	Max. dovoljeno
116,16 kWh/m <sup>2</sup> a	72,06 kWh/m <sup>2</sup> a

Preglednica 63: energijska bilanca stavbe (2000)

Bilanca	kWh/m <sup>2</sup> a	[ % ]
Transmisijских izgube	115,83	63,51%
Ventilacijske izgube	66,53	36,48%
<b>Skupne izgube</b>	<b>182,36</b>	<b>100%</b>
Notranji dobitki	28,80	41,14%
Solarni dobitki	41,19	58,85%
<b>Skupni dobitki</b>	<b>69,99</b>	<b>100%</b>

Koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub se je konkretno znižal, in sicer skoraj do predpisane vrednosti, ki za to stavbo znaša  $H_T' = 0,52 \text{ W/m}^2\text{K}$  (PURES 2010). Pri obravnavani stavbi je ta koeficient za  $0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$  previsok, kar je v primerjavi z dosedanjimi objekti razmeroma dober rezultat. Iz toplotne bilance obravnavane stavbe je lepo razvidno, kako so se tudi skupne izgube (tako transmisijских – 63,51% kakor tudi ventilacijske 36,48%) zmanjšale in tako znašajo  $182,36 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ . Tudi specifična letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe se je nekoliko znižala, a kljub temu ostaja

previsoka, saj znaša  $116,16 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  (glede na zahteve PURES-a 2010 je ta vrednost 1,6 krat višja od maksimalno dovoljene).

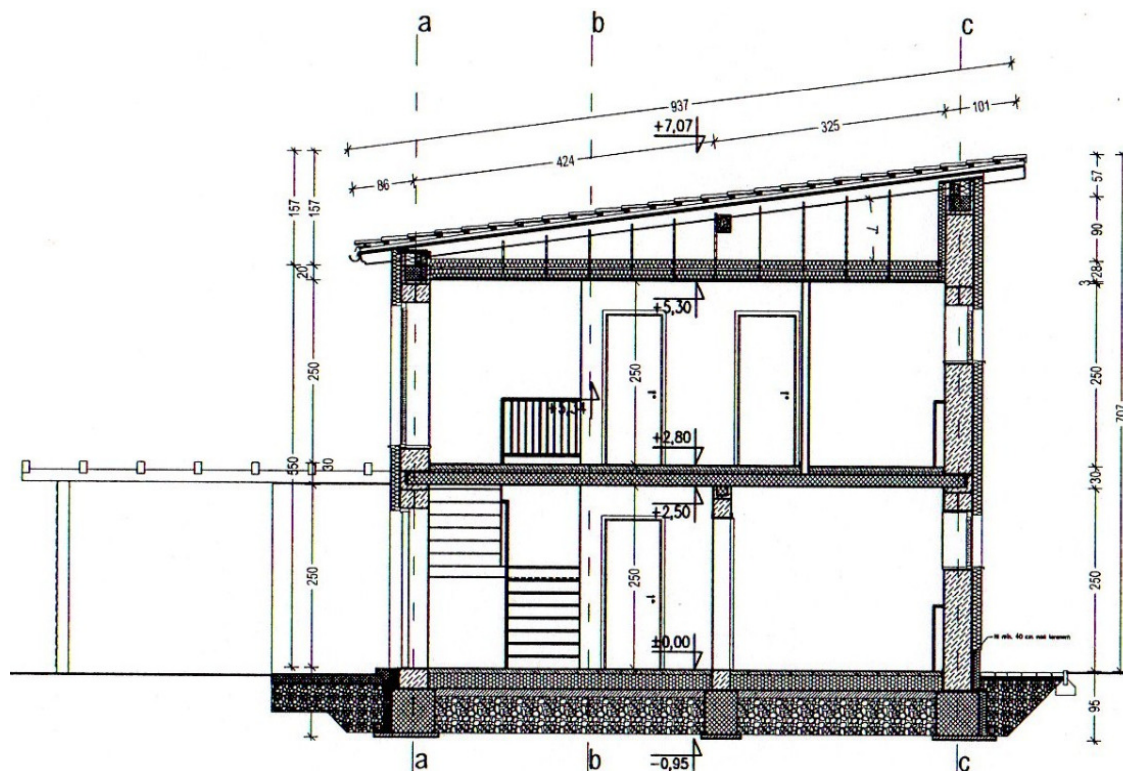
Vzrok za nižje toplotne izgube je v vgradnji toplotne izolacije po celotnem zunanjem stavbnem ovoju. Poudariti je potrebno, da so konstrukcijski sklopi, ki mejijo na zunanji zrak pravilno zasnovani in izpolnjujejo zahteve po maksimalno dovoljenih toplotnih prehodnostih, ki jih določa Tehnična smernica. Stavba ima vgrajena tudi boljša, energetske bolj učinkovita okna, ki so sestavljena iz dvojne zasteklitve med katerimi je 10mm Argona, poleg tega pa imajo tudi nizko emisijski premaz. Njihova toplotna prehodnost je  $1,41 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Tudi solarni dobitki so se, v primerjavi z dosedanjimi objekti, ki so bili vključeni v analizo, povečali. Razlog za to je predvsem v večji površini transparentnih delov ovoja stavbe ( $36,48 \text{ m}^2$ ) ter v orientiranosti le-teh. Večji delež odprtin se nahaja na vzhodni (38,6%) oziroma na južni strani stavbe (41,12%).

## **6.9 Enodružinski stanovanjski objekt (2010)**

### **6.9.1 Lokacija objekta**

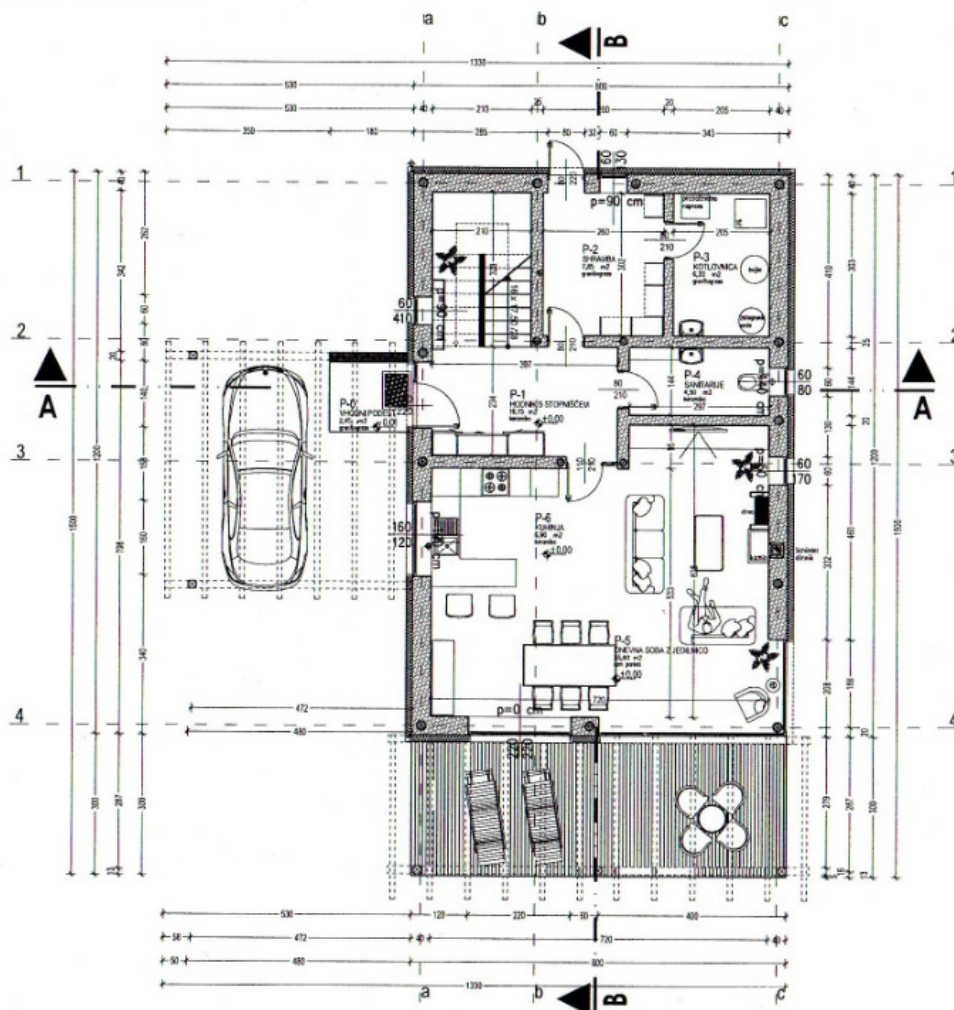
Zadnji objekt, ki je predstavljen v analizi je enodružinski stavba, ki je zgrajena iz blokov penobetona. Tudi ta stavba ima pravokotno obliko in meri 12m v dolžino, 8m v širino, njena etažna višina pa je 2,5m. Stavba je nepodkletena in ima poleg pritličja tudi mansardo. Na severnem delu objekta se v pritličju nahajajo prostori kot so shramba, kotlovnica, sanitarije ter hodnik s stopniščem. Na južno fasado stavbe mejijo dnevno bivalni prostori ( kuhinja ter dnevna soba z jedilnico) z velikimi steklenimi površinami, ki omogočajo gretje prostorov v zimskem času. V mansardi pa imamo na severnem delu stavbe manjši delovni prostor, shrambo in stopnišče. Preostali del pa zasedajo prostori za počitek kot so kopalnica, spalnica in otroška soba. Kot posebnost objekta naj omenim, da ima stavba povsem neuporabno podstrešje, ki je toplotno dobro izolirano (meja med temperaturnima conama). Funkcija tega prostora je zgolj zagotavljanje naklona strešni konstrukciji. Ta je enokapna (sestavlja jo le ena strešina), njen naklon pa je  $10^\circ$ . Ker gre za razmeroma enostaven, enodružinski objekt, sem pri računu upošteval dve temperaturni coni, in sicer:

- CONA 1: bivalni del (pritličje, mansarda)
- CONA 2: podstrešje



Slika 18: prečni prerez (2010)

### TLORIS PRITLIČJA



Slika 19: tloris pritličja (2010)

### 6.9.2 Tehnični opis (lokacija, vrsta in namen stavbe)

Preglednica 64: Tehnični opis stavbe (2010)

Naselje, ulica, kraj	Rožna dolina, /, Ljubljana
Katastrska občina	Ljubljana
Vrsta stavbe	stanovanjske stavbe, ki se pri namenski uporabi ogrevajo na najmanj 18°C stan
Namembnost stavbe	Stanovanjski objekt
Etaže	P + 1

### 6.9.3 Geometrijske karakteristike

Preglednica 65: geometrijske karakteristike (2010)

Celotna zunanja površina stavbnega ovoja A	477,12m <sup>2</sup>
Ogrevana prostornina stavbe V	365,63m <sup>3</sup>
Neto ogrevana prostornina V <sub>e</sub>	292,50m <sup>3</sup>
Oblikovni faktor f <sub>o</sub>	1,30
Neto uporabna površina stavbe A <sub>U</sub>	146,25m <sup>2</sup>
Način upoštevanja vpliva toplotnih mostov	po 4. odstavku 8. člena Pravilnika (PURES 2010)

### 6.9.4 Seznam konstrukcijskih sklopov

Preglednica 66: zunanja stena (2010)

Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom, <b>U<sub>max</sub> = 0,280 W/m<sup>2</sup>K</b>					
Zunanja stena, <b>U = 0,155 W/m<sup>2</sup>K</b>					
material	Debelina (cm)	δ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	λ(W/mK)	μ (/)
podal. apnena malta	1	1900	1050	0,990	25,0
bloki iz celičastega betona	40	500	500	0,150	4,0
FRAGMAT EPS 70	14	15	15	0,039	25,0
podal. apnena malta	1	1700	1700	0,850	15,0
<b>Toplotna prehodnost je ustrezna! (PURES 2010)</b>					

Preglednica 67: zunanja stena pri neogrevanem podstrešju (2010)

Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom, $U_{max} = 0,280 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Zunanja stena (neogrevano podstrešje), $U = 0,122 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Material	Debelina (cm)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (/)
mavčno kartonske plošče	1,5	900	840	0,210	12,0
ALU folija	0,15	2700	940	203,00	700000,0
FRAGMAT STIROCOKL (TI)	10	25	1260	0,037	40,0
bloki iz plinobetona	40	600	1050	0,270	2,2
FRAGMAT STIROCOKL (TI)	14	25	1260	0,037	40,0
plemenita fasadna malta	2	1850	1050	0,700	15,0
<b>Toplotna prehodnost je ustrezna! (PURES 2010)</b>					

Preglednica 68: strešna konstrukcija (2010)

Strop proti neogrevanemu prostoru, strop v sestavi ravnih ali poševnih streh, $U = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Strešna konstrukcija, $U = 1,677 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Material	Debelina (cm)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (/)
opečni strešniki	2	1900	880	0,990	40,0
ALU folija	0,5	2700	940	203,00	700000,0
FRAGMAT IZOTEM V3 (TI)	5	1300	1460	0,190	14000,0
les, smreka / bor	2	500	2090	0,140	70,0
<b>Toplotna prehodnost je ustrezna! (PURES 2010)</b>					

Preglednica 69: strop proti neogrevanemu podstrešju (2010)

Strop proti neogrevanemu prostoru, strop v sestavi ravnih ali poševnih streh, $U = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Strop proti neogrevanemu podstrešju, $U = 0,129 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Meja med T.C. 1 in T.C. 2					
Material	Debelina (cm)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (l)
mavčno kartonaste plošče	1,5	900	840	0,210	12,0
ALU folija	0,2	2700	940	203,00	700000,0
kamena volna	28	30	840	0,038	1,0
les, smreka / bor	2	500	2090	0,140	70,0
<b>Toplotna prehodnost je ustrezna! (PURES 2010)</b>					

Preglednica 70: tla na terenu (2010)

Tla na terenu (ne velja za industrijske objekte), $U = 0,350 \text{ W/m}^2\text{K}$					
tla na terenu, $U = 0,192 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Material	Debelina (cm)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (l)
hrastov parket	2	700	1670	0,210	15,0
cementni estrih	6	2200	1050	1,400	30,0
polietilenska folija	0,2	1000	1250	0,190	80000,0
mineralna volna	20	200	840	0,041	1,0
FRAGMAT BITEM	1	1100	1050	0,170	1200,0
beton iz kam. agregata	10	2200	960	1,510	30,0
pesek in droban prodec	30	1500	840	1,400	15,0
<b>Toplotna prehodnost je ustrezna! (PURES 2010)</b>					

Vertikalna okna in balkonska vrata iz lesa ali umetnih mas,  $U_{\max} = 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$

- dvojna zasteklitev, nizkoemisijski premaz, 10mm argon, skupna površina  $A = 40,86 \text{ m}^2$   $U = 1,41 \text{ W/m}^2\text{K}$

Vhodna vrata,  $U_{\max} = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$

- lesena vhodna vrata (hrast),  $U = 3,196 \text{ W/m}^2$



Z upoštevanjem zgoraj navedenih konstrukcijskih sklopov, geometrijskih parametrov in upoštevanjem klimatskih podatkov sem prišel do vhodnih podatkov, ki so potrebni izračun potrebne toplote za ogrevanje stavbe.

- ❖ Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe  $H_T'$

Izračunano	Max. dovoljeno (10. člen PURES-a)
0,50W/m <sup>2</sup> K	0,41 W/m <sup>2</sup> K

- ❖ Letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe (7. člen)  $Q_h$

$$Q_h = 18939 \text{ kWh}$$

- ❖ specifična letna toplota za ogrevanje  $Q_h/A_U$  (določena glede na vrsto stavbe)

Izračunano	Max. dovoljeno
129,50 kWh/m <sup>2</sup> a	97,20 kWh/m <sup>2</sup> a

Preglednica 71: energijska bilanca stavbe (2010)

Bilanca	kWh/m <sup>2</sup> a	[ % ]
Transmisijske izgube	145,71	75,14%
Ventilacijske izgube	48,19	24,85%
<b>Skupne izgube</b>	<b>193,90</b>	<b>100%</b>
Notranji dobitki	28,20	36,60%
Solarni dobitki	48,84	63,39%
<b>Skupni dobitki</b>	<b>77,04</b>	<b>100%</b>

Kot zadnji objekt v analizi potrebne toplote za ogrevanje stavbe sem izbral enodružinsko stanovanjsko stavbo, ki je bila zgrajena leta 2010. Specifična letna toplota za ogrevanje tega objekta znaša 129,50 kWh/m<sup>2</sup>a. Maksimalna dovoljena vrednost za letno toplota za ogrevanje znaša 97,20 kWh/m<sup>2</sup>a. To pomeni, da je prekoračena za slabih 30 odstotnih točk. Kljub temu je potrebno poudariti, da je to bistveno preveč. Nikakor ne smemo dovoliti, da bi bil objekt, ki je bil zgrajen v letu 2010 tako velik porabnik toplote za ogrevanje. Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe se je (v primerjavi z objektom zgrajenim leta 2000) še dodatno znižal in je sedaj le za 0,09 W/m<sup>2</sup>K višji od

maksimalne dovoljene vrednosti, ki znaša  $0,41 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Zasluga za to gre predvsem nizkim toplotnim prehodnostim konstrukcijskih sklopov, ki obdajajo ogrevano cono. Vgradnja 28cm debele mineralne volne je ( $\lambda=0,041 \text{ W/mK}$ ), je v kombinaciji z ostalimi materiali, privedlo do zelo nizke toplotne prehodnosti stropne konstrukcije v zgornji etaži (ki je hkrati meja med ogrevano in neogrevano cono). Ravno tako se je znižala tudi toplotna prehodnost zunanje stene. Že sam material, ki opravlja nosilno funkcijo (penobeton) ima nižjo toplotno prevodnost ( $\lambda=0,150 \text{ W/mK}$ ). Če pa zraven dodamo še 14cm toplotne izolacije s toplotno prevodnostjo  $\lambda =0,039 \text{ W/mK}$  dobimo konstrukcijski sklop z U faktorjem, ki znaša  $0,155 \text{ W/mK}$ . Na objektu so vgrajena okna z dvojno zasteklitvijo med katerimi je 10mm Argona. Toplotna prehodnost takih oken je  $1,41 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Glede na njihovo veliko skupno površino ( $40,86 \text{ m}^2$ ) so temu primerni tudi solarni dobitki, ki znašajo  $48,84 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ . Večji delež transparentnih delov stavbe je namreč na južni strani, kar dodatno pripomore k takšnemu deležu le-teh.

## 7. ZAKLJUČEK

Stanovanjske stavbe iz različnih obdobj se razlikujejo že po samem načinu gradnje. Kot smo lahko videli v analizi so sestave konstrukcijskih sklopov različne, posledica tega pa so drugačne toplotne prehodnosti le-teh. Materiali, ki sestavljajo zunanji ovoj stavbe naj bi zagotovili toplotno prehodnost s katero bi preprečili prekomerni prehod toplote v zunanjo okolico. Pri večini analiziranih stavb je bil toplotna prehodnost prenizka, saj so transmisijske toplotne izgube v vseh primerih predstavljale največji delež toplotnih izgub. Transmisijske toplotne izgube so namreč odvisne ravno od toplotne prehodnosti in površine konstrukcijskih elementov, ki obdajajo posamezne ogrevane cone. Izhodišče pri izračunu ventilacijskih izgub smo s tem, ko smo predpostavili enako urno izmenjavo zraka z okolico (pri vseh stavbah) poenotili. Toplota pa ne uhaja samo skozi konstrukcijske sklope. Pomembno vlogo pri preprečevanju toplotnih izgub ima tudi stavbno pohištvo. Pri vseh stavbah je toplotna prehodnost oken višja kot zahteva Tehnična smernica, kar pa je, pri toplotni bilanci posameznih stavb, stanje še dodatno poslabšalo.

Pravilnik o učinkoviti rabi energije PURES 2010 določa tehnične zahteve tudi na področju rabe energije za hlajenje, pripravo tople vode, razsvetljave, itn. V tem diplomskem delu smo se omejili predvsem z izračunom potrebne energije za ogrevanje stavbe. Na podlagi koeficienta specifičnih transmisijskih toplotnih izgub ( $H_T$ ), ki smo ga s pomočjo obeh programov (TEDi in TOST) izračunali smo ugotovili kolikšen delež teh izgub odpade na transmisijske in kolikšen del le-teh na ventilacijske izgube. Vsaka stavba pa ima tudi nekatere toplotne pritoke. Tukaj mislimo predvsem na solarne dobitke, vendar so le-ti v primerjavi z izgubami skoraj zanemarljivi. Predvsem za starejše stavbe je namreč značilno, da imajo majhna okna, poleg tega pa ne izkoriščajo »južne orientacije«. Poleg

solarnih dobitkov imamo pri vsaki stavbi tudi tako imenovane notranje dobitke znotraj katerih je upoštevana toplota, ki jo oddajamo ljudje in razne električne naprave (kuhinja). Notranji dobitki so pri vseh stavbah, ki so predmet te analize vezani na neto uporabno površino stavbe.

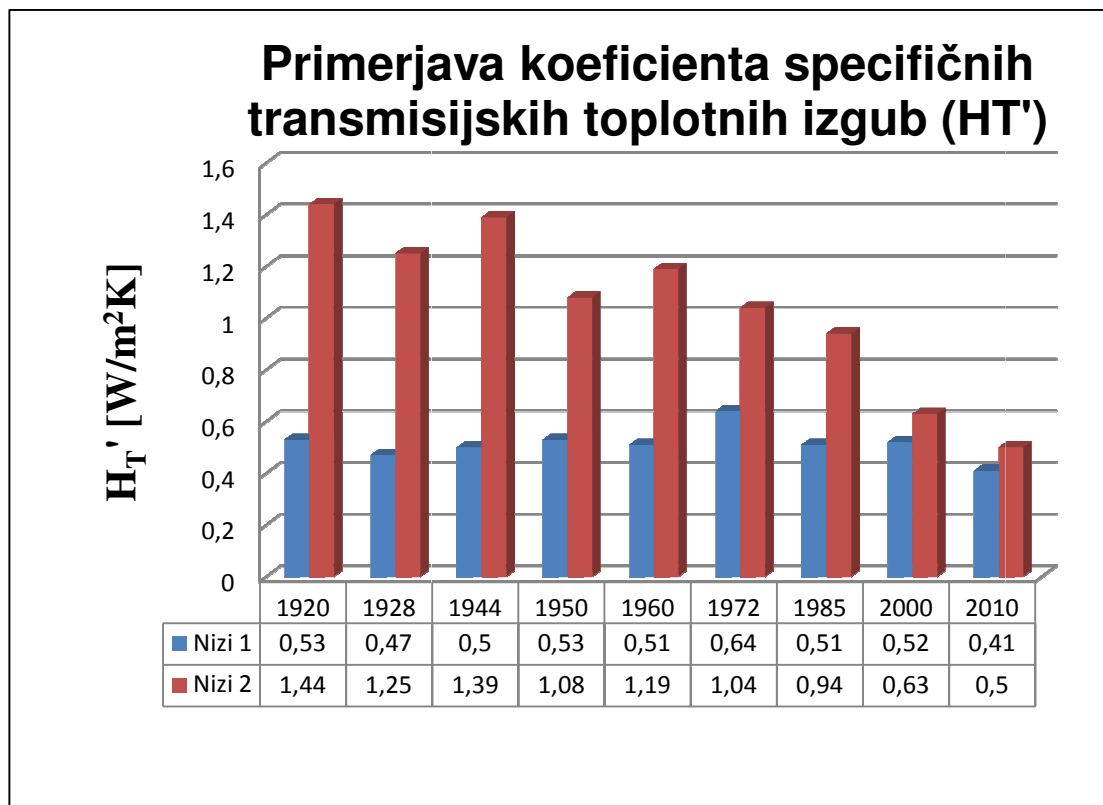
V nadaljevanju bodo prikazani glavni energijski kazalniki, ki nam povedo kakšne toplotne izgube ima posamezen objekt ter potrebo po dodatni dovedeni toploti s katero moramo nadomestiti te izgube.

### **7.1 Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub $H_T'$ (W/m<sup>2</sup>K)**

V spodnjem grafu so prikazani koeficienti specifičnih transmisijskih toplotnih izgub analiziranih stavb. Toplotne izgube zaradi prehoda toplote skozi stavbni ovoj (ali t.im. transmisijske) so v našem primeru odvisne le od površine konstrukcijskih sklopov in njihove toplotne prehodnosti. Klimatski podatki so namreč za vse stavbe poenoteni, saj smo v vseh primerih vzeli enake vrednosti (proj. temperatura, zunanja temperatura, temperaturni primanjkljaj), ki veljajo za Ljubljano z okolico. Kar je iz grafa takoj razvidno je, da je koeficient  $H_T'$  najstarejše stavbe v analizi (1920) za skoraj trikrat višji od tiste, ki je bila zgrajena leta 2010. Kljub napredku, v smislu zmanjševanja toplotnih izgub, pa je tudi pri slednji še vedno previsok glede na zahteve PURES 2010.

Največji preskok se je pojavil med objektoma, ki sta bila zgrajena med letoma 1985 in 2000. To je obdobje znotraj katerega so se razmere, na področju zakonodaje o toplotni učinkovitosti stavb, začele zaostrovati. Posledica tega je bila vgradnja debelejših slojev toplotnih izolacij, zlasti na zunanjem ovoju stavbe (stene, streha ter tla v stiku s tlemi). S tem so se vrednosti toplotnih prehodnosti konstrukcijskih sklopov znižale in s časom približevale maksimalnim dovoljenim, ki jih je navajala zakonodaja.

Potrebno je poudariti, da smo iz vsakega obdobja vzeli le po eno stavbo. Z manjšim vzorcem analiziranih objektov pa smo omejili raztros rezultatov, katerega povprečje bi nam zagotovo prikazalo bolj realno stanje oziroma takšno kot je dejansko v praksi.



Grafikon 1: primerjava dovoljenih  $H_T'$  (nizi 1) (10. člen Pravilnika) z izračunanimi vrednostmi objektov (niz 2)

Koeficient specifičnih transmissijskih toplotnih izgub se pri vsaki stavbi razlikuje predvsem zaradi oblike oziroma zaradi faktorja oblike stavbe  $f_o$  (razmerje med zunanjo površino stavbnega ovoja ter ogrevanega volumna stavbe). Iz zgornjega grafikona je razvidno, da so koeficienti specifičnih transmissijskih toplotnih izgub stavb, ki so bile zgrajene v obdobju od leta 1920 do leta 1985 nekoliko višji od tistih, ki so bile zgrajene leta 2000 in 2010. Če vzamemo pod drobnogled stavbe zgrajene v letih 1920-1944 (znotraj omenjenega obdobja) lahko opazimo da so koeficienti pri le-teh še nekoliko višji. Razlog za to bi lahko poiskali v uporabi polne opeke, ki jo je kasneje zamenjal modularni opečni blok z votlinami. Toplotna prevodnost polne opeke je namreč za 0,240W/mK višja od toplotne prevodnosti modularnega opečnega votlaka, kar je v našem primeru odigralo ključno vlogo pri toplotnih izgubah.

Zanimivo je tudi dejstvo, da je razmerje med maksimalno dovoljeno in izračunano vrednostjo koeficienta specifičnih transmissijskih toplotnih izgub pri stavbi grajeni leta 1985 nekoliko manj ugodno kot pri stavbi iz leta 1972. Razlog za to bi lahko bila energetska kriza, znotraj katere so se ljudje namenili večjo pozornost ravno toplotni izolaciji stavb.

Komaj pri zadnjih dveh stavbah, torej stavbah, ki so bile zgrajene leta 2000 in 2010, se je koeficient specifičnih transmissijskih toplotnih izgub približal predpisanim vrednostim, ki jih zahteva novi PURES 2010. Sicer pa je potrebno upoštevati dejstvo, da sta bili ti dve stavbi zgrajeni pred sprejetjem

novega pravilnika. Prejšnji pravilnik (iz leta 2002) je namreč imel nekoliko blažje zahteve glede toplotne prehodnosti konstrukcijskih sklopov, posledično pa so bile tudi toplotne izgube stavb višje.

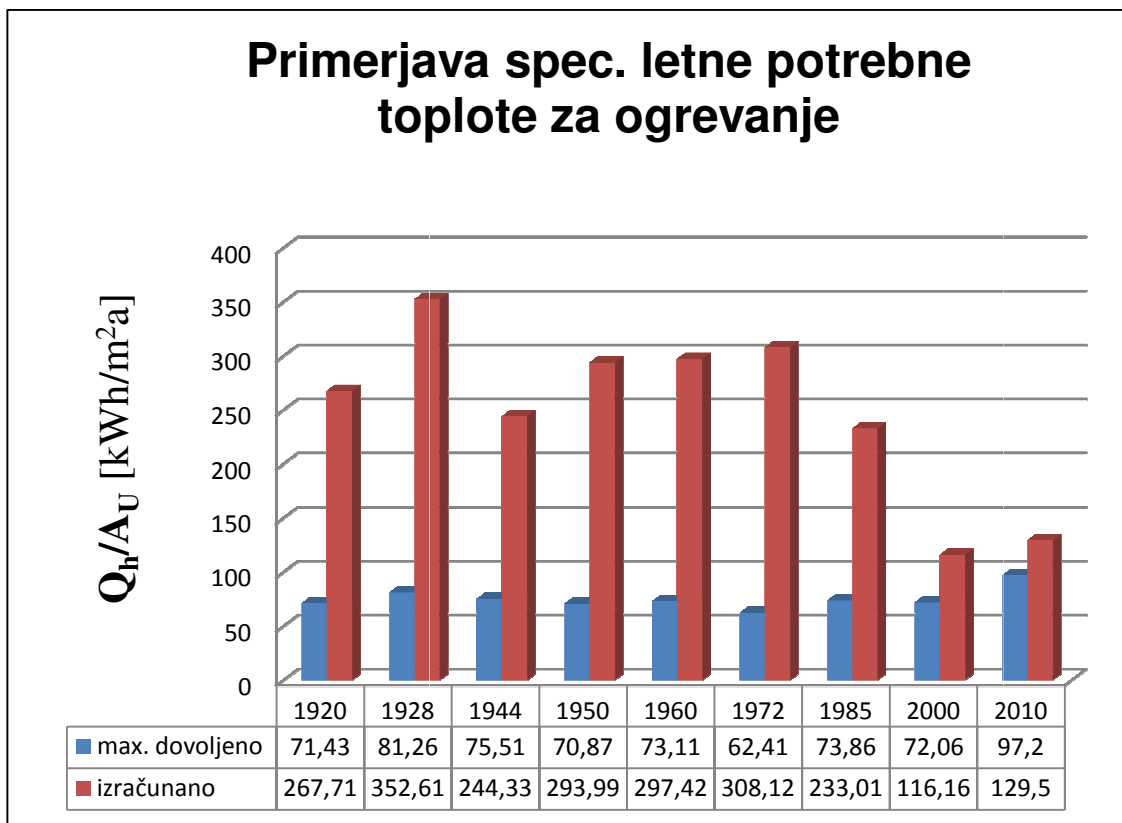
## 7.2 Specifična letna toplota za ogrevanje stavbe ( $Q_{NH} / A_U$ )

V grafikonu 2 je prikazano razmerje med izračunano (v rdeči barvi) in maksimalno dovoljeno (v modri barvi) vrednostjo specifične letne potrebne toplote za ogrevanje stavb, ki jo določa PURES 2010. Skrb vzbujajoče je dejstvo, da poraba toplote za ogrevanje pri vseh stavbah, še posebno pa pri tistih, ki so bile zgrajene v zadnjih dvajsetih letih, kljub napredku in razvoju novih materialov ter vedno strožjih zahtev s strani zakonodaje ostaja previsoka.

Najvišjo specifično letno potrebno toploto za ogrevanje ima stanovanjski objekt, ki je bil zgrajen leta 1928. Stavba ima razmeroma debele, kamnito opečne zunanje stene. Kljub svoji masivni izvedbi pa je toplotna prehodnost konstrukcijskih sklopov zunanjega stavbnega ovoja bistveno previsoka. Sama debelina konstrukcijskega sklopa namreč ne zagotavlja dovolj nizke toplotne prehodnosti, saj je le-ta največji meri odvisna od toplotne prevodnosti materialov ( $\lambda$ ), ki sestavljajo konstrukcijski sklop. Potrebna toplota za ogrevanje te stavbe je sicer v primerjavi s starejšo nekoliko nižja.

Pri naslednji stavbi (zgrajeni leta 1944) je letna specifična potrebna toplota za ogrevanje nekoliko vpadla. Kljub temu pa smo še vedno priča izrazito neugodnemu razmerju med dovoljeno in izračunano vrednostjo, pri čemur je ravno slednja previsoka. Tudi pri stavbah, ki so bile zgrajene v petdesetih, šestdesetih in sedemdesetih letih prejšnjega stoletja ni opaziti nobenega napredka. Gre namreč za stavbe, ki so še vedno brez toplotne izolacije, poleg tega pa imajo slaba, energetska potrata okna s toplotno prehodnostjo, ki je bistveno višja od danes predpisane. Temu primerni so tudi koeficienti specifičnih transmisijskih toplotnih izgub, ki so pri teh stavbah vsaj dva krat večji od dovoljenih vrednosti.

Prva stavba (v analizi), ki ima vgrajeno toplotno izolacijo na celotnem zunanjem ovoju oziroma na ovoju ogrevane cone je bila zgrajena leta 1985. Obdobje poznih sedemdesetih let prejšnjega stoletja je zaznamovala naftna kriza, ki je korenito spremenila mišljenje ljudi o njenih neomejenih količinah. Omenjena stavba ima vgrajeno toplotno izolacijo v obliki polistirena (zunanja stena) ter mineralne volne (stropna konstrukcija, meja med ogrevano in neogrevano cono). S tem so se kazalniki toplotne učinkovitosti ( $H_T'$ ,  $Q_H$ ,  $Q_H/A_U$ ) nekoliko znižali in se v največji meri (do sedaj) približali predpisanim vrednostim (letna potrebna toplota se je v primerjavi z stavbo zgrajeno leta 1960 razpolovila).



Grafikon 2: specifična letna potrebna toplota za ogrevanje objektov

Zadnji dve stavbi, vključeni v analizo glede potrebne toplote za ogrevanje sta v smislu energetske učinkovitosti močno napredovali. Pri obeh sta se glavna energijska kazalca (tako  $H_T'$  kot tudi  $Q_H/A_U$ ) v primerjavi z ostalimi stavbami močno znižala. Gre za stavbi, ki sta dobro toplotno izolirani, poleg tega pa imata vgrajena okna, katerih toplotna prehodnost znaša  $1,41 \text{ W/m}^2\text{K}$ , kar je le  $0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$  več od dovoljene vrednosti. Posledica vgradnje pa so bistveno nižje transmisijske toplotne izgube. Posebna pozornost je bila posvečena tudi sami orientaciji stavb. V obeh primerih so se (zaradi primerne postavitve transparentnih delov v zunanjem ovoju) solarni dobitki povišali in tako pripomogli k nižji potrebni toploti za ogrevanje.

Zaskrbljujoče je dejstvo, da se energijski kazalci pri zadnji stavbi (zgrajeni leta 2010) kljub napredovanju tehnike ter vedno boljšim zasnovam stavb (ugodnejši faktorji oblike in podobno) ne znižujejo oziroma presegajo maksimalno predpisane vrednosti glede specifične letne potrebne toplote za ogrevanje. Ob upoštevanju stanja današnje tehnike bi morali zagotoviti, da imajo stavbe bistveno nižjo porabo energije za ogrevanje. Nikakor ne smemo dovoliti, da se nove stavbe uvrščajo v C ali celo D energijski razred. Poraba energije v novejših stavbah ne bi smela presegati vrednosti  $30$  oziroma maksimalno  $40 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ .

Glavni namen diplomske naloge je bil prikazati problematiko energetske učinkovitosti tako pri starejših, kot tudi novejših stanovanjskih stavbah. Situacija je, glede na izvedeno analizo izbranih stavb, alarmantna, saj je poraba energije za ogrevanje v vseh primerih bistveno previsoka. Direktiva EPBD zahteva, da morajo biti vse novo zgrajene stavbe (enako velja za sanacije starejših stavb) skoraj nič energijske in se tako uvrstiti v prvi energijski razred. Za doseg tega cilja bo, glede na dobljene rezultate, potrebno največjo pozornost nameniti ravno sanaciji stavbnega ovoja. Le tako bomo namreč znižali koeficiente specifičnih transmisijskih toplotnih izgub, s tem pa znižali potrebo po dodatni energiji za ogrevanje stavbe. Večjo pozornost bo potrebno nameniti tudi prezračevanju v stavbah. Povprečna delež ventilacijskih izgub, glede na vse stavbe, ki so bile vključene v analizo znaša približno 27%. Vrednosti teh izgub bi lahko bile v določenih primerih celo višje, saj smo predpostavili enako urno izmenjavo zraka stavbe z okolico (glede na ogrevano prostorno).

## 8. VIRI IN LITERATURA

[1] Kunič, R. 2010. Pomembnost toplotnih izolacij v primeru novogradenj in prenov. Gradbenik 10, 8-9

[2] Potočar, E. 2010. Energetska učinkovitost v stavbah.

<http://arp.si/indeX3.htm> (pridobljeno 20.10.2011)

[3] Šijanec Zavrl, M. 2009. Zakaj je potrebna prenova PURES 2008 in izhodišča pri pripravi PURES 2010.

<http://www.izs.si/index.php?id=1056> (pridobljeno 22.10.2011)

[4] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah. Uradni list RS, št. 52/2010.

<http://www.uradni-list.si/1/content?id=98727> (27.10.2011)

[5] Direktiva 2002/91/ES Evropskega parlamenta in sveta z dne 16. decembra 2002 o energetske učinkovitosti stavb. Uradni list EU, 4.1.2003, 65–71.

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:12:02:32002L0091:SL:PDF> (27.10.2011)

[6] Uredba (EU) št. 305/2011 Evropskega parlamenta in sveta z dne 9. marca 2011 o določitvi usklajenih pogojev za trženje gradbenih proizvodov in razveljavi Direktive Sveta 89/106/EGS. Uradni list EU, 4.4.2011.

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:088:0005:0043:SL:PDF>  
(28.10.2011)

[7] Kyoto protocol to the United nations framework convention on climate change

<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf> (30.10.2011)

[8] Direktiva 2010/31/EU Evropskega parlamenta in sveta z dne 19. maja 2010 o energetske učinkovitosti stavb (prenovitev). Uradni list EU, 18.6.2010

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:SL:PDF>  
(30.10.2011)

[9] Zakon o graditvi objektov, Uradni list RS, št. 110/2002

<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=2002110&stevilka=5387> (30.10.2011)



[10] Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaje energetskih izkaznic stavb, Uradni list RS, št. 77/2009

<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200977&stevilka=3362> (30.10.2011)

[11] Tehnična smernica za graditev TSG-1-004:2010, Učinkovita raba energije, Ministrstvo za okolje in prostor, 2010.

[http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/prostor/graditev/TSG-01-004\\_2010.pdf](http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/prostor/graditev/TSG-01-004_2010.pdf) (26.10.2011)

[12] Medved, S., 2010. Gradbena fizika. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za stojništvo imamo svojo literaturo na FGG

[13] Grobovšek, B., Izračun letne rabe energije v stanovanjskih stavbah

<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT152.htm> (4.11.2011)

[14] Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb. Uradni list RS, št. 42/2002

<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200242&stevilka=2013> (27.10.2011)

[15] Krainer A., Predan R., Računalniški program (TEDI) za analizo toplotnega prehoda, toplotne stabilnosti in difuzije vodne pare skozi večplastne KS. Ljubljana, UL FGG

[16] Krainer A., Predan R., Računalniški program (TOST) za izračun podatkov, potrebnih za končno poročilo oziroma dokaz o ustreznosti toplotne zaščite stavbe. Ljubljana, UL FGG