

# UTJECAJ VANJSKE OVOJNICE NA ENERGETSKI RAZRED ZGRADE

---

**Maćešić, Nedjeljko**

**Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni**

**2019**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:993964>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-30**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

# UTJECAJ VANJSKE OVOJNICE NA ENERGETSKI RAZRED ZGRADE

---

**Maćešić, Nedjeljko**

**Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni**

**2019**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:993964>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2023-02-16**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU  
STROJARSKI ODJEL  
*Specijalistički diplomski stručni studij Strojарstva*

Nedjeljko Maćešić

**UTJECAJ VANJSKE OVOJNICE  
NA ENERGETSKI RAZRED  
ZGRADE**

**The effect of outer envelope on the  
energy grade of the building**

Završni rad

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU  
STROJARSKI ODJEL  
*Specijalistički diplomski stručni studij Strojarsva*

Nedjeljko Maćešić

**UTJECAJ VANJSKE OVOJNICE  
NA ENERGETSKI RAZRED  
ZGRADE**

**The effect of outer envelope on the  
energy grade of the building**

Završni rad

Mentor: Nikola Šimunić, mag.ing.mech.

Karlovac, 2019.

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

Zahvaljujem se mentoru mag. ing. mech. Nikoli Šimuniću na susretljivosti, strpljenju i pomoći pri obradi teme i oblikovanju završnog rada.

Posebnu zahvalu dugujem svojoj obitelji, bratu Dejanu, te roditeljima Stanku i Nevenki na njihovoj bezuvjetnoj potpori i strpljenju tijekom cijelog trajanja studija.

Nedjeljko Maćešić

## SADRŽAJ

SADRŽAJ .....	1
POPIS SLIKA .....	3
POPIS TABLICA.....	4
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE .....	5
POPIS OZNAKA .....	6
SAŽETAK.....	8
SUMMARY .....	9
1. UVOD.....	10
2. Teorijski dio.....	12
2.1. Energetska politika EU .....	12
2.2. Energetska politika Republike Hrvatske.....	14
2.3. Energetika i fizika zgrade .....	18
2.4. Energetski pregled i energetski certifikat.....	22
2.4.1. Uvod.....	22
2.4.2. Energetski pregled .....	22
2.4.3. Energetsko certificiranje .....	25
2.4.4. Energetski certifikat .....	25
3. Eksperimentalni dio .....	28
3.1. Izrada certifikata za obiteljsku stambenu kuću .....	28
3.1.1. Opis građevine .....	28
3.1.2. Priprema za proračun .....	29
3.1.3. Proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prema normi HR ISO 13790 u programu KI Expert plus .....	29
3.1.3.1. Klimatološki podaci lokacije objekta.....	29
3.1.3.2. Namjena zgrade i podjela u toplinske zone .....	30
3.1.3.3. Geometrijske karakteristike zgrade.....	32
3.1.3.4. Građevni dijelovi zgrade, slojevi i obrada .....	33
3.1.3.5. Otvori ( prozirni i neprozirni elementi zgrade).....	36
3.1.3.6. Proračun toplinskih mostova.....	36
3.1.3.7. Sustav za grijanje i energent za grijanje .....	37
3.1.4. Rezultati proračuna .....	37
3.1.4.1. Zaštita od prekomjernog sunčevog zračenja (ljetni period).....	37
3.1.4.2. Koeficijent transmisijskih gubitaka .....	38
3.1.4.3. Toplinski dobici .....	39
3.1.4.4. Proračun potrebne topline za grijanje, PTV i hlađenje .....	39
3.1.4.5. Godišnja primarna energija.....	41
3.1.4.6. Proračun godišnje emisije CO <sub>2</sub> .....	41
3.1.4.7. Ukupni rezultati proračuna .....	42
3.1.5. Ispis energetskog certifikata .....	43
3.1.6. Analiza rezultata .....	47
4. ZAKLJUČAK.....	49

---

PRILOZI.....	50
LITERATURA.....	51

**POPIS SLIKA**

Slika 1. Predodžba starih i novih ciljeva energetske politike EU. [5].....	13
Slika 2. Predodžba rasta gospodarstva i kretanja emisije stakleničkih plinova na razini EU. [5] .....	14
Slika 3. Predodžba kretanja ukupne potrošnje energije u RH. [9] .....	15
Slika 4. Predodžba udjela OIE u bruto neposrednoj potrošnji energije prema tri predviđena scenarija. [9] .....	16
Slika 5. Predodžba provođenja topline kroz element s više homogenih slojeva. [12].....	18
Slika 6. Predodžba modela slobodne konvekcije. [12] .....	19
Slika 7. Predodžba općeg slučaja izmjene topline između dva tijela zračenjem. [12].....	20
Slika 8. Predodžba utjecaja položaja izolacije na temperaturu nosivog zida. [17] .....	21
Slika 9. Predodžba dijagrama toka energetskog pregleda zgrade. [10] .....	25
Slika 10. Predodžba treće stranice certifikata. [10].....	27
Slika 11. Predodžba prve stranice certifikata. [10] .....	27
Slika 12. Predodžba pročelja kuće.                      Slika 13. Predodžba satelitskog snimka kuće. [13] .....	28
Slika 14. Predodžba tlocrta prizemlja. ....	30
Slika 15. Predodžba tlocrta kata. ....	31
Slika 16. Predodžba tlocrta potkrovlja. ....	31
Slika 17. Predodžba presjeka a-a.....	32
Slika 18. Predodžba definiranja jednog zida s grafičkim prikazom.....	33
Slika 19. Predodžba sustava za grijanje i PTV. [15].....	37
Slika 20. Predodžba energetskog certifikata. ....	46
Slika 21. Predodžba prvog energetskog certifikata. ....	48
Slika 22. Predodžba drugog energetskog certifikata.....	48



## POPIS TABLICA

Tablica 1. Ciljevi smanjenja emisija stakleničkih plinova za RH do 2020. i 2030.god.[9] .....	15
Tablica 2. Definirani tehnički sustavi za proračun do primarne energije za referentne klimatske podatke za pojedine vrste zgrada. [10] .....	23
Tablica 3. Raspon energetske razreda na temelju specifične potrebne energije za grijanje. [10] .....	24
Tablica 4. Energetski razredi za pojedine vrste zgrada na temelju specifične primarne energije. [11] .....	24
Tablica 5. Klimatološki podaci za referentnu postaju Karlovac. ....	29
Tablica 6. Namjena i zone zgrade. ....	30
Tablica 7. Geometrijske karakteristike zgrade .....	32
Tablica 8. Vanjski zidovi 4 - Soba 2-zid-SI .....	33
Tablica 9. Zidovi prema negrijanim prostorijama 1 - Kupatilo-pregradni zid.....	34
Tablica 10. Podovi na tlu 2 - Dnevni boravak+kuhinja-pod .....	34
Tablica 11. Definirani građevni dijelovi koji ulaze u proračun. ....	34
Tablica 12. Popis definiranih otvora koji ulaze u proračun. ....	36
Tablica 13. Karakteristike sustava grijanja. ....	37
Tablica 14. Podaci o definiranim prostorijama s najvećim udjelom ostakljenja u površini pročelja. ....	38
Tablica 15. Podaci o otvorima koji su uzeti u obzir prilikom navedenog proračuna.....	38
Tablica 16. Transmisijski gubici. ....	38
Tablica 17. Ukupni toplinski dobici. ....	39
Tablica 18. Potrebna godišnja energija za grijanje po mjesecima. ....	40
Tablica 19. Potrebna godišnja energija za hlađenje po mjesecima. ....	40
Tablica 20. Potrebna godišnja energija za PTV. ....	41
Tablica 21. Rezultati proračuna godišnje primarne energije $E_{prim}$ . ....	41
Tablica 22. Rezultati proračuna godišnje emisije $CO_2$ . ....	41
Tablica 23. Rezultati proračuna .....	42
Tablica 24. Transmisijski gubici. ....	47

## **POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE**

1. Tlocrt prizemlje
2. Tlocrt kat
3. Tlocrt potkrovlje
4. Presjek a-a

## POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
A	[m <sup>2</sup> ]	površina tijela
A	[m <sup>2</sup> ]	površina
A <sub>g</sub>	[m <sup>2</sup> ]	ukupna površina ostakljenja
A <sub>K</sub>	[m <sup>2</sup> ]	ploština korisne površine grijanog dijela zgrade
A <sub>w</sub>	[m <sup>2</sup> ]	ploština cijelog otvora
d	[cm]	debljina pojedinih slojeva
E <sub>del</sub>	[kWh/a]	ukupna isporučena energija
E'' <sub>del</sub>	[kWh/m <sup>2</sup> a]	godišnja isporučena energija po jedinici ploštine korisne površine
E <sub>prim</sub>	[kWh/(m <sup>2</sup> god.)]	specifična godišnja primarna energija
f	[ - ]	udio ostakljenja
f <sub>H,hr</sub>	[ - ]	definiranja unutarnja temperatura
f <sub>0</sub>	[m <sup>-1</sup> ]	faktor oblika zgrade
f <sub>C,day</sub>	[ - ]	omjer dana utjednu sa definiranom internom temperaturom
f <sub>H,hr</sub>	[ - ]	udio vremena s definiranom unutarnjom temperaturom
g <sup>⊥</sup>	[ - ]	solarni faktor
H <sub>A</sub>	[W/K]	koeficijent transmisije izmjene topline prema susjednoj zgradi
H <sub>D</sub>	[W/K]	koeficijent transmisije izmjene topline prema vanjskom okolišu
H <sub>g,m</sub>	[W/K]	koeficijent transmisije izmjene topline prema tlu za proračunski mjesec
H <sub>Tr</sub>	[W/K]	koeficijent transmisije izmjene topline
H <sub>U</sub>	[W/K]	koeficijent transmisije izmjene topline kroz negrijani prostor prema vanjskom okolišu
m'	[kg/m <sup>2</sup> ]	plošna masa zgrade
n	[kom.]	broj otvora
Q'' <sub>H,nd</sub>	[kWh/(m <sup>2</sup> god.)]	specifična godišnja potrebna energija za grijanje
Q <sub>UK</sub>	[W]	ukupni toplinski dobici
Q <sub>UN</sub>	[W]	ukupno unutarnje toplinsko opterećenje
Q <sub>VANJ</sub>	[W]	ukupno vanjsko toplinsko opterećenje
R	[(m <sup>2</sup> K)/W]	toplinski otpor
R <sub>se</sub>	[(m <sup>2</sup> K)/W]	vanjski plošni otpor prijelazu topline

$R_{si}$	$[(m^2K)/W]$	unutarnji plošni otpor prijelazu topline
$R_T$	$[(m^2K)/W]$	ukupni toplinski otpor građevnog dijela
$s_d$	[m]	debljina sloja zraka ekvivalentna za difuziju vodene pare
$T$	[K]	temperatura tijela
$T_{s1}, T_{s2}$	[K]	temperatura unutarnje (s1) i vanjske (s2) stijenke
$T_u$	[K]	unutarnja temperatura
$T_v$	[K]	vanjska temperatura
$U$	$[W/(m^2K)]$	koeficijent prolaska topline
$U_{TM}$	$[W/(m^2K)]$	koeficijent prolaska topline toplinskog mosta
$U_w$	$[W/m^2K]$	koeficijent toplinske provodljivosti otvora
$V$	$[m^3]$	obujam grijanog zraka
$V_e$	$[m^3]$	obujam grijanog dijela zgrade
$\Theta_{e,mj,min}$	$[^\circ C]$	srednja mjesečna temperatura vanjskog zraka
$\Theta_i$	$[^\circ C]$	unutarnja temperatura
$\theta_{int,set,C}$	$[^\circ C]$	temperatura unutar zgrade tijekom sezonehlađenja
$\Theta_{int,set,H}$	$[^\circ C]$	unutarnja projektna temperatura
$\lambda$	$[W/mK]$	toplinska provodnost materijala
$\mu$	[ - ]	faktor otpora difuziji vodene pare
$\rho$	$[kg/m^3]$	specifična gustoća materijala

## SAŽETAK

Tema ovog rada je energetska certifikat, odnosno energetska iskaznica, zgrade kao indikator stvarnog energetskeg stanja i izvješće na osnovu kojeg možemo analizom i poduzimanjem određenih koraka poboljšati energetske učinkovitost zgrade i postići uštede troškova za potrebnom energijom ne smanjujući kvalitetu života u samoj zgradi. Kao uvod dan je kratak pregled povijesnih događanja koji su doveli do globalne osvještenosti o utjecaju i posljedicama razvoja naše civilizacije, te prepoznavanju klimatskih promjena kao znak prirode da se nešto mora mijenjati i da ovakvo stanje nije dugoročno održivo. Preko energetike i fizike zgrade prelazimo na temu samog energetskeg certifikata, te na konkretnom primjeru prikazan je postupak izrade jednog certifikata za stambenu obiteljsku kuću s jednostavnim tehničkim sustavom. Pregledom i analizom dobivenih podataka dobit ćemo uvid u kritična mjesta najvećih gubitaka topline, te kroz računalni program napraviti simulaciju nekih postupaka za smanjenje tih gubitaka.

Za izradu certifikata i proračun energetske učinkovitosti bit će korišten program “Ki Expert plus“ izdan od tvrtke Knauf insulation. Program je dostupan osobama za provedbu energetske učinkovitosti građevine, s internetske stranice tvrtke, a može biti korišten kako za izradu energetskeg certifikata tako i za projektiranje novog energetske neovisnog objekta. Program koristi najnoviju regulativu za proračune i odobren je od Ministarstva graditeljstva i prostornog uređenja i kao takav pogodan za primjenu u ovom radu.

Ključne riječi: energetska certifikat, zgrada, energija, klima.

## **SUMMARY**

The topic being covered in this paper is how the energy performance certificate of a building is an indicator of the actual energy status and the report on the basis of which, by analyzing and taking certain steps, we can improve the energy efficiency of the building and achieve cost savings for the energy required without reducing the quality of life in the building itself. The introduction gives a brief overview of the historical events that have led to global awareness of the impact and consequences of our civilization's development, and recognizing that climate change is nature signalling to us that something must change and that this situation is not sustainable in the long term. Through the energetics and physics of the building we move on to the topic of the energy performance certificate itself, and a concrete example shows the process of creating one certificate for a residential single-family home with a simple technical system. By reviewing and analyzing the data obtained, we will gain insight into the critical locations where the greatest heat losses occur and, through a computer program, simulate some procedures for reducing these losses.

The “Ki Expert plus” program issued by the company Knauf insulation will be used to develop the certificate and the energy efficiency budget. The program is available for people who want to carry out the energy efficiency of a building, from the company website, and can be used both to produce an energy performance certificate and to design a new energy-independent facility. The program uses the latest budget regulations and is approved by the Ministry of Construction and Physical Planning and as such is appropriate for this paper.

Keywords: energy performance certificate, building, energy, climate.

## 1. UVOD

Od izuma parnog stroja, odnosno prve industrijske revolucije, fosilna goriva čine okosnicu napretka i razvoja. Parni stroj omogućio je prelazak s manualne na tvorničku proizvodnju i našao svoje mjesto u raznim granama industrije i prometa. Da bi se ove potrebe zadovoljile uveliko je povećano iskorištavanje željezne rude i ugljena. Kasnije, pronalaskom nafte, a zatim i praktičnom primjenom električne energije, odnosno početkom druge industrijske revolucije, fosilna goriva postaju nezaobilazan dio energetske resursa.

Antropogenim djelovanjem nastale su brojne promjene u svim dijelovima ekosfere, onečišćenje zraka, vode, tla, postupna razgradnja stratosferskog sloja ozona, smanjenje snježnog i ledenog pokrivača, utjecaj na klimatske promjene,... Sve su to posljedice porasta stanovništva i urbanizacije, gospodarskog razvoja (osobito poljoprivrede, industrije, prometa), potrošnje fosilnih goriva, povećanje količine otpada, itd..

Broj stanovnika, posebno u zemljama u razvoju, ubrzano se povećava u posljednja dva stoljeća. Od 1804.god., kada je na Zemlji živjelo cca. milijardu ljudi, populacija stanovništva se do danas povećala na oko 7.7 milijardi, a prema novim procjenama UN-a, na Zemlji će 2050.god. živjeti najmanje 9,7 milijardi ljudi. Velikim korištenjem fosilnih goriva te sječom šuma, povećava se koncentracija CO<sub>2</sub> u atmosferi, te dovodi do prirodnog učinka staklenika, što ima za posljedicu povećanje prosječne temperature planeta. Iako su i danas znanstvenici podjeljeni oko uzroka globalnog zatopljenja, ipak postoji konsenzus u većem dijelu znanstvene zajednice da su staklenički plinovi uzrokovani antropogenim utjecajem i masovno krčenje šuma znatno doprinjeli globalnom zagrijavanju planeta.

Sve do 1972.god., kada je u Stockholmu održana konferencija Ujedinjenih naroda pod radnim nazivom Čovjek i biosfera, nije bilo ozbiljnijih razmatranja o pitanjima okoliša na globalnom planu. U fokusu ove konferencije bila je deklaracija koja po prvi put zaključuje da je političko pitanje prvog reda postalo upravo okoliš. Međunarodna klimatska politika počinje se sustavno voditi i pratiti od 1979.god. održavanjem Prve svjetske konferencije o klimi u Ženevi, kad je usvojen Svjetski klimatski program (World Climatic Programme - WCP) [3].

Nakon toga posredstvom Ujedinjenih naroda održavane su konvencije o klimi, donošene deklaracije i upozoravano na porast stakleničkih plinova u atmosferi, a države su pozivane da se suoče s ovim problemom te da smanje emisiju ugljikovog dioksida, međutim sve su to bili neobvezujući dokumenti i nisu naišli na širu podršku.

Na globalnom planu, pitanje klimatskih promjena rješava se Okvirnom konvencijom Ujedinjenih naroda o promjeni klime (The United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC ili FCCC). Konvencija je usvojena u New Yorku u svibnju 1992.god., potpisana je na summitu u Rio de Janeiru u lipnju iste godine, a stupila je na snagu gotovo pune dvije godine kasnije 21. ožujka 1994.god.. Dugoročni ciljevi konvencije bili su postizanje koncentracije stakleničkih plinova u atmosferi na razinu koja će spriječiti opasno antropogeno djelovanje na klimatski sustav. Ta razina se treba ostvariti u dovoljno dugom vremenskom razdoblju da omogući ekosustavu da se prilagodi na klimatske promjene, a da se

ne ugrozi proizvodnja hrane i da se omogući nastavak ekonomskog razvoja na održiv način. Važan događaj u ovom vremenskom slijedu je Protokol iz Kyota.

Protokol iz Kyota dodatak je međunarodnom sporazumu o klimatskim promjenama potpisan s ciljem smanjivanja emisije ugljičnog dioksida i drugih stakleničkih plinova koji nepovratno mijenjaju našu klimu. Protokol iz Kyota prihvaćen je na Trećoj Konferenciji stranaka UNFCCC u Kyotu 11. prosinca 1997.god.. Njime se smanjuje ispuštanje šest stakleničkih plinova: ugljičnog dioksida, metana, dušikovog oksida, fluoriranih ugljikovodika, perfluoriranih ugljikovodika i heksafluorida. Za njegovo stupanje na snagu bilo je potrebno da ga ratificira najmanje 55 država i da te države čine najmanje 55% zagađivača. To se dogodilo 16. veljače 2005.god., kada je Protokol ratificirala Rusija. Države potpisnice Protokola iz Kyota obvezale su se u razdoblju od 2008. do 2012.god. smanjiti emisije stakleničkih plinova na 5,2 % ispod razine emisije referentne 1990.god.. Republika Hrvatska potpisala je Protokol iz Kyota 11. ožujka 1999.god. kao 78. potpisnica, ali ga nije ratificirala do 2007.god. zbog pregovora oko bazne godine. Hrvatski sabor je 27. travnja 2007.god. donio Zakon o potvrđivanju Kyotskog protokola uz Okvirnu konvenciju Ujedinjenih naroda o promjeni klime. Slijedeći važan dokument nakon Kyota je Pariški sporazum. Pariška konferencija, održana je u prosincu 2015.god., a imala je za cilj po prvi put u 20 godina postići političko obvezivanje na poduzimanje akcije kako bi se globalno zatopljenje zadržalo ispod 2°C. Vlade su postigle dogovor da će porast prosječne svjetske temperature zadržati na razini znatno manjoj od 2°C u usporedbi s predindustrijskim razinama te da će ulagati napore da se taj porast ograniči na 1,5°C. Dogovor postignut 12. prosinca 2015.god. okončava strogu podjelu između razvijenih i siromašnih zemalja, donosi se i zajednički okvir obvezujući sve države na poduzimanje svih dostupnih mjera i njihovo jačanje kroz godine. Po prvi put su se sve države obvezale podnositi redovita izvješća o emisijama stakleničkih plinova te implementiranim mjerama koja će se provjeravati na internacionalnoj razini. Pariški sporazum stupio je na snagu 4. studenoga 2016.god. nakon što je najmanje 55 zemalja odgovornih za najmanje 55 % globalnih emisija stakleničkih plinova ispunilo uvjete za ratifikaciju, a obuhvaća razdoblje od 2020.god. pa na dalje. Sve zemlje EU ratificirale su sporazum. [4]

Iako je nesporno da ovakvim razvojem civilizacije znatno doprinosimo uništavanju našeg planeta i da je dugoročno neodrživ, ekonomski interesi nadilaze sve opasnosti i probijaju se u prvi plan. Jedan od pokazatelja je i istupanje SAD-a, kao jednog od najvećih zagađivača, iz Pariškog sporazuma 2017.god..



## 2. Teorijski dio

### 2.1. Energetska politika EU

Sve više dokaza o klimatskim promjenama i sve veća ovisnost o energiji naglašavaju nastojanja Europske unije da postane niskoenergetsko gospodarstvo te da energija koja se troši bude osigurana, sigurna, konkurentna, proizvedena u lokalnom okruženju i održiva. Članak 194. (stavak 2.) Ugovora o funkcioniranju Europske unije (UFEU) navodi da je nadležnost za energiju podjeljena između država EU, međutim, svaka država EU zadržava svoje pravo da “utvrdi uvjete za iskorištavanje svojih energetske resursa, svoj izbor između različitih izvora energije i opću strukturu svoje opskrbe energijom”. [5]

U skladu s energetske unijom (2015.god.), pet glavnih ciljeva energetske politike EU su:

- osigurati funkcioniranje unutarnjeg energetskeg tržišta te međusobnu povezanost energetske mreža,
- zajamčiti sigurnost opskrbe energijom u uniji,
- promicati energetske učinkovitost i uštedu energije,
- kretanje prema niskougličnom gospodarstvu u skladu s Pariškim sporazumom,
- promicati razvoj novih i obnovljivih oblika energije kako bi se ciljevi povezani s klimatske promjenama bolje uskladili i integrirali u novi model tržišta i
- promicati istraživanje, inovacije i konkurentnost. [7]

Prvi paket mjera EU za klimu i energetiku postavljeni su krajem 2008.god. pod nazivom “20-20-20“:

20 % - smanjenje emisije stakleničke plinova

20 % - povećanje udjela obnovljivih izvora energije

20 % - poboljšanje energetske učinkovitosti

Europsko vijeće 24. listopada 2014.god. usvojilo je klimatske i energetske politike. Tim su dokumentom zacrtani slijedeći ciljevi koji bi se trebali ostvariti do 2030.god.:

40 %- smanjenje emisija stakleničke plinova u usporedbi s razinama iz 1990.god.,

27 % - povećanje udjela obnovljivih izvora u potrošnji energije,

20 % - poboljšanje energetske učinkovitosti, s ciljem postizanja 30 %;

15 % - postizanje međusobne povezanosti energetske sustava (minimalno 15 %).

U Parlamentu 13. studenog i u Vijeću 4. prosinca 2018.god. službeno je usvojen Prijedlog uredbe o upravljanju energetske unijom kao dio paketa “Čista energija za sve Europljane”. Zastupnici su podržali smanjenje potrošnje energije od 40 % do 2030.god. i povećanje udjela energije iz obnovljivih izvora na najmanje 35 %. Sukladno Uredbi, svaka država članica treba predstaviti “integrirani nacionalni energetske i klimatske plan” do 31. prosinca 2019.god., zatim do 1. siječnja 2029.god. te svakih deset godina nakon tog datuma. Tim dugoročnim

strategijama utvrdit će se politička vizija za 2050.god. s obzirom na to da države članice trebaju razviti svoje nacionalne planove kako bi se ostvarili ciljevi iz Pariškog sporazuma.[7] Ažuriranim zakonodavnim okvirom utvrđeni su ciljevi i jasan “smjer kretanja” do 2030.god. pružanjem stabilnog i predvidljivog okruženja za planiranje i ulaganje.

Konkretno, EU je znatno povećala ambiciju postavivši nove ciljeve za 2030., i to najmanje:

40% - smanjenje emisije stakleničkih plinova u zemlji u usporedbi s razinama iz 1990.god.

32% - udio energije iz obnovljivih izvora

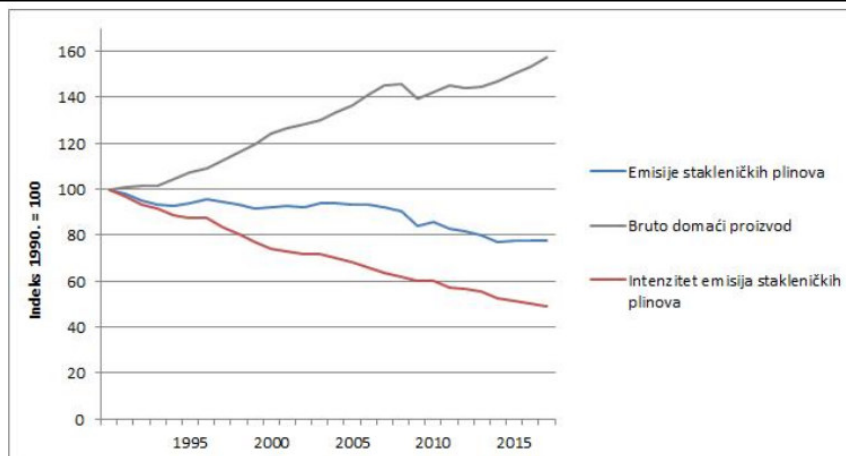
32,5% - povećanje energetske učinkovitosti. [5]

**OKVIR KLIMATSKE I ENERGETSKE POLITIKE DO 2030. —**

	DOGOVORENI CILJEVI				KLIMATSKE POLITIKE U PROGRAMIMA KOJE FINANCIRA EU	CO2 IZ:
	EMISIJE STAKLENIČKIH PLINOVA	ENERGIJA IZ OBNOVLJIVIH IZVORA	ENERGETSKA UČINKOVITOST	MEĐU-POVEZANOST		
<b>2020.</b>	- 20 %	20 %	20 %	10 %	2014 – 2020. 20 %	
<b>2030.</b>	≤ - 40 %	≤ 32 %	≤ 32,5 %	15 %	2021 – 2027. 25 %	AUTOMOBILI - 37,5 % Kamijoni - 31 % Kamijoni - 30 %

**Slika 1. Predodžba starih i novih ciljeva energetske politike EU. [5]**

EU se do 2050.god. obvezuje smanjiti emisiju stakleničkih plinova na 80-95 % u odnosu na razine iz 1990.god. u kontekstu potrebnog smanjenja koje razvijene zemlje provode kao skupina. Energetska učinkovitost od ključne je važnosti za prelazak na konkurentniji, sigurniji i održljiviji energetska sustav koji se temelji na unutarnjem tržištu energije EU. EU aktivno promiče prelazak Europe na društvo s niskim razinama emisije ugljika te ažurira svoja pravila kako bi se olakšala potrebna privatna i javna ulaganja u prijelaz na čistu energiju. Prelazak na niskougljično gospodarstvo usmjeren je na stvaranje održivog energetska sektora koji potiče rast, inovacije i radna mjesta uz istodobno poboljšanje kvalitete života, povećanje izbora, jačanje prava potrošača i, u konačnici, uštedu troškova kućanstava. Poticanje obnovljivih izvora energije i poboljšanje energetska učinkovitosti ključni su za smanjenje emisija stakleničkih plinova u Europi i ispunjavanje obveza iz Pariškog sporazuma. Prema preliminarnim podacima koje su dostavile države članice EU (sl. 2), u razdoblju od 1990. do 2017.god. gospodarstvo EU poraslo je za 58 %, a emisije stakleničkih plinova su se smanjile za 22 %. [5]



**Slika 2. Predodžba rasta gospodarstva i kretanja emisije stakleničkih plinova na razini EU. [5]**

EU pruža i razne mogućnosti financiranja i kreditiranja kako bi poduzećima i regijama pomogla u uspješnoj provedbi energetske projekata. [6]

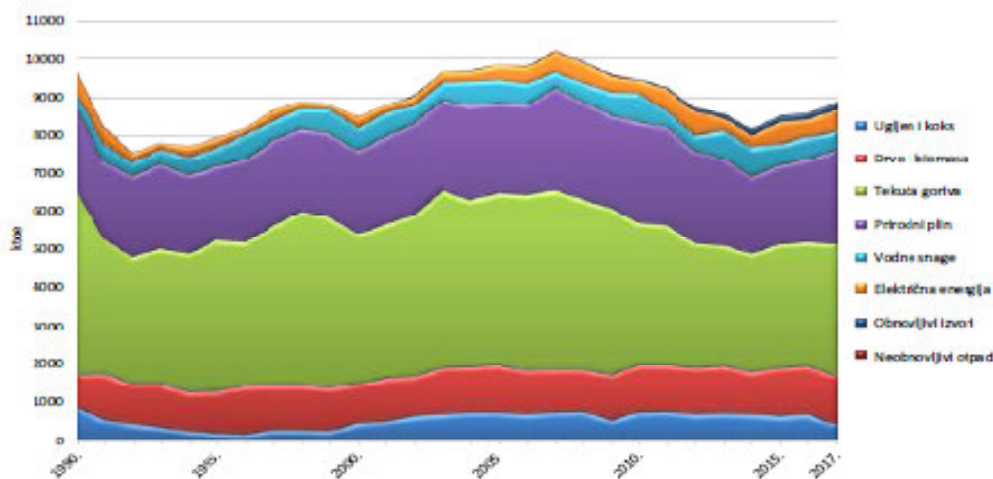
Europski fond za energetske učinkovitost, osnovan 2011.god., preuzeo je ulogu dodjele financijskih sredstava projektima koji podupiru energetske učinkovitost. [5]

## 2.2. Energetska politika Republike Hrvatske

Hrvatska, kao država članica Europske unije, ima obvezu usklađivanja nacionalnog zakonodavstva s pravnom stečevinom Europske unije. Tako je jedan od uvjeta pristupanja Hrvatske EU bio i usklađivanje zakonodavstva iz područja energije sa zakonodavstvom EU, što je i provedeno, te će se i u budućem razdoblju hrvatski zakonodavni okvir za energiju usklađivati s okvirom EU. Europska pravna stečevina kontinuirano se razvija, stoga se i nacionalni propisi moraju s njom stalno usklađivati. [8]

Tako je i u slučaju energetske politike. Ugovor o energetske povelji zajedno s Protokolom o energetske učinkovitosti i pripadnim problemima okoliša potpisan je u prosincu 1994.god., a stupio je na snagu u travnju 1998.god.. Hrvatski sabor iste je ratificirao 1997.god.. Ugovor o energetske povelji utemeljuje pravni okvir za dugoročnu suradnju na području energetike zasnovane nadopunjavanju i uzajamnoj koristi u skladu s ciljevima i načelima energetske povelje. Pravni okvir hrvatskog energetske sektora u užem smislu čine međunarodni ugovori koje je potpisala i ratificirala RH za područje energetike, pravni akti EU iz područja energetike, te energetske zakoni s podzakonskim propisima.

Ukupna potrošnja energije u Hrvatskoj u 2017.god. povećana je u odnosu na 2016.god.za 3,5%. Tijekom razdoblja od 2012. do 2017.god. ukupna potrošnja energije rasla je s prosječnom godišnjom stopom od 0,4 %. [9]



Slika 3. Predodžba kretanja ukupne potrošnje energije u RH. [9]

Za razvoj energetskeg sektora na globalnoj razini, na razini EU, a time i za Hrvatsku najvažnije ograničenje je politika borbe protiv klimatskih promjena i dinamika postupnog smanjenja emisije stakleničkih plinova. U tom smislu polazni parametar u definiranju scenarija razvoja je razina smanjenja ukupne emisije stakleničkih plinova iz energetskeg sektora RH do 2030./2050. godine. Referentna godina u odnosu na koju se promatra smanjenje je 1990. godina. Ciljevi smanjenja emisije se izražavaju i u odnosu na 2005.god., kao godinu koja je bolje statistički obrađena.

Hrvatska je u travnju 2007.god. ratificirala Protokol iz Kyota i time preuzela obvezu smanjenja emisije stakleničkih plinova iz antropogenih izvora za 5 % u razdoblju od 2008. do 2012.god., a u odnosu na referentnu 1990.god. Obveze koje je Hrvatska preuzela Protokolom su ispunjene. Pariški sporazum RH je ratificirala 2017. godine i dijeli nastavak zajedničke obveze smanjenja emisija stakleničkih plinova, najmanje 40 % do 2030. godine u usporedbi s emisijama iz 1990.god., s ostalim članicama EU i Islandom. Oko 70 % ukupnih emisija stakleničkih plinova u RH dolazi iz nepokretnih i pokretnih energetskeg izvora. Emisija iz energetskeg izvora u 2016. godini je iznosila je za 21,6 % niže od emisije iz 1990. godine. Nakon višegodišnjeg smanjenje emisije, u 2015. i 2016.god. došlo je do blagog porasta emisija, što je posljedica izlaska iz ekonomske krize i porasta gospodarskeg aktivnosti. [9]

Tablica 1. Ciljevi smanjenja emisija stakleničkih plinova za RH do 2020. i 2030.god.[9]

(ETS (*Emissions Trading System*) - sustava trgovanja emisijama stakleničkih plinova)

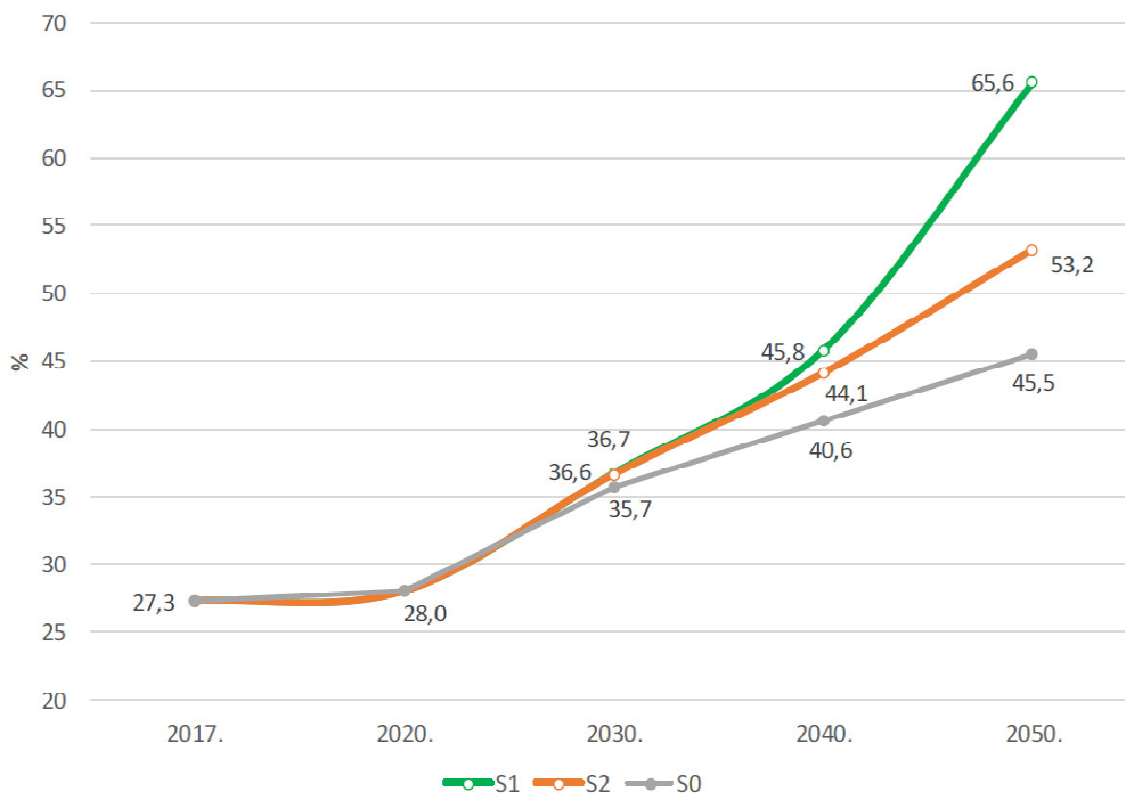
U odnosu na godinu	Opseg	Ostvareno 2016.	Cilj za 2020.	Cilj za 2030.
2005.	ETS sektor	-22,2 %	-21 %*	-43 %*
	Sektori izvan ETS-a	-16,9 %	+11 %	-7 %

\* iskazani cilj za RH je indikativan, a obvezujući je na razini EU ETS sustava

Dokument Smjernice i podloge (Smjernice i podloge za izradu Strategije energetskog razvoja Republike Hrvatske do 2030. godine s pogledom na 2050.god iz 2018. god.) navodi strateške ciljeve energetske politike RH koje se temelje na sigurnosti opskrbe u skladu s EU ciljevima:

1. rastuća, fleksibilna i održiva proizvodnja energije - smanjenje ovisnosti o uvozu energije zaustavljanjem pada domaće proizvodnje, boljim korištenjem postojećih kapaciteta za proizvodnju, transport i skladištenje energije i ulaganjima u nove kapacitete i infrastrukturu,
2. bolja povezanost energetske infrastrukture - razvoj nove infrastrukture i alternativnih dobavnih pravaca energije i
3. veća energetska učinkovitost - razvoj mjera za rast učinkovitosti potrošnje energije.

Povećanje energetske učinkovitosti temeljna je odrednica ove Strategije i prvo načelo energetske tranzicije. Predviđa se povećanje energetske učinkovitosti u svim sektorima neposredne potrošnje, pri čemu se najsnažniji učinci očekuju u zgradarstvu i prometu. Uz pomoć mjera politike poticanja energetske učinkovitosti, RH će doprinijeti ostvarenju EU cilja od 32,5 % smanjenja potrošnje energije u odnosu na projekcije iz 2007.god.. Dodatno, na strani proizvodnje energije također se očekuje povećanje učinkovitosti transformacije energije izgradnjom novih plinskih termoelektrana (TE) s većim stupnjem korisnog djelovanja, kao i povećanje udjela OIE. Na strani prijenosa i distribucije električne i toplinske energije očekuje se daljnje smanjenje gubitaka na razinu razvijenih energetskih sustava do 2030. god.. [9]



**Slika 4. Predodžba udjela OIE u bruto neposrednoj potrošnji energije prema tri predviđena scenarija. [9]**

Energetski sektor se sve više okreće zelenoj energiji, odnosno obnovljivim izvorima energije. Unapređivanjem postojećih sustava i inovaciji novih smanjit će cijenu koštanja i pomoći boljoj pristupačnosti sustava većem broju korisnika.

Institut Hrvoje Požar, za Ministarstvo zaštite okoliša i energetike kao naručitelja, objavio je dvije knjige, Zelena knjiga (2018.god.) i Bijela knjiga (2019.god.), u kojima predstavlja trenutno stanje energetske tržišta i kroz nekoliko scenarija predviđa buduće kretanje pojedinih energetske sektora, energenata i demografsko stanje. Na osnovu ovih analiza trebala bi se donijeti jasna strategija smijera energetike u budućnosti i načini postizanja dogovorenih ciljeva energetske učinkovitosti RH na globalnoj razini.

### 2.3. Energetika i fizika zgrade

U fizikalnom smislu energija se definira kao sposobnost nekog tijela da izvrši rad na nekom putu. Iako prema zakonu o očuvanju energije, energija u zatvorenom sustavu ne može sama od sebe nastati niti nestati, već samo prelazi iz jednog oblika u drugi, nama je s aspekta energetskog certificiranja zanimljiva korisna energija, odnosno energija pretvorena u električnu energiju, te toplinsku za grijanje i hlađenje koju želimo dovesti nekom promatranom prostoru. Toplina se definira kao prijelazni oblik energije koji prelazi s tijela više na tijelo niže temperature. Toplina teži uspostavljanju ravnoteže s hladnijim prostorom toplinskim tokom kroz ovojnicu grijanog prostora prema okolišu (ili negrijanom prostoru). Mi svojim radnjama, izborom građevinskih materijala i toplinskom izolacijom ovojnice, težimo onemogućavanju uspostavljanja ove ravnoteže. Ovisno o našem uspjehu u tom postupku ogleda se i energetska učinkovitost zgrade.

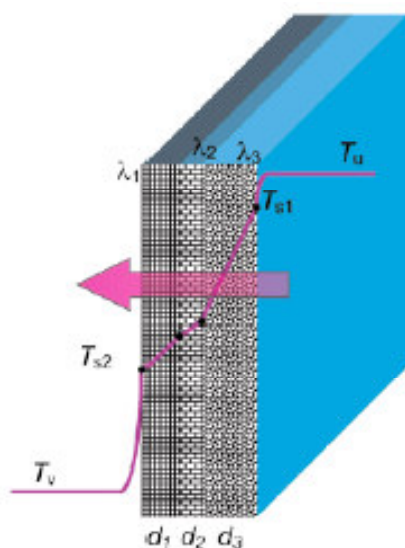
U Hrvatskoj kao u i cijeloj Europskoj uniji gotovo 50% konačne potrošnje energije upotrebljava se za grijanje i hlađenje, od čega 80% u zgradama. Europa nastoji na različite načine reducirati emisije štetnih plinova i usporiti klimatske promjene, a za to je ključan sektor energetike. [11]

Manja potreba za energijom rezultira manjim ispuštanjem štetnih tvari prilikom pretvorbe primarne energije u korisnu, što u konačnici doprinosi očuvanju klime i cijelog planeta. Ukoliko za naše potrebe koristimo više energije iz obnovljivih izvora učinak je još i veći.

Prijelaz topline može se odvijati kondukcijom ili provođenjem, konvekcijom ili prijenosom i zračenjem.

#### Kondukcija ili provođenje

-je način izmjene topline pri kojemu se toplina prenosi na razini atoma i molekula njihovim direktnim dodirnom. [12]



Slika 5. Predodžba provođenja topline kroz element s više homogenih slojeva. [12]

$T_u$  - unutarnja temperatura

$T_v$  - vanjska temperatura

$T_{s1}$ ,  $T_{s2}$  - temperatura unutarnje ( $s1$ ) i vanjske ( $s2$ ) stijenke

$\lambda$  - toplinska provodnost materijala pojedinog sloja (fizikalno svojstvo materijala)

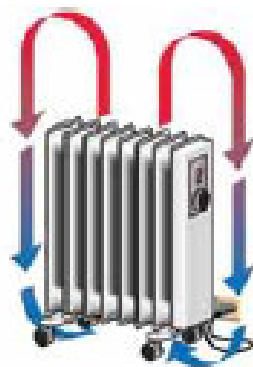
$d$  - debljina pojedinih slojeva

Toplinska provodnost materijala ( $\lambda$ ) fizikalno je svojstvo materijala, ovisi o samom materijalu, njegovoj temperaturi, tlaku i vlažnosti, a određuje se mjerenjem. Materijali veće gustoće u pravilu imaju veću toplinsku provodnost. [12]

S obzirom da nam je cilj da kroz slojeve građevnog materijala spriječimo prolaz topline, u ovom slučaju, interesantniji su nam materijali sa što nižom toplinskom provodljivošću, odnosno izolatori.

### Konvekcija ili prijenos

- je naziv za prijenos topline koji se odvija između krutog tijela i tekućine u gibanju. Pod tekućinom se podrazumijeva stanje tvari koje nije kruto, stanje plina i kapljevine. U općem slučaju vrijednost koeficijenta prijelaza topline konvekcijom ovisi o: veličini i obliku tijela (npr. građevnog elementa), načinu strujanja (smjer toplinskog toka), brzini strujanja, temperaturi stijenke i temperaturi tekućine, te o svojstvima tekućine koja struji uz površinu. [12]

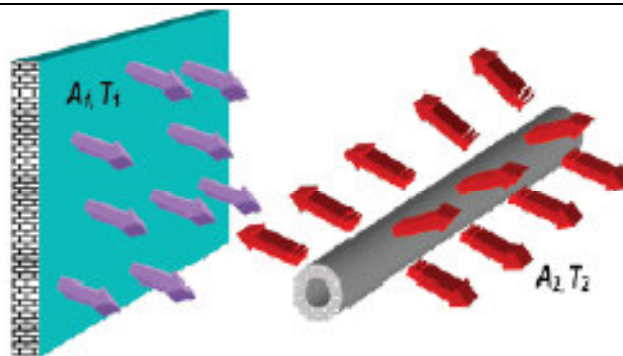


**Slika 6. Predodžba modela slobodne konvekcije. [12]**

### Zračenje

- je proces izmjene topline koji se odvija između tijela različitih temperatura putem elektromagnetnih valova između kojih je proziran (propustan) medij. Širenje elektromagnetskih valova odvija se bez materijalnog posrednika i to je osnovna razlika između zračenja i prethodna dva načina prijenosa topline. Većina je materijala nepropusna za toplinsko zračenje, međutim, postoje materijali koji su propusni za upadna zračenja na pojedinim dijelovima elektromagnetskog spektra. Primjer takvog materijala je staklo: vrlo je propusno za svjetlosne zrake (valne duljine od 0,4 do 0,7  $\mu\text{m}$ ), potpuno nepropusno za infracrvene zrake (valne duljine od 0,7 do 400  $\mu\text{m}$ ). [12]





Slika 7. Predodžba općeg slučaja izmjene topline između dva tijela zračenjem. [12]

A - površina tijela

T - temperatura tijela

Proračun ukupnog toplinskog otpora građevnog elementa vrši se metodom propisanom prema normi HRN EN ISO 6946. Načelno se postupak proračuna ukupnog toplinskog otpora građevnog dijela provodi tako da se izračunaju toplinski otpori svakog homogenog sloja i njima pribroje plošni toplinski otpori.

#### Toplinski otpor homogenih slojeva

$$R = \frac{d}{\lambda} [(m^2K)/W] \quad (1)$$

d - debljina građevinskog sloja [m]

$\lambda$  - toplinska provodnost građevnog sloja

#### Proračun ukupnog toplinskog otpora elementa građevine koji se sastoji od homogenih slojeva

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} [(m^2K)/W] \quad (2)$$

$R_1, R_2, \dots, R_n$  - otpor provođenju topline pojedinog građevinskog sloja

$R_{si}, R_{se}$  - unutarnji i vanjski plošni otpor prijelaza topline

#### Koeficijent prolaska topline

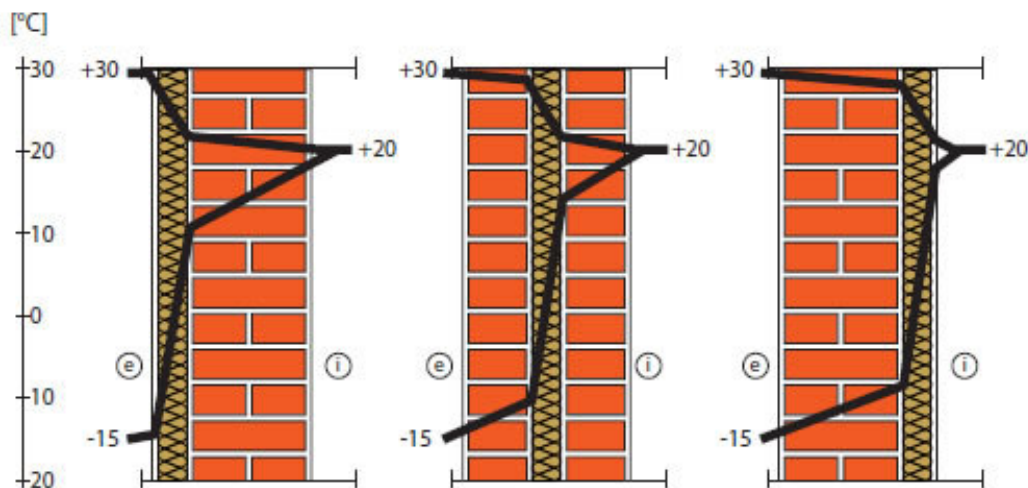
Koeficijent prolaska topline predstavlja recipročnu vrijednost ukupnog toplinskog otpora.

$$U = \frac{1}{R_T} [W/(m^2K)] \quad (3)$$

$R_T$  - ukupni toplinski otpor građevnog dijela

Toplinska svojstva građevne konstrukcije ne ovise samo o debljini nego i o redosljedu slaganja građevnih slojeva. Redosljed slaganja slojeva će utjecati na raspored temperatura višeslojnog građevnog elementa. Za zimsko razdoblje ukoliko je toplinska izolacija postavljena s vanjske, hladnije strane, uslijed velikog toplinskog otpora sloja izolacije, ostatak

će građevnog elementa (nosivi dio) biti na relativno visokoj temperaturi. Ako se toplinska izolacija postavi s unutrašnje strane, cijeli će nosivi dio zida biti na niskim temperaturama. Niske su temperature građevnog elementa povezane s mogućnošću pojave kondenzacije vlage unutar nosive strukture, a time i s mogućim oštećenjima koja mogu nastati uslijed vlage. [12] Kod izolacije s vanjske strane, nosivi zid je zaštićeniji i manje su oscilacije temperature za razliku od izolacije s unutarnje strane.



Slika 8. Predodžba utjecaja položaja izolacije na temperaturu nosivog zida. [17]

Izolacija postavljena s unutarnje strane povoljnija je samo kod prostora koji se povremeno griju gdje je potrebno brzo zagrijavanje volumena zraka bez akumuliranja topline u vanjskoj konstrukciji.

Najviše topline zgrada gubi kroz ovojnicu zgrade koju čine 4 elementa: krov, vanjski zidovi (fasada), otvori (prozori i vrata), zidovi u kontaktu s tlom (podovi i podrumski zidovi).

## **2.4. Energetski pregled i energetski certifikat**

### **2.4.1. Uvod**

Republika Hrvatska, kao država članica Europske unije, u svoje je zakonodavstvo ugradila ciljeve EU, aktivan je sudionik međunarodnih projekata i organizacija koji se bave temom energetske učinkovitosti, kroz više programa energetske obnove provela je uspješne obnove zgrada, koristeći nacionalne i europske izvore financiranja.

Obvezno energetsko certificiranje zgrada u Republici Hrvatskoj uvedeno je 15. člankom Zakona o prostornom uređenju i gradnji, NN 76/07, 38/09, 55/11, 90/11, a implementira se putem niza temeljnih propisa i pravilnika s obvezom primjene od 31.03.2010.god. za sve objekte definirane Pravilnikom o energetskom certificiranju zgrada, NN 36/2010. [11]

Prema Pravilniku o energetskom pregledu zgrade i energetskom certificiranju, zakonska je obveza u Hrvatskoj provedba redovitih pregleda:

- sustava grijanja za sve kotlove na tekuća, plinovita ili kruta goriva pojedinačne nazivne toplinske snage za grijanje prostora veće od 20 kW,
- sustava hlađenja za sve rashladne uređaje pojedinačne nazivne rashladne snage veće od 12 kW,
- sustava prisilne ventilacije i klimatizacije za sve klima komore koje ispunjavaju barem jedan od slijedeća dva uvjeta: nazivni protok zraka od najmanje 2.500 m<sup>3</sup>/h i veći, nazivna rashladna snaga hladnjaka veća od 12 kW. [10]

### **2.4.2. Energetski pregled**

Energetski pregled zgrade podrazumijeva analizu tehničkih i energetskih svojstava zgrade i analizu svih tehničkih sustava u zgradi koji troše energiju i vodu s ciljem utvrđivanja učinkovitosti i/ili neučinkovitosti potrošnje energije, energenata i vode. [10]

Ove analize odnose se na:

1. način gospodarenja energijom u zgradi,
2. toplinske karakteristike vanjske ovojnice,
3. termotehnički sustavi,
  - 3.1 sustavi grijanja,
  - 3.2 sustavi pripreme potrošne tople vode (PTV),
  - 3.3 sustavi hlađenja,
  - 3.4 sustavi ventilacije, djelomične klimatizacije i klimatizacije,
4. sustav napajanja, razdiobe i potrošnje električne energije,
5. sustav električne rasvjete,
6. sustav opskrbe vodom,
7. sustav mjerenja, regulacije i upravljanja,
8. alternativne sustave za opskrbu energijom.

Ove radnje nazivaju se Metodologija, a sastavni dio Metodologije je Algoritam za izračun energetske svojstava zgrade. Sve ove radnje i postupci su propisani i odobreni od Ministarstva graditeljstva i prostornog uređenja (na čijim internetskim stranicama se mogu i pronaći), a Algoritam za izračun propisan je odgovarajućim normama. Na osnovu obavljenog energetskog pregleda izrađuje se dokument na kojem su iskazana energetska svojstva zgrade i ekonomski opravdane mjere za poboljšanje energetske svojstava zgrade te mjere nužne za zadovoljavanje minimalnih tehničkih uvjeta. Nove zgrade se moraju projektirati tako da zadovolje zadane uvjete energetske učinkovitosti, a za postojeće se nakon analize rezultata pregleda predlažu ekonomski opravdane mjere za poboljšavanje energetske učinkovitosti. [10]

Na osnovu energetskog pregleda, zgrade se svrstavaju u energetske razrede.

Za svaku zgradu određuju se dva energetska razredana temelju slijedećih dviju vrijednosti:

- specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje  $Q''_{H,nd}$  [kWh/(m<sup>2</sup>god.)] za referentne klimatske podatke i Algoritmom propisan režim korištenja prostora i režim rada tehničkih sustava,
- specifična godišnja primarna energija  $E_{prim}$ [kWh/(m<sup>2</sup>god.)] za referentne klimatske podatke i Algoritmom propisan režim korištenja prostora i režim rada tehničkih sustava.

Primarna energija kod stambenih zgrada obuhvaća energiju za grijanje, pripremu potrošne tople vode i ventilaciju/klimatizaciju (ukoliko postoji). U primarnu energiju kod stambenih zgrada nije uključena energija za hlađenje te energija za rasvjetu.

Primarna energija kod nestambenih zgrada obuhvaća energiju za rasvjetu i energije onih termotehničkih sustava naznačenih u Tablici 10 za pojedinu vrstu nestambene zgrade.

**Tablica 2. Definirani tehnički sustavi za proračun do primarne energije za referentne klimatske podatke za pojedine vrste zgrada.[10]**

	Vrsta zgrade	SUSTAV GRIJANJA	SUSTAV HLAĐENJA	SUSTAV PRIPREME PTV-a	SUSTAV MEH. VENTILACIJA I KLIMATIZACIJE	SUSTAV RASVJETE
1	Obiteljske kuće	DA	NE	DA	Uzima se u obzir ukoliko postoji	NE <sup>1</sup>
2	Višestambene zgrade	DA	NE	DA		NE <sup>1</sup>
3	Uredske zgrade	DA	DA	NE		DA
4	Zgrade za obrazovanje	DA	NE	NE		DA
5	Bolnice	DA	DA	DA		DA
6	Hoteli i restorani	DA	DA	DA		DA
7	Sportske dvorane	DA	DA	DA		DA
8	Zgrade trgovine	DA	DA	NE		DA
9	Ostale nestambene zgrade	DA	NE	NE		DA

Stambene i nestambene zgrade svrstavaju se u osam energetske razreda prema energetske ljestvici od A+ do G, s tim da A+ označava energetski najpovoljniji, a G energetski najnepovoljniji razred. [11]

Tablica 3. Raspon energetske razreda na temelju specifične potrebne energije za grijanje. [10]

Energetski razred	Specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q''_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
A+	≤ 15
A	≤ 25
B	≤ 50
C	≤ 100
D	≤ 150
E	≤ 200
F	≤ 250
G	> 250

Tablica 4. Energetski razredi za pojedine vrste zgrada na temelju specifične primarne energije. [11]

$E_{prim}$ (kWh/m <sup>2</sup> a)	STAMBENA		OBITELJSKA		UREDSKA		OBRAZOVNA		BOLNICA		HOTEL I RESTORAN		SPORTSKA DVORANA		TRGOVINA		OSTALE NESTAMBENE	
	K	P	K	P	K	P	K	P	K	P	K	P	K	P	K	P	K	P
A+	≤ 80	≤ 50	≤ 45	≤ 35	≤ 35	≤ 25	≤ 55	≤ 55	≤ 250	≤ 250	≤ 90	≤ 70	≤ 210	≤ 150	≤ 170	≤ 150	≤ 80	≤ 50
A	> 80	> 50	> 45	> 35	> 35	> 25	> 55	> 55	> 250	> 250	> 90	> 70	> 210	> 150	> 170	> 150	> 80	> 50
	≤ 100	≤ 75	≤ 80	≤ 55	≤ 55	≤ 50	≤ 60	≤ 58	≤ 275	≤ 275	≤ 110	≤ 75	≤ 305	≤ 160	≤ 310	≤ 210	≤ 115	≤ 75
B	> 100	> 75	> 80	> 55	> 55	> 50	> 60	> 58	> 275	> 275	> 110	> 75	> 305	> 160	> 310	> 210	> 115	> 75
	≤ 120	≤ 90	≤ 115	≤ 70	≤ 70	≤ 70	≤ 65	≤ 60	≤ 300	≤ 300	≤ 130	≤ 80	≤ 400	≤ 170	≤ 450	≤ 280	≤ 150	≤ 100
C	> 120	> 90	> 115	> 70	> 70	> 70	> 65	> 60	> 300	> 300	> 130	> 80	> 400	> 170	> 450	> 280	> 150	> 100
	≤ 265	≤ 220	≤ 280	≤ 230	≤ 100	≤ 90	≤ 125	≤ 120	≤ 345	≤ 325	≤ 160	≤ 95	≤ 465	≤ 225	≤ 475	≤ 290	≤ 280	≤ 225
D	> 265	> 220	> 280	> 230	> 100	> 90	> 125	> 120	> 345	> 325	> 160	> 95	> 465	> 225	> 475	> 290	> 280	> 225
	≤ 410	≤ 350	≤ 445	≤ 385	≤ 125	≤ 110	≤ 175	≤ 175	≤ 395	≤ 350	≤ 190	≤ 110	≤ 530	≤ 280	≤ 495	≤ 340	≤ 410	≤ 350
E	> 410	> 350	> 445	> 385	> 125	> 110	> 175	> 175	> 395	> 350	> 190	> 110	> 530	> 280	> 495	> 340	> 410	> 350
	≤ 515	≤ 435	≤ 560	≤ 485	≤ 155	≤ 140	≤ 220	≤ 220	≤ 495	≤ 440	≤ 240	≤ 140	≤ 665	≤ 350	≤ 620	≤ 425	≤ 515	≤ 435
F	> 515	> 435	> 560	> 485	> 155	> 140	> 220	> 220	> 495	> 440	> 240	> 140	> 665	> 350	> 620	> 425	> 515	> 435
	≤ 615	≤ 520	≤ 670	≤ 580	≤ 190	≤ 165	≤ 265	≤ 265	≤ 590	≤ 525	≤ 290	≤ 165	≤ 795	≤ 415	≤ 745	≤ 510	≤ 615	≤ 520
G	> 615	> 520	> 670	> 580	> 190	> 165	> 265	> 265	> 590	> 525	> 290	> 165	> 795	> 415	> 745	> 510	> 615	> 520

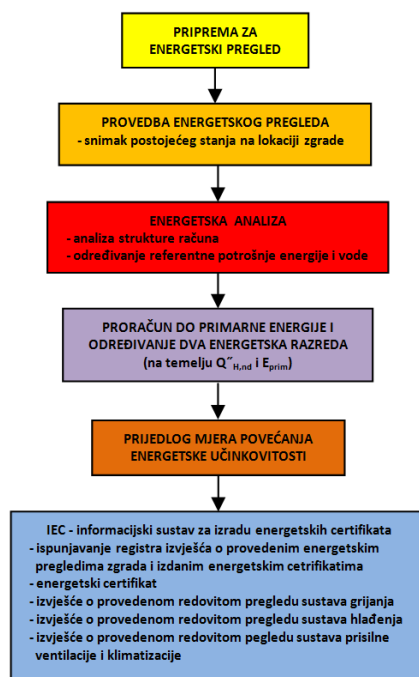
K – kontinentalna Hrvatska, P – primorska Hrvatska

Energetska svojstva zgrade ovise o:

- lokalnim klimatskim uvjetima,
- svojstvima vanjske ovojnice zgrade,
- projektnim unutarnjim uvjetima,
- svojstvima i postavkama tehničkog sustava zgrade,
- aktivnostima i procesima u zgradi,
- ponašanju korisnika i
- režimima rada tehničkih sustava.

Pregled zgrade provode ovlaštene osobe, svaka u dijelu svoje struke na temelju metodologije provođenja energetskog pregleda zgrada.

Tijek provedbe energetskeg pregleda zgrade dan je preko okvirnog dijagrama toka.



Slika 9. Predodžba dijagrama toka energetskeg pregleda zgrade. [10]

### 2.4.3. Energetsko certificiranje

Energetsko certificiranje je skup radnji i postupaka koji se provode u svrhu izdavanja energetskeg certifikata.

Energetsko certificiranje **postojeće zgrade** uključuje energetske pregled zgrade, potrebne proračune za referentne klimatske podatke za iskazivanje specifične godišnje potrebne toplinske energije za grijanje i hlađenje, specifične godišnje isporučene i primarne energije, te specifične godišnje emisije CO<sub>2</sub>.

Energetsko certificiranje **nove zgrade** izdaje se na temelju podataka iz glavnog projekta u odnosu na racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu zgrade, pisane izjave izvođača o izvedenim radovima i uvjetima održavanja zgrade, vizualnog pregleda i završnog izvješća nadzornog inženjera o izvedbi, ukoliko je postojala obveza njegove izrade. [11]

### 2.4.4. Energetski certifikat

Od 1. listopada 2017. godine izdavanje energetskih certifikata u Republici Hrvatskoj moguće je jedino pomoću Informacijskog sustava energetskih certifikata (IEC). IEC je aplikacija koja omogućuje ovlaštenim osobama za energetske pregled zgrada i/ili redovite pregled sustava: grijanja, hlađenja, ventilacije i klimatizacije u zgradi, izdavanje i pohranu energetskih certifikata i unos podataka o energetskom stanju zgrade.

Energetski certifikat je dokumenat koji izdaje ovlaštena osoba nakon obavljenog energetskog pregleda zgrade. Na osnovu rezultata proračuna zgrada je svrstana u energetski razred koji je iskazan na certifikatu. Izgled i sadržaj certifikata su propisani zakonom, a isti izdaju samo ovlaštene osobe.

Certifikat se izdaje za cijelu zgradu, ili njezin dio (zasebnu stambenu jedinicu), za koji je potrebno koristiti energiju za održavanje unutarnje projektne temperature u skladu s njezinom namjenom, osim za:

- zgradu koja se koristi za održavanje vjerskih obreda ili vjerskih aktivnosti,
- privremenu zgradu čiji je rok uporabe dvije godine ili manje, industrijsko postrojenje, radionicu i nestambenu poljoprivrednu zgradu s malim energetskim potrebama,
- stambenu zgradu koja se koristi manje od četiri mjeseca godišnje,
- slobodnostojeću zgradu s ukupnom korisnom površinom manjom od 50 m<sup>2</sup>. [11]

Certifikat se sastoji od četiri stranice, vrijedi deset godina i sadrži opće podatke o zgradi i energetski razred, rok važenja i oznaku certifikata, podatke o osobama koje su izdale i sudjelovale u izradi certifikata, podatke o termotehničkim sustavima i korištenju obnovljivih izvora energije, energetske potrebe zgrade, prijedlog mjera, detaljnije informacije i objašnjenje sadržaja energetskog certifikata. [11]

Zgrada javne namjene ili dio zgrade mješovite namjene koji se kao samostalna uporabna cjelina koristi za javnu namjenu moraju imati energetski certifikat zgrade izložen na mjestu jasno vidljivom posjetiteljima zgrade (u sklopu glavnog ulaza u zgradu).



Javno se izlaže prva stranica certifikata koja sadrži osnovne podatke o zgradi i energetske razred, te treća stranica na kojoj su popisane predložene mjere poboljšanja energetske učinkovitosti zgrade.

PRIJEDLOG MJERA	
- prijedlog dodatnih neodređenih mjera za poboljšanje energetske učinkovitosti zgrade temeljem izvješća energetskom pregledu zgrade - za nove zgrade se dio p. 1. odnosi na izradu projekta za ispunjenje energetske učinkovitosti zgrade u skladu s odredbama energetskog zakona i ispunjenje energetske učinkovitosti zgrade	
Redni broj	Opis mjera
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
6.	
7.	
8.	
9.	
10.	
11.	
12.	
13.	
14.	
15.	


  

Opis predložene kombinacije mjera za poboljšanje energetske učinkovitosti zgrade	Potencijal razreda zgrade ( $E_{req}$ ) [kWh/m <sup>2</sup> ·a]	Potencijal smanjenja ( $\Delta C_{req}$ ) [kWh/m <sup>2</sup> ·a]	IPP (a)

DETALJNE INFORMACIJE	
- u slučaju iznosa koje se odnose na inozemnu učinkovitost prijenosa toplote (ili električnu)	

Slika 10. Predodžba treće stranice certifikata. [10]

ENERGETSKI CERTIFIKAT ZGRADE	
prema Pravilniku o energetskom pregledu zgrade i energetskom certifikatu (NN 46/24, 48 / Navedite broj: _____ Datum: _____	
PODACI O ZGRADI Vrsta zgrade (prema Pravilniku) <input type="checkbox"/> nova <input type="checkbox"/> proširenje <input type="checkbox"/> rekonstrukcija Vrsta zgrade prema odredbama tehničkih sustava <input type="checkbox"/> odobreni iz projekta <input type="checkbox"/> postojeći izbornik Vrsta zgrade prema odredbama tehničkih sustava <input type="checkbox"/> odobreni iz projekta <input type="checkbox"/> postojeći izbornik k.č. br. _____ Plošćina katne površine - grijanje cijela zgrade (m <sup>2</sup> ) _____ Gradovinska površina površinske zgrade (m <sup>2</sup> ) _____ Faktor zaštite (0,1-1) _____	
ENERGETSKI RAZRED ZGRADE 	
Specifična godišnja isporučena energija $E_{req}$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)] _____ Specifična godišnja emisija CO <sub>2</sub> [kg/(m <sup>2</sup> ·a)] _____ Uloženi nzeb ako energijsko svjetlo zgrade ( $E_{req}$ ) zadovoljava zahtjeve za zgrade s nzeb ili iznosa koje se odnose na inozemnu učinkovitost prijenosa toplote (ili električnu)	
ROK VAŽENJA CERTIFIKATA / PODACI O OSOBI KOJA JE IZDALA ENERGETSKI CERTIFIKAT Datum izdavanja _____ Datum vađenja _____ Naziv ovlaštene pravne osobe _____ Registrirani broj _____ Ime i prezime fizičke osobe u ovlaštenoj pravnoj osobi ili ime i prezime ovlaštene fizičke osobe / ustranotični podaci _____	
PODACI O OSOBAMA KOJE SU SUDJELOVALE U IZRADI ENERGETSKOG CERTIFIKATA Dio zgrade _____ Ime i prezime ovlaštene osobe _____ Naziv pravne osobe _____ Registrirani broj _____ Vlastitostni podaci _____ Gradovinski _____ Stručar _____ Elektrotehničar _____	

Slika 11. Predodžba prve stranice certifikata. [10]



### 3. Eksperimentalni dio

#### 3.1. Izrada certifikata za obiteljsku stambenu kuću

##### 3.1.1. Opis građevine

Promatrani objekat (sl. 12) je obiteljska stambena kuća nedaleko od Karlovca (Dugi Dol), građevne bruto površine  $A = 206,50 \text{ (m}^2\text{)}$ . Kuća se sastoji od prizemnog dijela, kata i nefunkcionalnog tavanškog prostora, sagrađena na površini od  $89 \text{ m}^2$ . Od ukupne površine prizemlja cca. pola kuće je stambeni dio (kuhinja i dnevni boravak koji ulaze u proračun kao grijani dio), dok druga polovina sačinjava višenamjensku ostavu (nije grijana i ne ulazi u proračun grijanog dijela). Na katu se nalaze četiri spavaće sobe, s kupatilom i ostavom, sve povezano središnjim hodnikom i stubištem (sve osim ostave je grijani dio i ulazi u proračun). Potkrovlje je nefunkcionalni tavanški prostor s dvostranim krovom prekriven glinenim crijepom (nije grijan i ne ulazi u proračun). Vanjska ovojnica kuće renovirana je 2006 god. i postavljen je sloj polistirena 50 mm. po ovojnici prizemlja (beton 300 mm) i umjetni kamen kao završni sloj. Ovojnica kata i potkrovlja (puna opeka 245 mm) obložena je polistirenom 100 mm, a kao završni sloj postavljen je sloj silikatne žbuke. Na cijeloj kući je ugrađena pvc stolarija, ostakljena izo staklom (4-16-4) s jednim slojem Low-e premaza. Kuća ima jednostavan tehnički sustav. Grijanje, koje je izvedeno kao centralni sustav smješten u zasebnoj kotlovnici, koje ujedno služi i za pripremu PTV. Hlađenja nema, a provjetravanje se vrši prirodnim putem (otvaranje prozora). Uz gradsku vodovodnu mrežu, spojen je i vodovodni sustav pomoću hidrofora koji koristi oborinske vode prikupljene preko krova u sabirni podzemni bazen koji se nalazi uz kuću. Geografska pozicija je azimut  $18^\circ$  prema SI, s nagibom krova od  $33^\circ$  orijentacije SI - JZ, (tlocrti pjedinih etaža te presjek dati su u prilogu, a geometrijske karakteristike zgrade u tablici 7). Kuća se nalazi u kontinentalnoj Hrvatskoj, a klimatski podaci korišteni u proračunu uzeti su iz najbliže meteorološke postaje, a to je za grad Karlovac.



Slika 12. Predodžba pročelja kuće.



Slika 13. Predodžba satelitskog snimka kuće. [13]

### 3.1.2. Priprema za proračun

Za proračun je odabran program KI Expert plus (V 7.5.0.0), izdan od tvrtke Knauf Insulation d.o.o. Program je razvijen u suradnji s Sveučilištem u Zagrebu i Fakultetom organizacije i informatike u Varaždinu.

Program KI Expert plus namijenjen je projektantima i energetske certifikatorima, te je u potpunosti usklađen s Tehničkim propisom o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama ("Narodne novine" broj 128/15, 70/18, 73/18, 86/18), Algoritmom za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790 te najnovijim Pravilnikom o energetske pregledu zgrade i energetske certificiranju ("Narodne novine" broj 88/17.). Algoritam za proračun temelji se na sumi ukupnih gubitaka i dobitaka toplinske energije tokom cijele godine, ovisno o periodu grijanja ili hlađenja uzimajući klimatske podatke iz odabrane meteorološke postaje za određeno područje (u ovom slučaju Karlovac). Uz prethodnu suglasnost Ministarstva graditeljstva i prostornog uređenja povezan je na aplikaciju Informacijskog Sustava Energetskih certifikata (IEC). [15]

### 3.1.3. Proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prema normi HR ISO 13790 u programu KI Expert plus

#### 3.1.3.1. Klimatološki podaci lokacije objekta

Iz liste ponuđenih mjernih postaja odabiremo najbližu našoj lokaciji, a program na osnovu odabira uzima predefinirane podatke za daljnji proračun.

Predmetna zgrada nalazi se u 2. zoni globalnog Sunčevog zračenja sa srednjom mjesečnom temperaturom vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade

$\Theta_{e,mj,min} \leq 3^{\circ}C$  i unutarnjom temperaturom  $\Theta_i \geq 18^{\circ}C$ .

**Tablica 5. Klimatološki podaci za referentnu postaju Karlovac.**

Lokacija: Karlovac

Referentna postaja: Karlovac

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
Temperature zraka (°C)													
m	0,5	2,4	6,8	11,4	16,5	20	21,7	21	15,7	10,9	6,1	0,9	11,2
min	-14,5	-12,7	-9,9	0,2	5,2	9,8	12,5	10	8,1	-0,3	-5,4	-13,7	-14,5
max	13,7	14,4	17,3	22,4	25,3	28,7	29,9	28,9	24,8	21,3	21,3	16,2	29,9

Tlak vodene pare(Pa)													
m	550	620	760	970	1340	1670	1840	1820	1540	1140	820	610	1140

Relativna vlažnost zraka (%)													
m	85	77	71	71	71	71	71	75	80	83	84	87	77

Brzina vjetra (m/s)													
m	0,9	1	1,2	1,3	1,1	1,1	1	0,9	0,8	0,9	1	0,9	1

Broj dana grijanja													
Temperatura vanjskog zraka												$\leq 10^{\circ}C$	159,1

		≤12°C	178,9
		≤15°C	200,3

### 3.1.3.2. Namjena zgrade i podjela u toplinske zone

Odabirom namjene zgrade program koristi predefinirane podatke proračuna za odabranu zgradu.

Kod složenijih zgrada, kako bi se potrebna izračunata energija što bolje opisala sa stvarnom isporučenom energijom, nužno je podijeliti dijelove zgrada prema korištenju i projektnim režimima korištenja u zone.

Podjela zgrada na zone nužna je kad se dijelovi zgrade razlikuju:

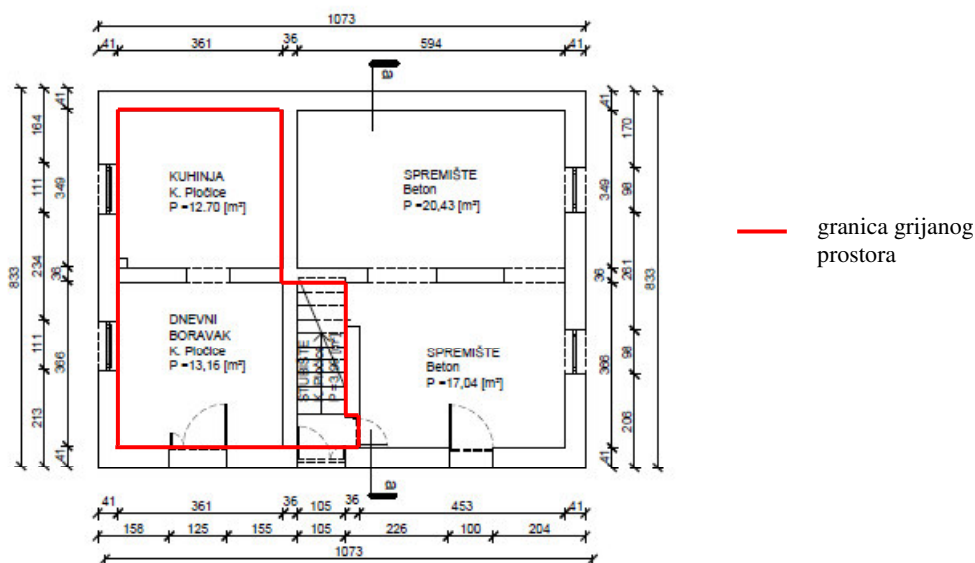
- prema namjeni,
- prema unutarnjoj projektnoj temperaturi za više od 4°C ,
- prema unutarnjoj projektnoj temperaturi ( $\Theta_{int,set,H} \geq 18 \text{ °C}$  ili  $12 \text{ °C} < \Theta_{int,set,H} < 18 \text{ °C}$ ),
- po vrsti i režimu korištenja termotehničkih sustava. [10]

**Tablica 6. Namjena i zone zgrade.**

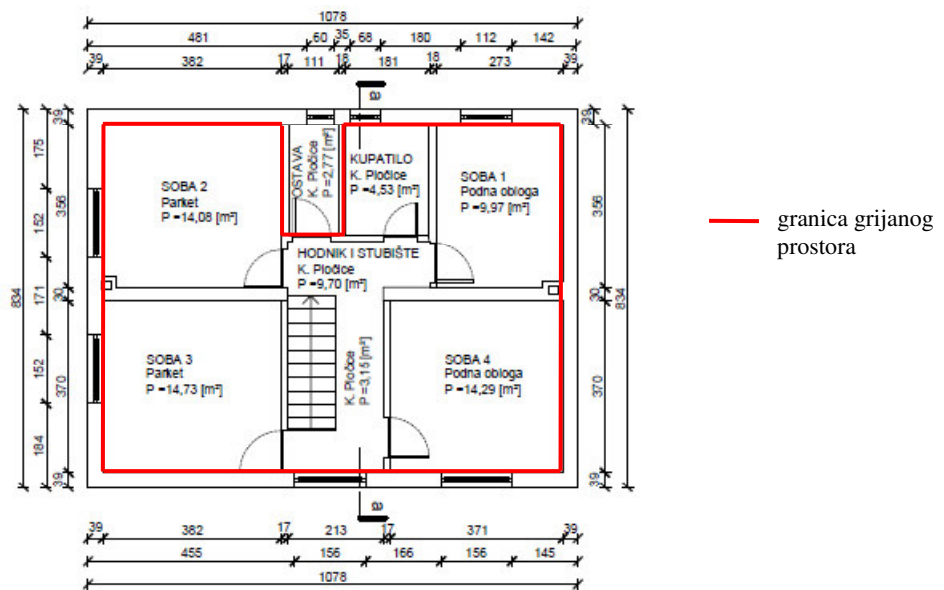
Namjena zgrade	Stambena zgrada
Podjela zgrade u toplinske zone	ne

Kuća je gledana kao jedna cjelina pa se proračun grijanog dijela vrši za jednu proračunsku zonu. Prikaz grijanog dijela omeđen je crvenom konturom na nacrtima ispod.

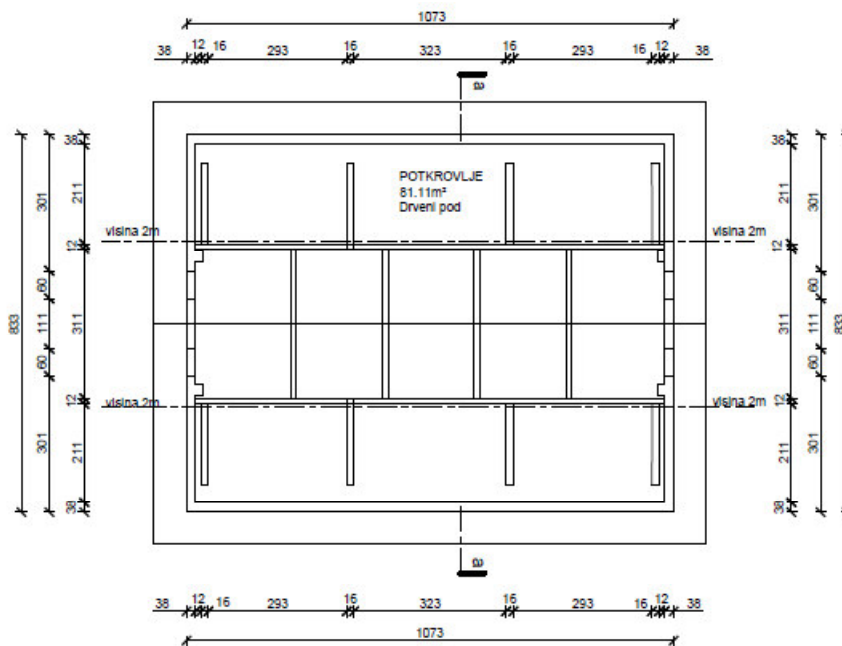
Unutarnja projektna temperatura grijanja: 20 °C.



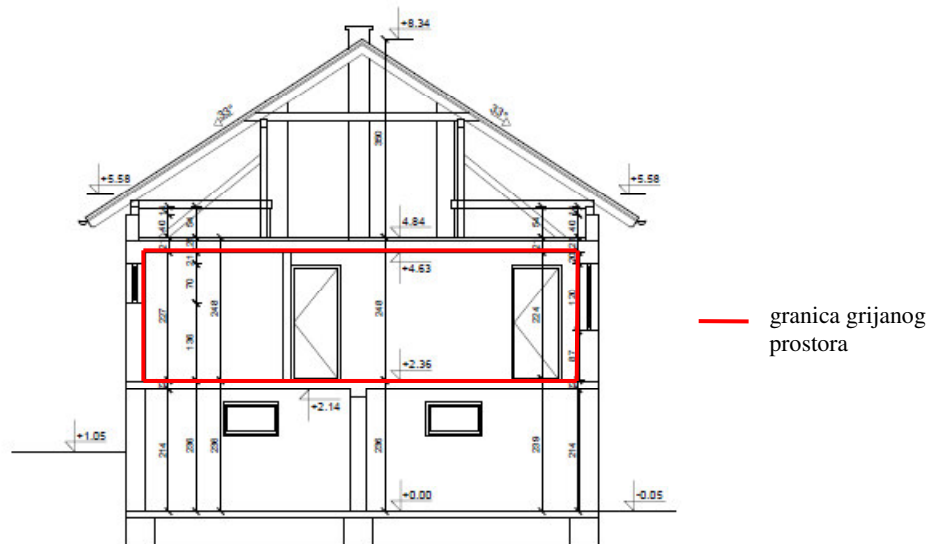
**Slika 14. Predodžba tlocrta prizemlja.**



Slika 15. Predodžba tlocrta kata.



Slika 16. Predodžba tlocrta potkrovlja.



Slika 17. Predodžba presjeka a-a.

### 3.1.3.3. Geometrijske karakteristike zgrade

Potrebne dimenzije zgrade uimamo iz projektne dokumentacije (ukoliko postoji) ili izmjerama na samom objektu. Unošenjem ploština pojedinih građevnih dijelova program automatski vrši proračun geometrijskih karakteristika zgrade na kojem se temelji daljnji proračun.

**Tablica 7. Geometrijske karakteristike zgrade**

Potrebni podaci	Zona 1
Oplošje grijanog dijela zgrade – $A[m^2]$	404,69
Obujam grijanog dijela zgrade – $V_e[m^3]$	313,53
Obujam grijanog zraka – $V[m^3]$	221,40
Faktor oblika zgrade - $f_0[m^{-1}]$	1,29
Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade – $A_K[m^2]$	98,91
Ukupna ploština pročelja – $A_{uk}[m^2]$	338,85
Ukupna ploština prozora – $A_{wuk}[m^2]$	19,38
Građevinska bruto površina $[m^2]$	206,50

Oplošje grijanog dijela zgrade -  $A [m^2]$  - ukupna ploština građevnih dijelova koji razdvajaju grijani dio zgrade od vanjskog prostora, tla ili negrijanih dijelova zgrade,

Obujam grijanog dijela zgrade -  $V_e [m^3]$  - bruto obujam, obujam grijanog dijela zgrade kojemu je oplošje  $A$ ,

Obujam grijanog zraka -  $V [m^3]$  - neto obujam, obujam grijanog dijela zgrade u kojem se nalazi zrak,

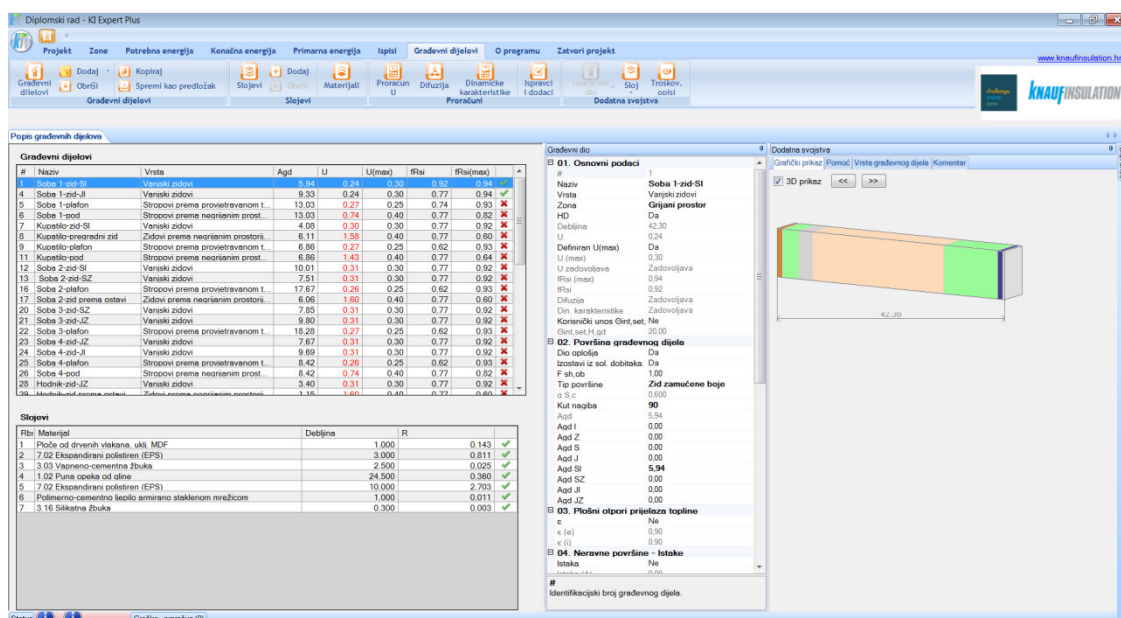
Faktor oblika zgrade -  $f_0 [m^{-1}]$  - jest količnik oplošja,  $A (m^2)$ , i obujma,  $V_e (m^3)$ , grijanog dijela zgrade,

**Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade** -  $A_K$  [m<sup>2</sup>] - ukupna ploština neto podne ploštine grijanog dijela zgrade. Kod stambenih zgrada može se odrediti prema približnom izrazu  $A_K = 0,32 \cdot V_e$ ,

**Građevinska bruto površina** [m<sup>2</sup>] - zbroj površina mjerenih u razini podova svih dijelova (etaža) zgrade određenih prema vanjskim mjerama obodnih zidova s oblogama,

### 3.1.3.4. Građevni dijelovi zgrade, slojevi i obrada

U proračun se unose svi građevni dijelovi koji odvajaju: grijani od negrijanog prostora, negrijani od vanjskog ili građevni dijelovi koji razdvajaju različite zone. Pravilno definiranje slojeva pojedinog građevnog dijela vrši se u smjeru toplinskog toka (od grijanog prostora) na način da unosimo iz predloška (ili kreiramo novi sloj) odaberemo vrstu sloja, te mu dodamo potrebnu debljinu. Vrijednosti ploština pojedinog građevnog dijela koje se unose su neto, odnosno bez otvora (ukoliko postoje). Potrebno je svakom građevnom sloju definirati i njegovu prostornu orijentaciju.



Slika 18. Predodžba definiranja jednog zida s grafičkim prikazom.

U tablicama ispod je primjer definiranja nekih građevnih dijelova.

Tablica 8. Vanjski zidovi 4 - Soba 2-zid-SI

R.b.	Materijal	d[cm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [-]	sd[m]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
1	Sloj za izravnavanje (glet)	0,500	0,810	10,00	0,05	1800,00
2	Vapneno-cementna žbuka	2,500	1,000	20,00	0,50	1800,00
3	Puna opeka od gline	24,500	0,680	7,00	1,72	1600,00
4	Ekspandirani polistiren (EPS)	10,000	0,037	60,00	6,00	21,00
5	Polimerno-cementno ljepilo armirano staklenom mrežicom	1,000	0,900	14,00	0,14	1650,00
6	Silikatna žbuka	0,300	0,900	60,00	0,18	1800,00
Definirana ploština [m <sup>2</sup> ]:					Sjeveroistok	10,01



**Tablica 9. Zidovi prema negrijanim prostorijama 1 - Kupatilo-pregradni zid.**

R.b.	Materijal	d[cm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [-]	sd[m]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
1	Keramičke pločice	1,000	1,300	200,00	2,00	2300,00
2	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	0,900	14,00	0,07	1650,00
3	Vapneno-cementna žbuka	2,500	1,000	20,00	0,50	1800,00
4	Šuplji blokovi od gline	12,000	0,390	5,00	0,60	800,00
5	Vapneno-cementna žbuka	2,500	1,000	20,00	0,50	1800,00
Definirana ploština [m <sup>2</sup> ]:					6,11	

**Tablica 10. Podovi na tlu 2 - Dnevni boravak+kuhinja-pod**

R.b.	Materijal	d[cm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [-]	sd[m]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
1	Keramičke pločice	1,000	1,300	200,00	2,00	2300,00
2	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	0,900	14,00	0,07	1650,00
3	Cementni estrih	5,000	1,600	50,00	2,50	2000,00
4	Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)	3,000	0,033	80,00	2,40	28,00
5	Beton s jednozrnatim šljunkom	12,000	0,810	60,00	7,20	1600,00
6	Pijesak i šljunak	30,000	2,000	50,00	15,00	1700,00
7	Glina ili mulj	50,000	1,500	50,00	25,00	1200,00
Definirana ploština [m <sup>2</sup> ]:					35,32	

d - debljina sloja građevnog dijela

$\lambda$  - koeficijent prolaska topline

$\mu$  - faktor otpora difuziji vodene pare

sd - debljina sloja zraka ekvivalentna za difuziju vodene pare

$\rho$  - specifična gustoća materijala

Na isti način definirani su svi ostali građevni dijelovi, a program na osnovu odabranih slojeva i njihove debljine automatski vrši proračun koeficijenta prolaska topline za definirani građevni dio. U slijedećoj tablici prikazani su svi definirani građevni dijelovi s ploštinom, izračunatim i maksimalno dopuštenim koeficijentom prolaska topline.

**Tablica 11. Definirani građevni dijelovi koji ulaze u proračun.**

Naziv građevnog dijela	A[m <sup>2</sup> ]	U[W/m <sup>2</sup> K]	U <sub>max</sub> [W/m <sup>2</sup> K]
Soba 1-zid-SI	5,94	0,24	0,30
Soba 1-zid-JI	9,33	0,24	0,30
Kupatilo-zid-SI	4,08	0,30	0,30
Soba 2-zid-SI	10,01	0,31	0,30
Soba 2-zid-SZ	7,51	0,31	0,30
Soba 3-zid-SZ	7,85	0,31	0,30
Soba 3-zid-JZ	9,80	0,31	0,30
Soba 4-zid-JZ	7,67	0,31	0,30

Soba 4-zid-JI	9,69	0,31	0,30
Hodnik-zid-JZ	3,40	0,31	0,30
Hodnik prizemlje-zid-JZ	0,68	0,51	0,30
Kuhinja zid-SI-izvan zemlje	4,62	0,51	0,30
Kuhinja + d. boravak zid-SZ-izvan zemlje	11,68	0,35	0,30
Dnevni boravak zid-JZ	7,02	0,35	0,30
Negrijani dio_zid ostave_kat_zid SI	2,59	0,31	0,30
Negrijani dio_zid JI_Podrum1 + podrum 2	16,84	0,52	0,30
Negrijani dio_Podrum2_zid SI_izvan zemlje	6,91	0,52	0,30
Negrijani dio_Podrum 1_zid JZ	8,77	0,52	0,30
Tavan_zid SZ	14,98	0,31	0,30
Tavan_zid JI	14,98	0,31	0,30
Tavan_zid SI	3,33	0,31	0,30
Tavan_zid JZ	3,33	0,31	0,30
Krov SI	74,23	5,13	0,30
Krov JZ	74,23	5,13	0,30
Kupatilo-pregradni zid	6,11	1,58	0,40
Soba 2-zid prema ostavi	6,06	1,60	0,40
Hodnik-zid prema ostavi	1,15	1,60	0,40
Hodnik zid-stubište	4,44	1,44	0,40
Kuhinja zid prema ostavi	4,62	1,44	0,40
Kuhinja zid-SI-u zemlji	4,45	1,15	0,40
Kuhinja + d. boravak zid-SZ-uzemlji	4,37	0,55	0,40
Negrijani dio_podrum 2_zid SI_u zemlji	6,66	1,20	0,40
Hodnik prizemlje-pod	1,39	0,57	0,40
Dnevni boravak+kuhinja-pod	35,32	0,57	0,40
Negrijani dio_pod_podrumi 1 + podrum 2	47,56	0,57	0,40
Soba 1-plafon	13,03	0,27	0,25
Kupatilo-plafon	6,86	0,27	0,25
Soba 2-plafon	17,67	0,26	0,25
Soba 3-plafon	18,28	0,27	0,25
Soba 4-plafon	8,42	0,26	0,25
Hodnik-plafon	14,26	0,27	0,25
Negrijani dio_plafon ostave_kat	2,91	0,27	0,25
Soba 1-pod	13,03	0,74	0,40
Kupatilo-pod	6,86	1,43	0,40
Soba 4-pod	8,42	0,74	0,40
Hodnik kat-pod	11,19	1,43	0,40
Hodnik stubište	3,91	1,53	0,40
Negrijani dio_pod ostave_kat	2,91	1,46	0,40



## 3.1.3.5. Otvori (prozirni i neprozirni elementi zgrade)

Osim građevnih dijelova bitno je definirati i sve otvore koji su u sučelju grijanog i negrijanog, grijanog i vanjskog, te negrijanog i vanjskog prostora.

U tablici ispod prikazani su svi otvori na kući koji su definirani u programu s pripadajućom orijentacijom.

**Tablica 12. Popis definiranih otvora koji ulaze u proračun.**

Naziv otvora	Uw[W/m <sup>2</sup> K]	Orijentacija	Aw[m <sup>2</sup> ]	n
Prozor soba 1	1,20	Sjevero-istok	1,32	1,00
Prozor kupatilo	1,20	Sjevero-istok	0,48	1,00
Prozor soba 2	1,20	Sjevero-zapad	1,32	1,00
Prozor hodnik	1,20	Jugo-zapad	1,87	1,00
Prozor soba 3	1,20	Sjevero-zapad	1,32	1,00
Prozor soba 4	1,20	Jugo-zapad	1,32	1,00
Prozori kuhinja + dnevni boravak	1,20	Sjevero-zapad	0,74	2,00
Vrata kat-prema ostavi	3,00	Jugo-zapad	1,75	1,00
Vrata hodnik-podrum	3,00	Jugo-istok	1,37	1,00
Vrata hodnik-ulaz	1,20	Jugo-zapad	2,58	1,00
Vrata dnevni boravak	1,20	Jugo-zapad	2,39	1,00
Prozor_ostava_kat	1,20	Sjevero-istok	0,33	1,00
Prozori podrum 1 + podrum 2	1,20	Jugo-istok	0,50	2,00
Vrata podrum	1,20	Jugo-zapad	1,89	1,00
Prozori_tavan	1,20	Sjevero-zapad	0,52	2,00

Uw - koeficijent toplinske provodljivosti otvora

Aw - ploština cijelog otvora

n - broj otvora

## 3.1.3.6. Proračun toplinskih mostova

Toplinski most je manje područje u ovojnici zgrade, kroz koje je toplinski tok povećan uslijed promjene materijala, debljine ili geometrije građevnog dijela.

Ako rješenje toplinskog mosta nije iz kataloga hrvatske norme ili rješenje toplinskog mosta nije u skladu s rješenjem iz norme koja sadrži katalog dobrih rješenja toplinskih mostova, ili se radi o postojećoj zgradi koja nije adekvatno toplinski izolirana, ili nije izvedena u skladu s najnovijom tehničkom regulativom po pitanju toplinske zaštite i racionalne uporabe energije, tada se umjesto točnog proračuna prema hrvatskim normama, utjecaj toplinskih mostova može uzeti u obzir s povećanjem koeficijenta prolaza topline (U) svakog građevnog dijela oplošja grijanog dijela zgrade za  $U_{TM}=0,10$  [W/(m<sup>2</sup>K)].

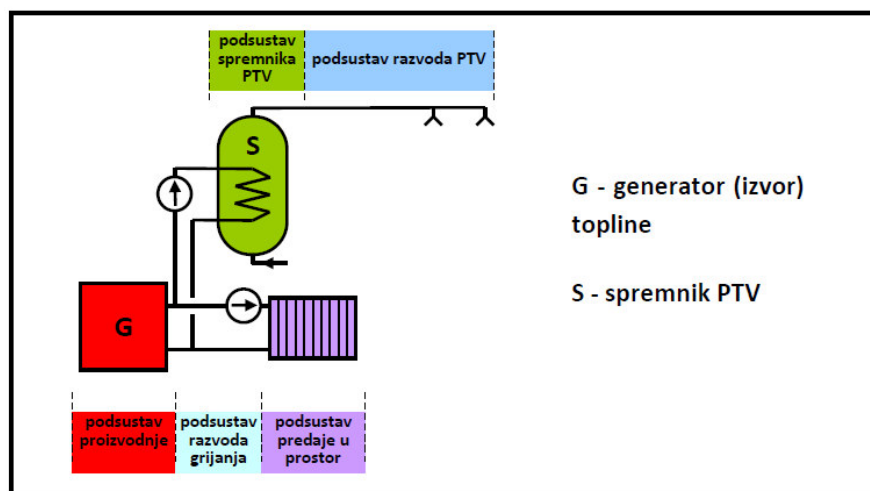
Ovaj način se posebno koristi kod certificiranja postojećih zgrada i korišten je u ovom proračunu. U programu je odabrana opcija po kojoj je koeficijent prolaza topline (U) svakog građevnog dijela uvećan za 0,10 [W/(m<sup>2</sup>K)].

### 3.1.3.7. Sustav za grijanje i energent za grijanje

Ugrađen je protočni sustav centralnog grijanja, centralnu pripremu potrošne tople vode (PTV) s jednim generatorom topline.

Sustav se sastoji od:

- podsustav predaje topline u prostor
- podsustav razvoda grijanja
- podsustav razvoda PTV
- podsustav spremnika PTV
- podsustav proizvodnje s jednim generatorom



Slika 19. Predodžba sustava za grijanje i PTV. [15]

Sustav kao energent koristi ogrjevno drvo (cjepanice) za proizvodnju toplinske energije. Podsustav za PTV se koristi tokom cijele godine (ventilom se odvoji podsustav razvoda grijanja kada za njim ne postoji potreba).

Uključivanje grijanja - temperatura manja od 10 °C (definirana u programu za proračun).

Tablica 13. Karakteristike sustava grijanja.

Sustav grijanja:	Centralno
Vrijeme rada sustava:	Sustavi s prekidom rada noću
Udio vremena s definiranom unutarnjom temperaturom – $f_{H,hr}$ (režim rada termotehničkog sustava za grijanje):	0,71
Vrsta energenta za grijanje:	Ogrjevno drvo
Udio obnovljive energije u isporučenoj energiji [%]:	0,00

### 3.1.4. Rezultati proračuna

#### 3.1.4.1. Zaštita od prekomjernog sunčevog zračenja (ljetni period)

Ovom opcijom provjerava se da li pojedine prostorije zgrade zadovoljavaju po pitanju opasnosti od prekomjernog zagrijavanja tijekom ljetnog perioda. Ovo je posebno bitno kod građevnih dijelova s većom ostakljenom površinom. Na osnovu definiranih otvora i njihove

pozicije program vrši proračun opasnosti od prekomjernog sunčevog zračenja, a na osnovu dobivenih podataka može se izvesti adekvatna zaštita. Rezultati se prikazuju samo za najkritičnije prostorije. Rezultati za njih su prikazani u tablicama ispod

**Tablica 14. Podaci o definiranim prostorijama s najvećim udjelom ostakljenja u površini pročelja.**

Naziv prostorije	Orijentacija	A[m <sup>2</sup> ]	A <sub>g</sub> [m <sup>2</sup> ]	f	g <sub>tot</sub> f	max	Zadovoljava
Soba 1	Sjeveroistok	7,26	0,84	0,12	0,02	0,20	Da
Soba 2	Sjeverozapad	8,83	0,73	0,08	0,01	0,20	Da
Hodnik kat	Jugozapad	5,27	1,07	0,20	0,03	0,20	Da

**Tablica 15. Podaci o otvorima koji su uzeti u obzir prilikom navedenog proračuna.**

Naziv prostorije	Naziv otvora	fc	A <sub>g</sub> [m <sup>2</sup> ]	g <sup>⊥</sup>	n
Soba 1	Prozor soba 1	0,30	0,84	0,60	1
Soba 2	Prozor soba 2	0,30	0,73	0,60	1
Hodnik kat	Prozor hodnik	0,30	1,07	0,60	1

A<sub>g</sub> - ukupna površina ostakljenja

f - udio ostakljenja

g<sup>⊥</sup> - solarni faktor

### 3.1.4.2. Koeficijent transmisivskih gubitaka

Koeficijent transmisivske izmjene topline H<sub>Tr</sub>, dobiven prema HRN EN ISO 13790, određuje se za svaki mjesec iz slijedećeg izraza:

$$H_{Tr} = H_D + H_U + H_A + H_{g,m} [W/K] \quad (4)$$

H<sub>D</sub> – koeficijent transmisivske izmjene topline prema vanjskom okolišu,

H<sub>U</sub> – koeficijent transmisivske izmjene topline kroz negrijani prostor prema vanjskom okolišu,

H<sub>A</sub> – koeficijent transmisivske izmjene topline prema susjednoj zgradi,

H<sub>g,m</sub> – koeficijent transmisivske izmjene topline prema tlu za proračunski mjesec. [16]

Rezultati ukupnih transmisivskih gubitaka prikazani su u tablici ispod. Najveći dio ovojnice grijanog prostora graniči s vanjskim okolišem pa je logično i da će koeficijent transmisivske izmjene topline prema vanjskom okolišu biti najveći. Znatno dio grijanog prostora graniči i sa negrijanim prostorijama, što se vidi i prema rezultatima. Pored izmjene prema vanjskom okolišu, i negrijanim prostorijama imamo i izmjenu prema tlu. Kuća je samostalna građevina, i nije vezana za drugu zgradu pa stoga nemamo gubitaka prema susjednoj zgradi.

**Tablica 16. Transmisivski gubici.**

Ukupni koeficijenti transmisivskih gubitaka	
Koeficijent transmisivske izmjene topline prema vanjskom okolišu, H <sub>D</sub> [W/K]	60,981
Prosječni koeficijent transmisivske izmjene topline prema tlu, H <sub>g,avg</sub> [W/K]	26,569
Koeficijent transmisivske izmjene topline kroz negrijani prostor, H <sub>U</sub> [W/K]	55,701
Koeficijent transmisivske izmjene topline prema susjednoj zgradi, H <sub>A</sub> [W/K]	0,000
<b>Ukupni koeficijent transmisivske izmjene topline, H<sub>Tr</sub>[W/K]</b>	<b>143,250</b>

## 3.1.4.3. Toplinski dobici

Prema normi VDI 2078 ukupni toplinski dobici prostorije zbroj su vanjskog i unutarnjeg toplinskog opterećenja prema izrazu:

$$Q_{UK} = Q_{UN} + Q_{VANJ} [W] \quad (5)$$

$Q_{UN}$  - ukupno unutarnje toplinsko opterećenje (unutarnji izvori topline),

$Q_{VANJ}$  - ukupno vanjsko toplinsko opterećenje (vanjski izvori topline).

Unutarnji izvori topline:

- toplina koju odaju ljudi,
- toplina koju odaju rasvjetna tijela,
- toplina koju odaju strojevi, uređaji i ostala oprema,
- toplina dovedena iz susjednih prostorija provođenjem i konvekcijom kroz unutarnji zid, pod ili strop,
- toplina koju odaju predmeti pri prolasku kroz prostoriju,
- toplina koju odaju ostali izvori (toplinski tok koji odaju ostali izvori, primjerice kemijski i slični procesi, životinje itd., u većini slučajeva može se zanemariti).

Vanjski toplinski izvori:

- toplina dovedena iz okoline provođenjem i konvekcijom kroz vanjske zidove ili krov,
- toplina dovedena iz okoline provođenjem i konvekcijom kroz ostakljene plohe,
- toplina dovedena iz okoline zračenjem kroz ostakljene plohe,
- toplina dovedena uslijed prirodne ventilacije (uzima se u obzir samo u iznimnim slučajevima). [12]

Unutrašnji toplinski dobici zgrade u izračunu ovise o namjeni zgrade (stambena ili nestambena). Ukoliko je zgrada **stambene namjene** unutarnji korisni dobitak iznosi **5 W/m<sup>2</sup>** korisne površine. [10]

**Tablica 17. Ukupni toplinski dobici.**

Ukupni dobici topline	
Unutarnji dobici topline	$Q_{int} = 4.678,84$ [kWh]
Solarni dobici topline	$Q_{sol} = 10.297,87$ [kWh]
Ostali dobici topline	$Q' = 0,00$ [MJ]

## 3.1.4.4. Proračun potrebne topline za grijanje, PTV i hlađenje

Izračunata plošna masa zgrade  $m' = 437,05$  [kg/m<sup>2</sup>].

Teška zgrada, plošna masa zidova  $550 \geq m' > 400$  kg/m<sup>2</sup>

Potrebna energija za grijanje

Omjer sati u tjednu s definiranom internom temperaturom  $f_{H,hr} = 0,71$   
(sustavi s prekidom rada noću)

**Tablica 18. Potrebna godišnja energija za grijanje po mjesecima.**

Mjesec	$Q_{H,tr}$	$Q_{H,ve}$	$Q_{H,ht}[\text{kWh}]$	$Q_{H,sol}$	$Q_{H,int}$	$Q_{H,gn}[\text{kWh}]$	$\gamma_H$	$\eta_{H,gn}$	$\alpha_{red,H}$	$L_{H,m}$	$Q_{H,nd}[\text{kWh}]$
MJESEČNO											
Siječanj	1.911	417	2.327	160	397	558	0,24	0,999	0,94	31,00	1.612
Veljača	1.568	328	1.896	371	359	730	0,38	0,992	0,91	28,00	1.060
Ožujak	1.337	260	1.596	793	397	1.190	0,75	0,917	0,82	31,00	384
Travanj	891	152	1.042	1.152	385	1.536	1,47	0,636	0,71	5,00	0
Svibanj	494	42	535	1.448	397	1.846	3,45	0,289	0,71	0,00	0
Lipanj	0	-36	-36	1.565	385	1.949	1.000,00	0,001	0,71	0,00	0
Srpanj	24	-75	-50	1.624	397	2.021	1.000,00	0,001	0,71	0,00	0
Kolovoz	88	-59	29	1.348	397	1.745	60,83	0,016	0,71	0,00	0
Rujan	550	60	610	968	385	1.353	2,22	0,444	0,71	0,00	0
Listopad	967	176	1.143	612	397	1.010	0,88	0,867	0,78	23,00	119
Studeni	1.356	280	1.636	202	385	587	0,36	0,994	0,91	30,00	949
Prosinac	1.871	411	2.282	55	397	452	0,20	0,999	0,95	31,00	1.667
UKUPNO											5791

Potrebna energija za hlađenje

Temperatura unutar zgrade tijekom sezone hlađenja  $\theta_{int,set,C}=22[^\circ\text{C}]$

Omjer dana u tjednu sa definiranom internom temperaturom  $f_{C,day}=1,00$

**Tablica 19. Potrebna godišnja energija za hlađenje po mjesecima.**

Mjesec	$Q_{C,tr}$	$Q_{C,ve}$	$Q_{C,ht}[\text{kWh}]$	$Q_{C,sol}$	$Q_{C,int}$	$Q_{C,gn}[\text{kWh}]$	$\gamma_C$	$\eta_{C,ls}$	$\alpha_{red,C}$	$Q_{C,nd}[\text{kWh}]$
MJESEČNO										
Siječanj	2.084	461	2.546	160	397	558	0,22	0,219	1,00	0
Veljača	1.725	369	2.093	371	359	730	0,35	0,347	1,00	0
Ožujak	1.510	304	1.815	793	397	1.190	0,66	0,619	1,00	0
Travanj	1.059	195	1.254	1.152	385	1.536	1,23	0,892	1,00	296
Svibanj	668	86	754	1.448	397	1.846	2,45	0,990	1,00	1.008
Lipanj	340	8	348	1.565	385	1.949	5,61	1,000	1,00	1.473
Srpanj	201	-30	171	1.624	397	2.021	11,84	1,000	1,00	1.703
Kolovoz	263	-14	248	1.348	397	1.745	7,02	1,000	1,00	1.381
Rujan	718	103	821	968	385	1.353	1,65	0,957	1,00	509
Listopad	1.141	221	1.361	612	397	1.010	0,74	0,681	1,00	0
Studeni	1.524	323	1.847	202	385	587	0,32	0,317	1,00	0
Prosinac	2.045	455	2.500	55	397	452	0,18	0,181	1,00	0
UKUPNO										6371

Potrebna energija za zagrijavanje vode**Tablica 20. Potrebna godišnja energija za PTV.**

Potrebni podaci	
Broj dana sezone grijanja - $d_g$	179,00dan
Broj dana izvan sezone grijanja - $d_{ng}$	186,00dan
Ploština korisne površine grijanog dijela zone - $A_k$	98,91m <sup>2</sup>
Tip zgrade: Stambena zgrada s 3 i manje stambene jedinice	
Specifična toplinska energija potrebna za pripremu PTV - $Q_{W,A,a}$	12,50kWh/m <sup>2</sup> a
Potrebna toplinska energija za pripremu PTV (u sezoni grijanja) - $Q_{W,g}$	1450,37kWh
Potrebna toplinska energija za pripremu PTV (izvan sezone grijanja) - $Q_{W,ng}$	1507,09kWh
Potrebna godišnja toplinska energija za pripremu PTV - $Q_W$	2957,46kWh

**3.1.4.5. Godišnja primarna energija**

Primarna energija je oblik energije iz neobnovljivih i obnovljivih izvora koji nije podvrgnut niti jednom postupku pretvorbe (energija u svom prirodnom obliku).

**Tablica 21. Rezultati proračuna godišnje primarne energije  $E_{prim}$ .**

Energent	Svrha / Potrošač	$E_{del}$ [kWh]	Faktor $f_p$	$E_{prim}$ [kWh]
Ogrjevno drvo	Energija za grijanje	5790,97	1,000	5790,97
Električna energija	Energija za hlađenje	0,00	1,614	0,00
Ogrjevno drvo	Energija za PTV	2957,46	1,000	2957,46
<b>Ukupno</b>		<b>8.748,42</b>		<b>8.748,42</b>

**3.1.4.6. Proračun godišnje emisije CO<sub>2</sub>****Tablica 22. Rezultati proračuna godišnje emisije CO<sub>2</sub>.**

Energent	$E_{del}$ [kWh]	Faktor CO <sub>2</sub> [kg/kWh]	Godišnja emisija CO <sub>2</sub> [kg]
Ogrjevno drvo	8748,42	0,0291	254,49

## 3.1.4.7. Ukupni rezultati proračuna

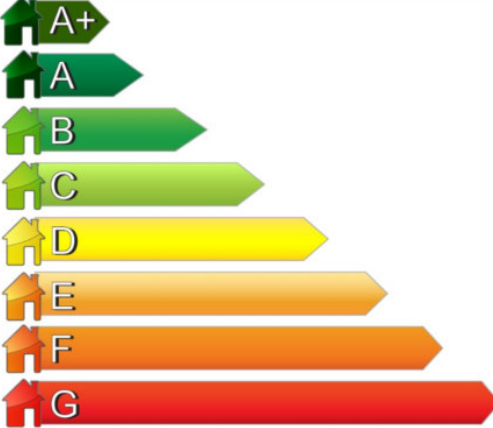
**Tablica 23. Rezultati proračuna**

Rezultati proračuna potrebne toplinske energije za grijanje i toplinske energije za hlađenje prema poglavlju VII. Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama, za zgradu grijanu na temperaturu 18°C ili više	
Oplošje grijanog dijela zgrade	$A = 404,69 \text{ [m}^2\text{]}$
Obujam grijanog dijela zgrade	$V_e = 313,53 \text{ [m}^3\text{]}$
Faktor oblika zgrade	$f_o = 1,29 \text{ [m}^{-1}\text{]}$
Ploština korisne površine grijanog dijela	$A_k = 98,91 \text{ [m}^2\text{]}$
Godišnja potrebna toplina za grijanje	$Q_{H,nd} = 5790,97 \text{ [kWh/a]}$
Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici ploštine korisne površine (za stambene i nestambene zgrade)	$Q''_{H,nd} = 58,55 \text{ (max=75,00) [kWh/m}^2\text{a]}$
Godišnja potrebna energija za hlađenje	$Q_{C,nd} = 6370,69 \text{ [kWh/a]}$
Ukupna isporučena energija	$E_{del} = 8748,42 \text{ [kWh/a]}$
Godišnja isporučena energija po jedinici ploštine korisne površine	$E''_{del} = 88,45 \text{ [kWh/m}^2\text{a]}$
Ukupna primarna energija	$E_{prim} = 8748,42 \text{ [kWh/a]}$
Ukupna primarna energija po jedinice ploštine korisne površine	$E''_{prim} = 88,45 \text{ (max=115,00) [kWh/m}^2\text{a]}$
Koeficijent transmisivnog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade	$H'_{tr,adj} = 0,35 \text{ (max=0,44) [W/m}^2\text{K]}$
Koeficijent transmisivnog toplinskog gubitka	$H_{tr,adj} = 143,25 \text{ [W/K]}$

3.1.5. Ispis energetske certifikata

ENERGETSKI CERTIFIKAT ZGRADE	
prema Pravilniku o energetskom pregledu zgrade i energetskom certificiranju (NN 88/2017)	
<b>Obiteljska kuća</b>	
<small>Naziv zgrade</small>	
<b>Grijani prostor</b>	
<small>Naziv samostalne uporabne cjeline zgrade</small>	
<b>Dugi Dol 19.</b>	<b>47242</b>
<small>Ulica i kućni broj</small>	<small>Poštanski broj</small>
<b>Dugi Dol</b>	
<small>Mjesto</small>	

PODACI O ZGRADI	<input type="checkbox"/> nova	<input checked="" type="checkbox"/> postojeća	<input type="checkbox"/> rekonstrukcija
Vrsta zgrade (prema Pravilniku)	Obiteljske kuće		
Vrsta zgrade prema složenosti tehničkih sustava	Zgrada s jednostavnim tehničkim sustavom		
Vlasnik / investitor			
k.č. br.	219	k. o.	Donji Budački
Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade $A_K$	98,91	Godina izgradnje / rekonstrukcije	1967
Građevinska (bruto) površina zgrade $[m^2]$	206,50	Mjerodavna meterološka postaja	Karlovac
Faktor oblika $f_0 [m^{-1}]$	1,29	Referenta klima	Kontinentalna

ENERGETSKI RAZRED ZGRADE	Specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q_{H,nd}^- [kWh/(m^2a)]$	Specifična godišnja primarna energija $E_{prim} [kWh/(m^2a)]$
	55,40	85,30
	C	B
Specifična godišnja isporučena energija $E_{del} [kWh/(m^2a)]$	85,30	
Specifična godišnja emisija $CO_2 [kg/(m^2a)]$	2,48	
Upisati „nZEB“ ako energetsko svojstvo zgrade ( $E_{prim}$ ) zadovoljava zahtjeve za zgrade gotovo nulte energije propisane važećim TPRUETZZ		

ROK VAŽENJA CERTIFIKATA / PODACI O OSOBI KOJA JE IZDALA ENERGETSKI CERTIFIKAT					
Oznaka energetske certifikata		Datum izdavanja	22.08.2019	Datum važenja	10 godina
Naziv ovlaštene pravne osobe		Registarski broj			
Ime i prezime imenovane osobe u ovlaštenoj pravnoj osobi ili ime i prezime ovlaštene fizičke osobe / vlastoručni potpis					



PODACI O OSOBAMA KOJE SU SUDJELOVALE U IZRADI ENERGETSKOG CERTIFIKATA				
Dio zgrade	Ime i prezime ovlaštene osobe	Naziv pravne osobe	Registarski broj	Vlastoručni potpis
Građevinski	Nedjeljko Maćešić			
Strojarski	Nedjeljko Maćešić			
Elektrotehnički				
GRAĐEVINSKI DIJELOVI ZGRADE				
Koefficient transmissijskog toplinskog gubitka $H'_{tr,adj}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]		0,35		
KOEFIČIJENT PROLASKA TOPLINE		$U$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	$U_{dop}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	Ispunjeno
Vanjski zidovi, zidovi prema garaži, provjetravanom tavanu		5,13	0,30	<input type="checkbox"/> DA <input checked="" type="checkbox"/> NE
Ravni i kosi krovovi iznad grijanog prostora, stropovi prema provjetravanom tavanu		0,27	0,25	<input type="checkbox"/> DA <input checked="" type="checkbox"/> NE
Zidovi prema tlu, podovi prema tlu		0,57	0,40	<input type="checkbox"/> DA <input checked="" type="checkbox"/> NE
Stropovi iznad vanjskog zraka, stropovi iznad garaže				<input type="checkbox"/> DA <input type="checkbox"/> NE
Zidovi i stropovi prema negrijanim prostorijama i negrijanom stubištu temperature više od 0°C		0,74	0,40	<input type="checkbox"/> DA <input checked="" type="checkbox"/> NE
Prozori, balkonska vrata, krovni prozori, prozirni elementi pročelja		1,20	1,60	<input checked="" type="checkbox"/> DA <input type="checkbox"/> NE
Vanjska vrata s neprozirnim krilom		3,00	2,00	<input type="checkbox"/> DA <input checked="" type="checkbox"/> NE
Zidovi i stropovi između samostalnih uporabnih cjelina zgrade (stanova, poslovnih prostora)				<input type="checkbox"/> DA <input type="checkbox"/> NE

PODACI O TERMOTEHNIČKIM SUSTAVIMA ZGRADE			
Način grijanja zgrade	<input type="checkbox"/> lokalno <input type="checkbox"/> etažno	<input checked="" type="checkbox"/> centralno	<input type="checkbox"/> nema
Način pripreme potrošne tople vode	<input type="checkbox"/> lokalno <input type="checkbox"/> spremnik	<input checked="" type="checkbox"/> centralno <input type="checkbox"/> protočno	<input type="checkbox"/> nema
Godina proizvodnje izvora toplinske energije za grijanje			
Izvor energije za grijanje zgrade	<input type="checkbox"/> prirodni plin <input type="checkbox"/> loživo ulje <input checked="" type="checkbox"/> drvo (cjepanice) <input type="checkbox"/> daljinski izvor	<input type="checkbox"/> ukapljeni naftni plin <input type="checkbox"/> električna energija <input type="checkbox"/> drvena biomasa <input type="checkbox"/> .....	<input type="checkbox"/> nema
Izvor energije za pripremu potrošne tople vode	<input type="checkbox"/> prirodni plin <input type="checkbox"/> loživo ulje <input checked="" type="checkbox"/> drvo (cjepanice) <input type="checkbox"/> daljinski izvor	<input type="checkbox"/> ukapljeni naftni plin <input type="checkbox"/> električna energija <input type="checkbox"/> drvena biomasa <input type="checkbox"/> .....	<input type="checkbox"/> nema
Način hlađenja zgrade	<input type="checkbox"/> lokalno <input type="checkbox"/> etažno	<input type="checkbox"/> centralno	<input checked="" type="checkbox"/> nema
Izvori energije koji se koriste za hlađenje zgrade	<input type="checkbox"/> električna energija	<input type="checkbox"/> .....	<input checked="" type="checkbox"/> nema
Vrsta ventilacije	<input type="checkbox"/> prisilna bez sustava povrata topline	<input type="checkbox"/> prisilna sa sustavom povrata topline	<input checked="" type="checkbox"/> prirodna
Vrsta i način korištenja sustava s obnovljivim izvorima energije	<input type="checkbox"/> dizalica topline <input type="checkbox"/> biomasa <input type="checkbox"/> .....	<input type="checkbox"/> solarni kolektori <input type="checkbox"/> fotonapon	<input type="checkbox"/> nema

ENERGETSKE POTREBE	REFERENTNI KLIMATSKI PODACI		ZAHTJEV	Ispunjeno	
	Ukupno [kWh/a]	Specifično [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	Dopušteno [kWh/(m <sup>2</sup> a)]		
Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q_{H,nd}$	5479,92	55,40	75,00	<input checked="" type="checkbox"/> DA	<input type="checkbox"/> NE
Godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje $Q_{C,nd}$	6489,18	65,61	50,00	<input type="checkbox"/> DA	<input checked="" type="checkbox"/> NE
Godišnja isporučena energija $E_{del}$	8437,38	85,30		<input type="checkbox"/> DA	<input type="checkbox"/> NE
Godišnja primarna energija $E_{prim}$	8437,38	85,30	115,00	<input checked="" type="checkbox"/> DA	<input type="checkbox"/> NE

KORIŠTENJE OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE NA LOKACIJI ZGRADE	
Udio obnovljivih izvora energije u ukupnoj isporučenoj energiji za rad tehničkih sustava [%]	0
Udio obnovljivih izvora energije u ukupnoj isporučenoj energiji za rad termotehničkih sustava [%]	0
PRIJEDLOG MJERA	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- prijedlog ekonomski opravdanih mjera za poboljšanje energetske svojstava zgrade temeljem <i>Izvješća o energetskom pregledu zgrade</i></li> <li>- za nove zgrade se daju preporuke za korištenje zgrade vezano na ispunjenje temeljnog zahtjeva gospodarenja energijom, očuvanja topline i ispunjenje energetske svojstava zgrade</li> </ul>	



Redni broj	Dio zgrade na koji se mjera odnosi	Opis mjera	JPP [a]
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			
11.			
12.			
13.			
14.			
15.			

Opis preporučene kombinacije mjera za poboljšanje energetske svojstava zgrade	Potencijal razreda $E_{prim}$	Potencijal smanjenja $CO_2$ [t/a]	JPP [a]

DETALJNIJE INFORMACIJE (uključujući one koje se odnose na troškovnu učinkovitost prijedloga mjera ili preporuka)

OBJAŠNENJE SADRŽAJA ENERGETSKOG CERTIFIKATA	
Općenito	<p>Energetski certifikat je dokument kojim se prikazuje energetska razred zgrade, energetske karakteristike zgrade i referentna vrijednost minimalnih zahtjeva na energetska svojstva.</p> <p>Energetski certifikat daje i prijedlog ekonomski opravdanih mjera za poboljšanje energetske svojstva zgrade radi smanjenja potrošnje energije.</p> <p>Zgrade se klasificiraju u jedan od ukupno 8 energetske razreda (A+, A, B, C, D, E, F, G), gdje A+ označava energetska najpovoljniji, a G energetska najnepovoljniji razred.</p> <p>Rok važenja energetske certifikata je 10 godina.</p> <p>Energetski certifikat se odnosi na zgradu u cjelini ili na samostalnu uporabnu cjelinu.</p>
Prva stranica	<p>Navode se osnovni podatci o zgradi. Za promatranu zgradu navedene su vrijednosti specifične godišnje potrebne toplinske energije za grijanje <math>Q_{H,nd}</math> [kWh/(m<sup>2</sup>a)], specifične godišnje isporučene energije <math>E_{del}</math> [kWh/(m<sup>2</sup>a)], specifične godišnje primarne energije <math>E_{prim}</math> [kWh/(m<sup>2</sup>a)] i specifične godišnje emisije CO<sub>2</sub> [kg/(m<sup>2</sup>a)] <u>izračunate</u> prema <u>Algoritmu za izračun energetske svojstva zgrade za referentne klimatske podatke i standardne uvjete korištenja</u> ovisno o namjeni prostora (npr. propisana unutarnja proračunska temperatura u sezoni grijanja/hlađenja, standardni period korištenja, propisano vrijeme rada sustava grijanja /hlađenja /ventilacije /klimatizacije/rasvjete). Referentni klimatski podaci su klimatski podaci za meteorološke postaje preuzete kao karakteristične za područje kontinentalnog i za područje primorskog dijela Hrvatske.</p> <p>Godišnja potrebna toplinska energije za grijanje <math>Q_{H,nd}</math> [kWh/a] je računski određena količina topline koju sustavom grijanja treba tijekom jedne godine dovesti u zgradu za održavanje unutarnje projektne temperature u zgradi tijekom razdoblja grijanja zgrade.</p> <p>Godišnja primarna energija <math>E_{prim}</math> [kWh/a] je računski određena godišnja energija iz obnovljivih i neobnovljivih izvora koja nije podvrgnuta niti jednom postupku pretvorbe. Klasifikacija zgrada u jedan od ukupno 8 energetske razreda (A+, A, B, C, D, E, F, G) provodi se na osnovu izračunate vrijednosti</p> <p style="padding-left: 40px;">specifične godišnje potrebne energije za grijanje <math>Q_{H,nd}</math> [kWh/(m<sup>2</sup>a)]</p> <p style="padding-left: 40px;">specifične godišnje primarne energije <math>E_{prim}</math> [kWh/(m<sup>2</sup>a)].</p> <p>Grafički su prikazani energetska razred promatrane zgrade, određeni na temelju gore navedenih vrijednosti.</p> <p>nZEB (Nearly zero-energy buildings) – Zgrada gotovo nulte energije je zgrada koja ima vrlo visoka energetska svojstva utvrđena u skladu s Tehničkim propisom o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (TPRUETZZ).</p> <p>Isporučena energija <math>E_{del}</math> je godišnja potrebna količina energije koja se dovodi u tehnički sustav zgrade za potrebe grijanja, pripreme potrošne tople vode, hlađenja, ventilacije i rasvjete izračunata za referentne klimatske podatke i propisane standardne uvjete korištenja prostora zgrade.</p> <p>Navodi se datum izdavanja i datum važenja certifikata, te podatci o osobama koje su sudjelovale u izradi energetske certifikata. Ukoliko se radi o zgradi sa složenim tehničkim sustavom, u provedbi energetske pregleda i izradi energetske certifikata moraju sudjelovati sve tri struke.</p>
Druga stranica	<p>Navode se izračunate vrijednosti koeficijenta prolaska topline pojedinih građevnih dijelova zgrade za pretežite građevne dijelove zgrade (najvećih ukupnih ploština) i pripadajuće vrijednosti najvećih dopuštenih koeficijenta prolaska topline propisane TPRUETZZ. Opisan je termotehnički sustav zgrade (grijanje, priprema potrošne tople vode, hlađenje, ventilacija), te su navedene vrijednosti ulaznih proračunskih parametara korištenih u proračunu energetske potreba zgrade.</p> <p>Stvarne izračunate vrijednosti specifične godišnje potrebne toplinske energije za grijanje <math>Q_{H,nd}</math> [kWh/m<sup>2</sup>a], specifične godišnje isporučene energije <math>E_{del}</math> [kWh/(m<sup>2</sup>a)] i specifične godišnje primarne energije <math>E_{prim}</math> [kWh/(m<sup>2</sup>a)] moraju biti manje od najvećih dopuštenih vrijednosti propisanih Tehničkim propisom o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama za nove zgrade (grijane i/ili hlađene na temperaturu 18°C ili više) i za postojeće zgrade na kojima se provodi veća rekonstrukcija. Također, stvarna izračunata vrijednost specifične godišnje potrebne toplinske energije za hlađenje <math>Q_{C,nd}</math> [kWh/(m<sup>2</sup>a)] za nove zgrade mora biti manja od najveće dopuštene vrijednosti propisane navedenim Tehničkim propisom.</p> <p>Na kraju stranice se navodi podatak o korištenju obnovljivih izvora energije na lokaciji zgrade.</p>
Treća stranica	<p>Navodi <u>prijedlog mjera</u> za povećanje energetske svojstva zgrade s prikazom jednostavnog perioda povrata investicije JPP u godinama za svaku predloženu mjeru.</p> <p>Za preporučenu kombinaciju mjera za poboljšanje energetske svojstva zgrada koja se u konačnici predlaže, istaknut je potencijal energetske razreda (<math>E_{prim}</math>), potencijal smanjenja CO<sub>2</sub> u tonama po godini i jednostavno razdoblje povrata investicije JPP u godinama.</p>

Slika 20. Predodžba energetske certifikata.

### 3.1.6. Analiza rezultata

Nakon izrađene energetske iskaznice može se pristupiti analizi dobivenih rezultata, te nakon toga planirati moguće radnje s ciljem poboljšanja energetske učinkovitosti promatrane zgrade. Rezultat ovog proračuna je energetska svojstva zgrade energetskog razreda “ C “ gledano prema specifičnoj potrebnoj toplinskoj energiji za grijanje  $Q''_{H,nd} = 55,40[\text{kWh/m}^2 \text{ a}]$ , te energetskog razreda “B“ gledano prema specifičnoj primarnoj energiji  $E''_{prim} = 85,30[\text{kWh/m}^2 \text{ a}]$ . Jedan od razloga lošijih rezultata može se povezati s faktorom oblika zgrade ( $f=1,29[\text{m}^{-1}]$ ). Faktor oblika je količnik oplošja i obujma grijanog dijela zgrade. Što je faktor oblika manji zgrada je kompaktnija, tj. ima manje oplošje grijanog prostora kroz koji bi se gubila toplinska energija (ovo je jedna od stavki na koju ne možemo utjecati kod postojećih zgrada). Slijedeći podaci koje možemo analizirati su transmisijski gubici. Iz njih je vidljivo prema kojem dijelu prostora su gubici najveći (prema okolišu, tlu, kroz negrijani prostor ili prema susjednim zgradama). Iz rezultata proračuna vidljivo je da su najveći transmisijski gubici prema vanjskom okolišu, nešto manji su gubici prema negrijanom prostoru, a zatim i prema tlu.

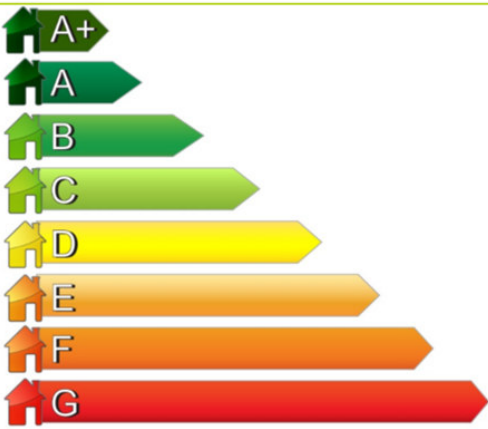
**Tablica 24. Transmisijski gubici.**

Ukupni koeficijenti transmisijskih gubitaka	
Koeficijent transmisijske izmjene topline prema vanjskom okolišu, $H_D[\text{W/K}]$	60,981
Uprosječni koeficijent transmisijske izmjene topline prema tlu, $H_{g,avg}[\text{W/K}]$	26,569
Koeficijent transmisijske izmjene topline kroz negrijani prostor, $H_U[\text{W/K}]$	55,701
Koeficijent transmisijske izmjene topline prema susjednoj zgradi, $H_A[\text{W/K}]$	0,000
<b>Ukupni koeficijent transmisijske izmjene topline, <math>H_T[\text{W/K}]</math></b>	<b>143,250</b>

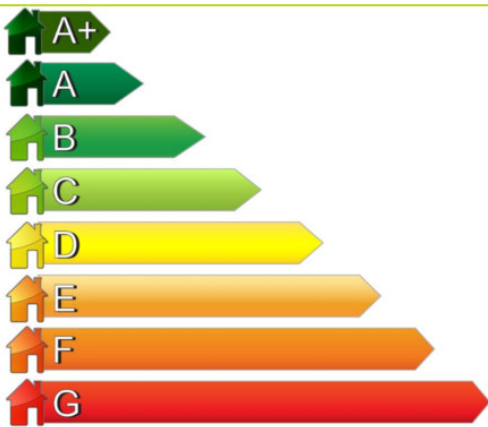
Nakon pregleda transmisijskih gubitaka prelazimo na detaljniji pregled građevnih dijelova na kojima tražimo slabe točke. U ovom slučaju je od velike pomoći program za energetska analizu jer možemo mijenjanjem različitih vrsta i debljina izolacije napraviti simulacije i uspoređujući ih dobiti uvid u razna rješenja toplinskih slojeva. Kada odabranim rješenjima dodamo cijenu koštanja ugradnje možemo dobiti najoptimalnije rješenje uvažavajući potrebe i mogućnosti.

Nebi bilo ekonomično skidati postojeću oblogu vanjske ovojnice i postavljati drugu pa se okrećemo izolaciji negrijanih prostorija kao najjednostavnijem rješenju. Pretragom, u programu kroz razne opcije izolacijskih predefiniranih materijala, odabrane su ploče od fenolne pjene. Fenolne pjene se koriste za razne vrste izolacija i imaju najnižu toplinsku provodljivost od svih, u programu, ponuđenih izolacijskih materijala ( $\lambda=0,020 [\text{W/mK}]$ ), pa se može uzeti najtanji sloj za isti koeficijent prolaska topline, u poređenju s ostalim ponuđenim materijalima, što je ovdje bitno jer se negrijani prostor izolira s unutarnje strane. Pregledom dostupnosti na raznim internetskim stranicama vidi se dostupnost ploča dimenzija od 20mm do 100mm. Odabrane su ploče debljine 50mm. Kao završni pokrov odabrane su gipskartonske ploče, kao najjednostavnije rješenje.

Uvrštavanjem ovih podataka u program i provođenjem proračuna dobili smo novu energetska iskaznicu, koja je, za usporedbu prikazana pored prve na slikama ispod.

ENERGETSKI RAZRED ZGRADE	Specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	Specifična godišnja primarna energija $E_{prim}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
	55,40	85,30
	C	B
Specifična godišnja isporučena energija $E_{del}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	85,30	
Specifična godišnja emisija $CO_2$ [kg/(m <sup>2</sup> a)]	2,48	
Upisati „nZEB“ ako energetska svojstva zgrade ( $E_{prim}$ ) zadovoljava zahtjeve za zgrade gotovo nulte energije propisane važećim TPRUETZZ		

Slika 21. Predodžba prvog eneretskog certifikata.

ENERGETSKI RAZRED ZGRADE	Specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	Specifična godišnja primarna energija $E_{prim}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
	49,31	79,21
	B	A
Specifična godišnja isporučena energija $E_{del}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	79,21	
Specifična godišnja emisija $CO_2$ [kg/(m <sup>2</sup> a)]	2,30	
Upisati „nZEB“ ako energetska svojstva zgrade ( $E_{prim}$ ) zadovoljava zahtjeve za zgrade gotovo nulte energije propisane važećim TPRUETZZ		

Slika 22. Predodžba drugog eneretskog certifikata.

Energetski razred starog certifikata je bio blizu granice između C i B (odnosno B i A) razreda, pa smo relativno malim ulaganjima uspjeli postići za jednu razinu bolji energetski razred gledano i po specifičnoj godišnjoj toplinskoj energiji za grijanje i po specifičnoj godišnjoj primarnoj energiji.

## 4. ZAKLJUČAK

Pošto je promatrana kuća već postojeći objekt sagrađen kada se nije toliko vodilo računa o energetske učinkovitosti na neke stvari kao što su oblik i osnovni građevni elementi ne možemo utjecati

Nakon napravljene energetske analize dobiven je energetski razred kuće i uvid u kritične dijelove na kojima se gubi toplinska energija. Na postojećim zgradama, zbog postojeće fizike zgrade i postojećih građevnih dijelova ne možemo uvijek dobiti zakonom propisane parametre koje bi danas objekti trebali imati, pa nije realno za očekivati da će mo energetskom obnovom dobiti zgradu "A+" energetskog razreda ili zgradu gotovo nulte energije (bar ne ekonomski opravdanim ulaganjima), ali se mogu, koristeći program, mijenjati materijali te dobiti uvid u moguća rješenja uvažavajući energetske učinkovitost i ekonomsku opravdanost.

Druga stvar na koju je stavljen naglasak u ovom radu je programska podrška koja omogućava lakše izvođenje proračuna. Ovo posebno dolazi do izražaja kod projektiranja novih i puno zahtjevnijih zgrada, gdje se investitoru može ponuditi više mogućih rješenja i relativno brzo unijeti moguće izmjene, te doći do novih rezultata. Također treba znati da program vrši proračun po prosječnim predefiniranim vrijednostima, a da stvarne vrijednosti mogu odstupati i da kod kompleksnijih zgrada i sustava treba i to uzeti u obzir.

Energetski certifikat je samo početak, jedan mali, ali itekako koristan segment koji nam daje smjernice u kojem pravcu želimo ići da poboljšamo energetske učinkovitost promatrane zgrade i ostvarimo uštedu energije ne smanjujući našu toplinsku udobnost.

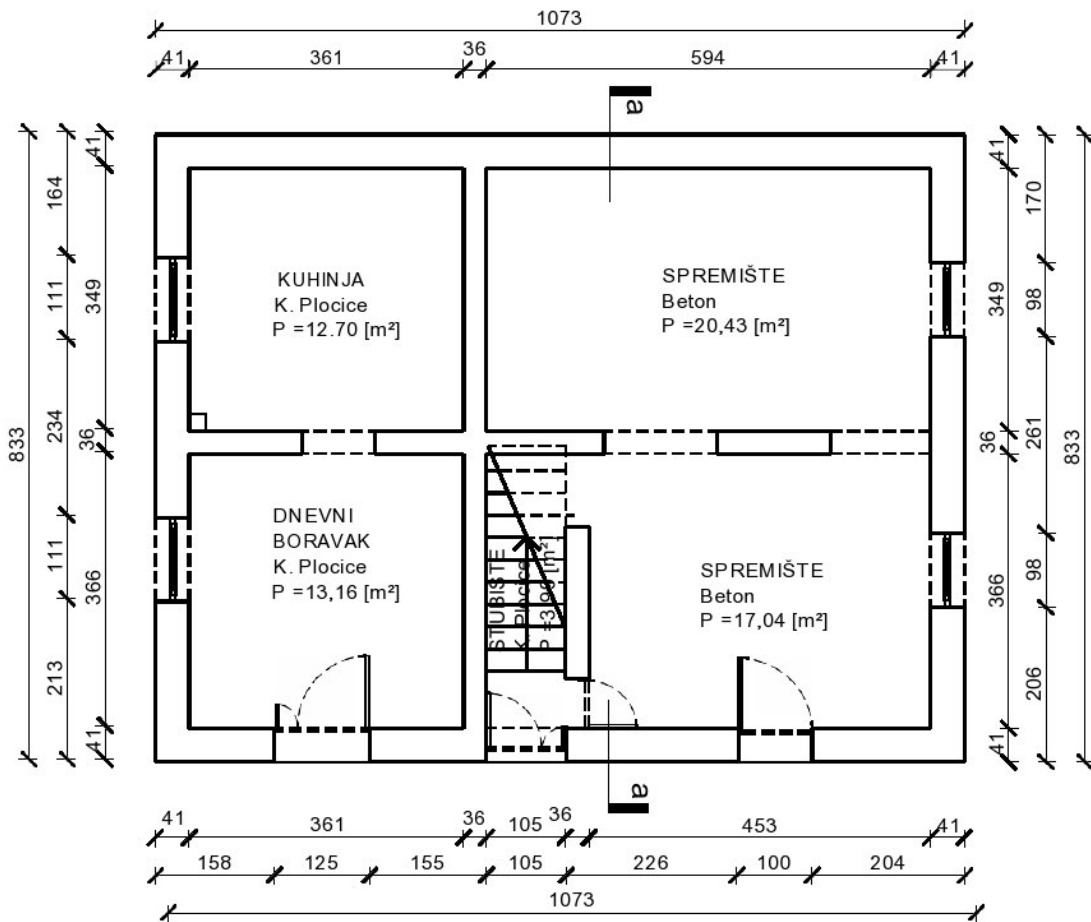
## **PRILOZI**

- I. CD-R disc
- II. Tehnička dokumentacija

## LITERATURA

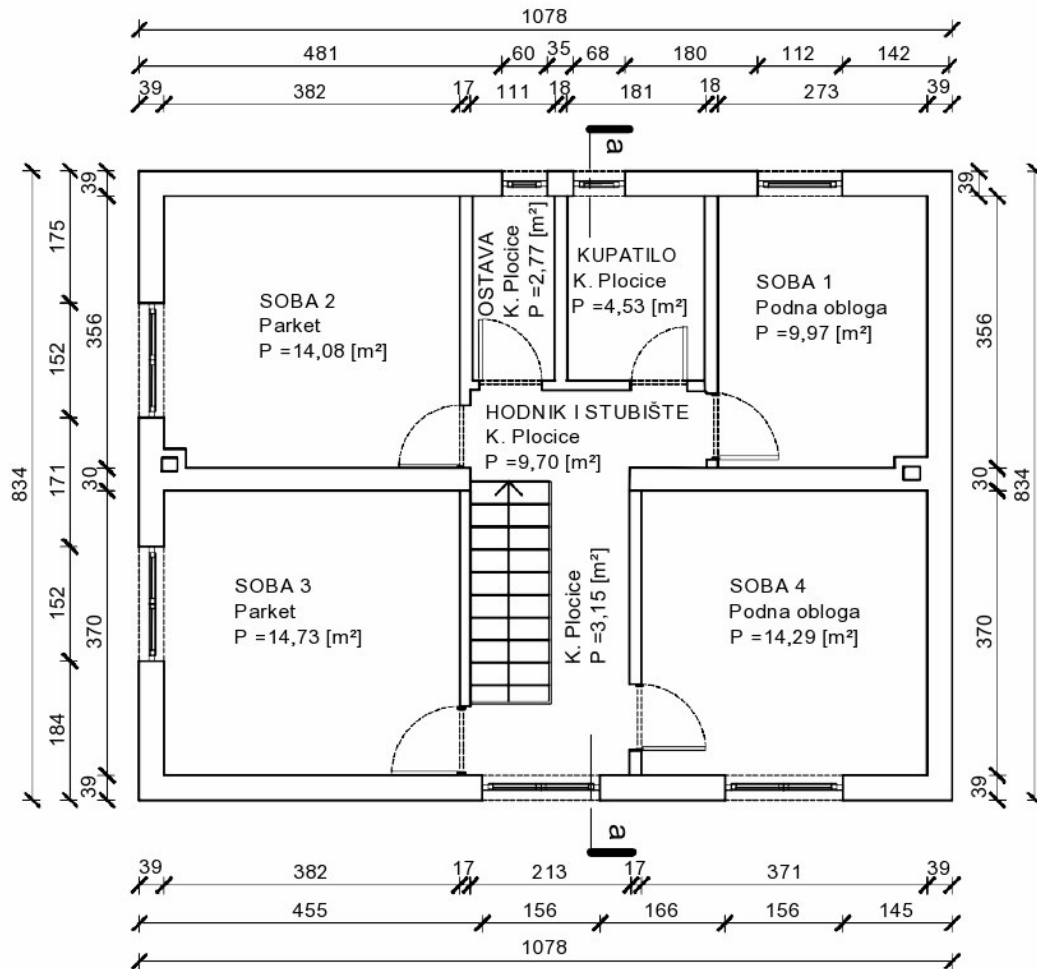
- [1] Kristina Afrić: Znanstveni rad: “Ekološka svijest - pretpostavka rješavanja ekoloških problema“
- [2] Maja Kosor: Znanstveni rad: “Kyotski protokol s posebnim osvrtom na pregovore Republike Hrvatske o baznoj godini“
- [3] Europsko vijeće, Vijeće Europske Unije:  
<https://www.consilium.europa.eu/hr/policies/climate-change/>
- [4] <https://www.enu.hr/ee-u-hrvatskoj/20-20-20-i-dalje/ciljevi-eu-2020/>
- [5] EUR Lex:  
[https://eurlex.europa.eu/summary/chapter/energy.html?root\\_default=SUM\\_1\\_CODED=18&locale=hr](https://eurlex.europa.eu/summary/chapter/energy.html?root_default=SUM_1_CODED=18&locale=hr)
- [6] Europska unija: [https://europa.eu/european-union/topics/energy\\_hr](https://europa.eu/european-union/topics/energy_hr)
- [7] Europski parlament, informativni članci o Europskoj uniji:  
<http://www.europarl.europa.eu/factsheets/hr/sheet/68/energetska-politika-opca-nacela>
- [8] Hrvatski sabor:  
<https://www.sabor.hr/hr/europski-poslovi/uskladivanje-zakonodavstva>
- [9] Grupa autora: Analize i podloge za izradu Strategije energetskeg razvoja Republike Hrvatske - Bijela knjiga, Energetski institut Hrvoje Požar, Zagreb, 2019.
- [10] Metodologija provođenja energetskeg pregleda zgrada 2017., Zagreb, 2017.
- [11] Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja: <https://mgipu.gov.hr/o-ministarstvu-15/djelokrug/energetsko-certificiranje-zgrada-8304/8304>
- [12] Grupa autora: Priručnik za energetske certifikacije zgrada, 2010.
- [13] Arhiv preglednik: <http://www.europarl.europa.eu/factsheets/hr/sheet/68/energetska-politika-opca-nacela>
- [14] <https://www.knaufinsulation.hr/preuzmite-dokumente/ki-expert-plus>
- [15] Upute za rad s računalnim programom KI Expert Plus
- [16] Prof.dr.sc. Vladimir Soldo, dipl.ing.stroj. Silvio Novak, dipl.ing.građ. Ivan Horvat, mag.ing.mech.: Algoritam za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790 (2017. god.), FSB, Zagreb, 2017.
- [17] Željka Jurković, dipl.ing.arh.: Energetska učinkovitost u zgradarstvu (građevinski fakultet osijek - PPT)






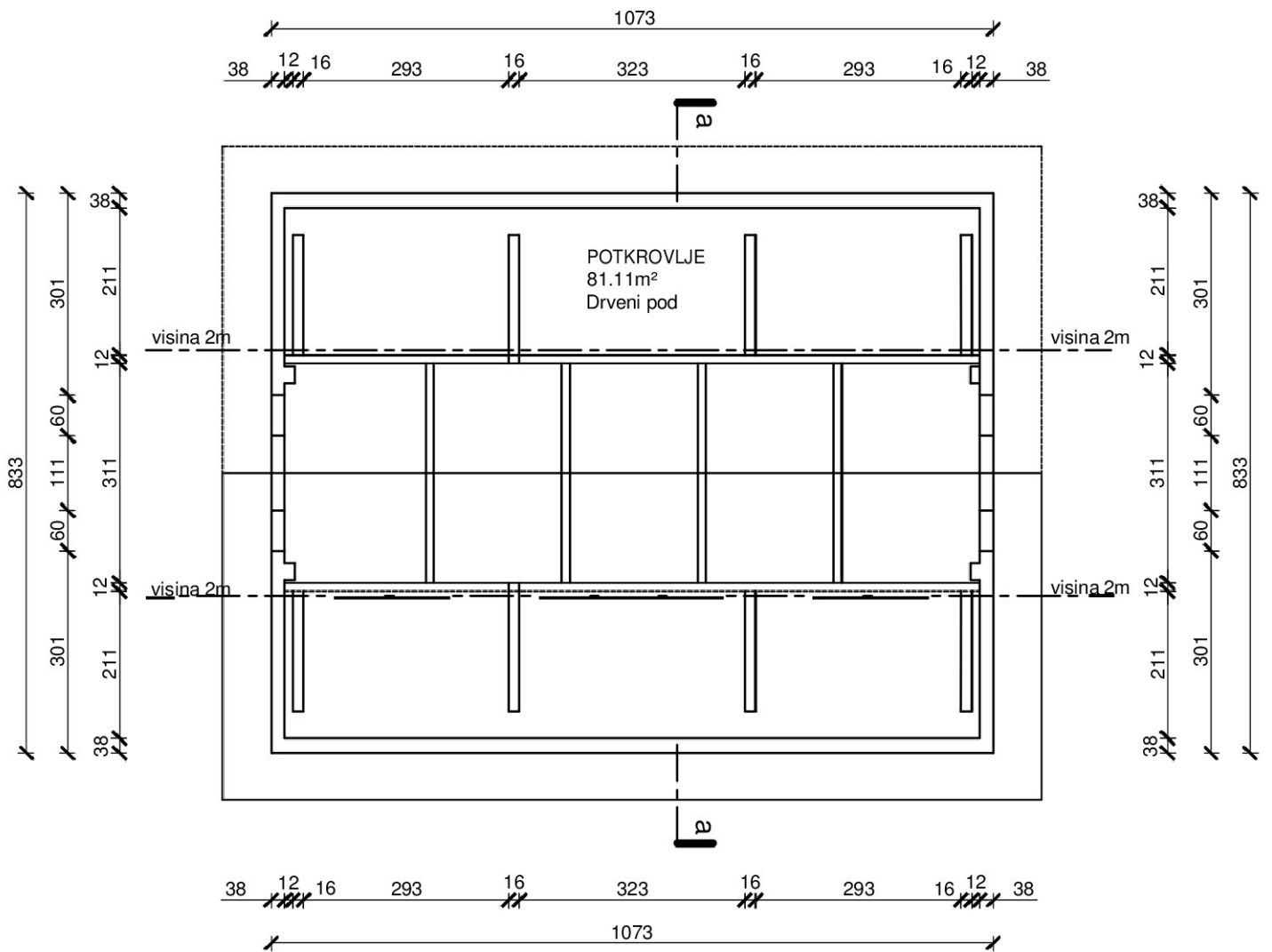
## Tlocrt prizemlje

PROJEKTIRAO:	DATUM:	IME I PREZIME:	POTPIS:		
RAZRADIO:					
CRTAO:		Nedjeljko Macešić			
NAZIV:		Tlocrt prizemlje		OBJEKAT BROJ:	MJERILO: 1:100
				NACRT Br.: 1	




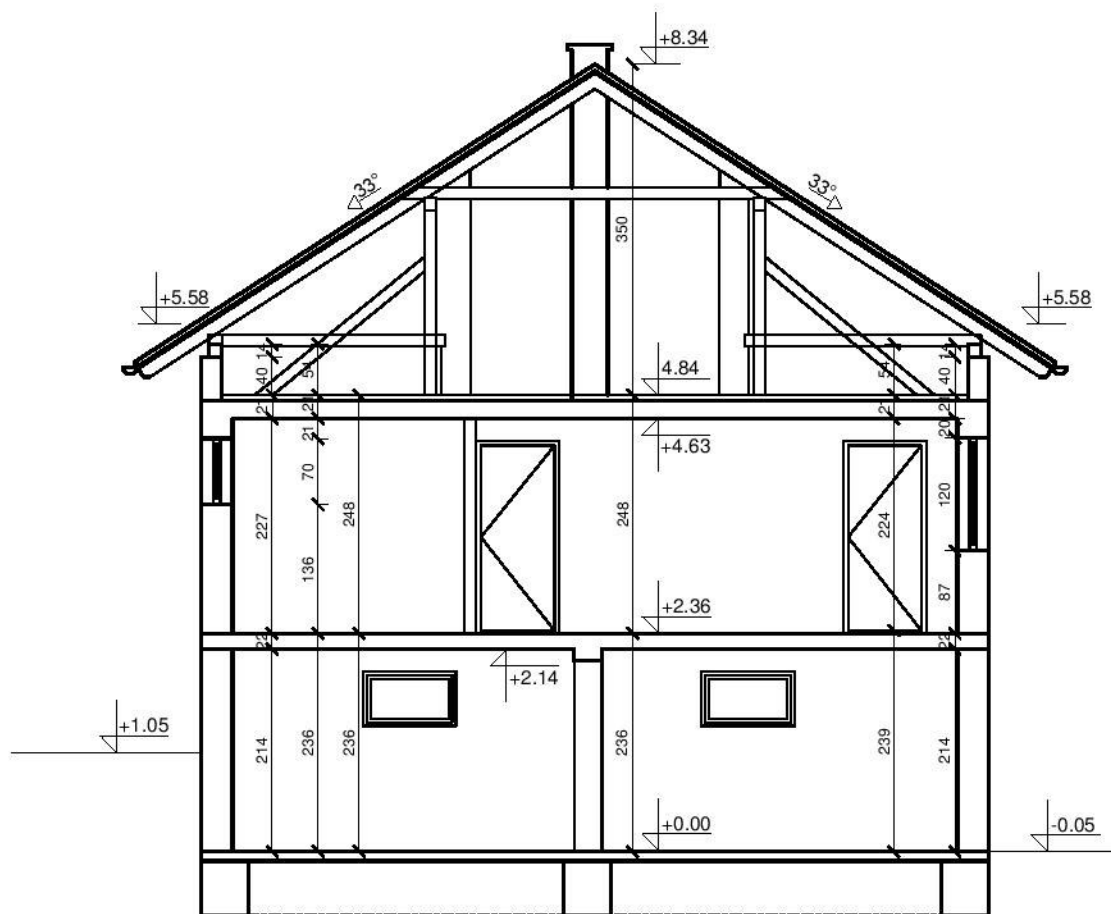
## Tlocrt kat

PROJEKTIRAO:	DATUM:	IME I PREZIME:	POTPIS:		
RAZRADIO:					
CRTAO:		Nedjeljko Macešić			
NAZIV:		Tlocrt kat		OBJEKAT BROJ:	MJERILO: 1:100
				NACRT Br.: 2	



## Tlocrt potkrovlje

	DATUM:	IME I PREZIME:	POTPIS:	
PROJEKTIRAO:				
RAZRADIO:				
CRTAO:		Nedjeljko Macešič		
NAZIV: Tlocrt potkrovlje			OBJEKAT BROJ:	MJERILO: 1:100
			NACRT Br.: 3	



Presjek a-a

	DATUM:	IME I PREZIME:	POTPIS:	
PROJEKTIRAO:				
RAZRADIO:				
CRTAO:		Nedjeljko Macešić		
NAZIV: Presjek a-a			OBJEKAT BROJ:	MJERILO: 1:100
			NACRT Br.: 4	