Koncept zgrade približno nulte energije

Babić, Bruna

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Chemical Engineering and Technology / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:149:708547

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

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



Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Chemical Engineering and Technology University of Zagreb







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET KEMIJSKOG INŽENJERSTVA I TEHNOLOGIJE

SVEUČILIŠNI PREDDIPLOMSKI STUDIJ

Bruna Babić

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, srpanj 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET KEMIJSKOG INŽENJERSTVA I TEHNOLOGIJE

SVEUČILIŠNI PREDDIPLOMSKI STUDIJ

Bruna Babić

KONCEPT ZGRADE PRIBLIŽNO NULTE ENERGIJE

ZAVRŠNI RAD

Voditelj rada: izv. prof. dr. sc. Zvonimir Glasnović

Članovi ispitnog povjerenstva:

izv. prof. dr. sc. Zvonimir Glasnović

izv. prof. dr. sc. Juraj Šipušić

izv. prof. dr. sc. Igor Sutlović

Zagreb, srpanj 2016.

SAŽETAK RADA

S ciljem poboljšavanja energetske učinkovitosti zgrada u Uniji donesena je Direktiva o energetskoj učinkovitosti zgrada prema kojoj je zgrada približno nulte energije zgrada koja ima vrlo visoku energetsku učinkovitost i ta približno nulta odnosno vrlo niska količina energije trebala bi se u značajnoj mjeri pokrivati energijom iz obnovljivih izvora. Cilj ovoga rada je analizirati definiciju za zgrade približno nulte energije, okvir za izračun energije i karakteristike zgrade približno nulte energije u skladu s Direktivom o energetskoj učinkovitosti zgrada kako bi se smanjila potrošnja i ovisnost o neobnovljivim izvorima energije. Zgrade približno nulte energije opisane u radu su povezane s mrežom električne energije, a koncept definicije takvih zgrada temelji se na ravnoteži između električne energije uzete iz mreže i vraćene u energetsku mrežu u određenom vremenskom razdoblju. Fotonaponski sustavi, solarni kolektori, toplinske pumpe, peći na biomasu, područno grijanje i klimatizacija samo su neke od tehnologija i obnovljivih izvora energije koji omogućuju približno nultu potrošnju. Osim dobivanja energije iz obnovljivih izvora koji djelomično pokrivaju potrebnu količinu za funkcioniranje zgrade, potrebno je i provođenje mjera za povećavanje energetske učinkovitosti koje utječu na potrošnju energije u zgradama, a mjere se odnose na ovojnicu zgrade (toplinska izolacija, toplinska masa, prozori, reflektirajući krovovi), unutarnje uvjete i instalacije zgrade (električna rasvjeta, grijanje, ventilacija i klimatizacija). Usporedbom zgrada iz zemalja članica Europske unije vidljiva je razlika u ambiciji prilikom postavljanja definicije zgrade približno nulte energije. Postignuti rezultati pokazuju da energetske učinkovite mjere na ovojnici zgrade nisu dovoljne za postizanje približno nulte potrošnje, te da je nužno povećavanje udjela obnovljive energije kako bi se ostvario zadani cilj. Cilj zgrade približno nulte energije je postizanje visoke razine toplinske ugodnosti, smanjivanje ukupne potrošnje energije i emisija stakleničkih plinova, povećavanje učinkovitosti rasvjete, grijanja, hlađenja, prozračivanja i elektroinstalacija. Direktiva zahtjeva da do kraja 2018. godine nove zgrade u kojima su smještena tijela javne vlasti ili su u njihovom vlasništvu budu zgrade približno nulte energije, a od kraja 2020. godine da sve nove zgrade budu približno nulte energije [1].

Ključne riječi: energetska učinkovitost, zgrada približno nulte energije, obnovljivi izvori energije

ABSTRACT

With a view to improving energy efficiency of buildings in the European Union the *Energy Performance of Buildings Directive* was adopted, according to which the 'nearly zero-energy building' means a building that has a very high energy performance. The nearly zero or very low amount of energy required should be covered to a very significant extent by energy from renewable sources. This thesis explores the definition of nearly zero-energy buildings, framework for the calculation of energy performance of buildings and characteristics of nearly zero-energy buildings in accordance with the *Energy Performance of Buildings Directive* in order to reduce energy consumption and reliance on energy from non-renewable sources. Nearly zero-energy buildings described in this thesis are connected to the grid, while the definition of such buildings is based on the balance between the energy taken from the grid and the energy supplied to the grid in a certain period. Photovoltaic systems, solar collectors, ground source heat pumps, biomass stoves, district heating and air conditioning are just some of the technologies and renewable energy sources that ensure nearly zero energy consumption. In addition to obtaining energy from renewable sources that partially cover the necessary amount for the operation of the building, it is necessary to implement measures to increase energy efficiency that affect energy consumption in buildings, and measures relating to the building envelope (insulation, thermal mass, windows, reflective roofs), the internal conditions and the installation of the building (electric lighting, heating, ventilation and air conditioning). A comparison of buildings across the EU members has shown that there is a noticeable difference in ambition when it comes to setting up the definition of nearly zero-energy buildings. The results obtained show that energy efficiency measures in the building envelope are not sufficient to achieve nearly zero energy consumption, and that it is necessary to increase the share of energy from renewable sources in order to achieve the set goal. The goal of nearly zero-energy buildings is to achieve a high level of thermal comfort, reducing overall energy consumption and greenhouse gas emissions, increasing the efficiency of lighting, heating, cooling, ventilation and electrical installation. According to the Directive, all new public buildings must be nearly zero-energy buildings by the end of 2018, and all new buildings must be nearly zero-energy buildings by the end of 2020 [1].

KEYWORDS: energy efficiency, nearly zero-energy building, renewable energy sources

Sadržaj

1.UVOD 5
2.OPĆI DIO 6
2.1. Direktiva 2010/31/EU o energetskoj učinkovitosti zgrada 6
2.2. Prijedlog opće definicije zgrada približno nulte energije 8
2.3. Kriteriji za definiciju zgrade približno nulte energije 11
2.4. Granica sustava za neto isporučenu energiju 11
2.5. Energetska učinkovitost 15
2.5.1. Ovojnice zgrade 16
2.5.2. Unutarnji uvjeti 18
2.5.3. Instalacije zgrade 19
2.6. Obnovljivi izvori energije i ostale tehnologije 20
2.6.1. Fotonaponski i integrirani fotonaponski sustavi 20
2.6.2. Solarni kolektori 21
2.6.3. Toplinske pumpe 22
2.6.4. Područno grijanje i hlađenje 23
2.7. Zgrade približno nulte energije u Europskoj uniji 24
2.8. Zgrade približno nulte energije u Hrvatskoj 27
3. EKSPERIMENTALNI DIO 30
3.1. Austrija – pasivna kuća Ebner 30
3.2. Hrvatska – stambena zgrada Lenišće; „Šparna hiža” 31
3.3. Njemačka - efikasna plus kuća s E-mobilnošću u Berlinu 32
4. REZULTATI 34
5. RASPRAVA 39
6. ZAKLJUČAK 40
7. LITERATURA 41
8. ŽIVOTOPIS 43

1.UVOD

Potrošnja energije svakim je danom sve veća zbog stalnog povećanja broja ljudi na zemlji, a time i njihovih aktivnosti (gradnje stambenih i nestambenih zgrada opremljenih sve većim brojem uređaja koji sve više troše energiju, proizvodnje i stavljanja u pogon sve većeg broja prometnih vozila i dr.).

Energetska kriza do koje je došlo zbog poremećaja u opskrbi energijom izazvala je potrebu za racionalizacijom potrošnje i uštedom energije, stoga je energija postala središnje pitanje politike, ekonomije i znanosti koja se bavi istraživanjem alternativnih izvora energije.

Sektor zgradarstva je važan jer je veliki potrošač energije, a zgrade približno nulte energije imaju veliki potencijal za značajno smanjenje energetske potrošnje, a istovremeno povećanje korištenja obnovljivih izvora i zaštitu okoliša.

Zgrade zauzimaju značajan udio u emisiji ukupne energije i ugljika diljem svijeta, a procijenjeno je da diljem svijeta zauzimaju jednu trećinu ukupne svjetske emisije stakleničkih plinova [5] i da su odgovorne za 40% ukupne potrošnje energije u Uniji [1].

Pojedine zemlje su usvojile ili razmatraju da usvoje zgrade približno nulte energije kao budući energetski standard za svoj sektor zgradarstva, kao Direktiva o energetskoj učinkovitosti zgrada Europske Unije.

Direktiva o energetskoj učinkovitosti zgrada zahtjeva zgrade približno nulte energije i navodi da „zgrada gotovo nulte energije znači zgrada koja ima vrlo visoku energetsku učinkovitost“ te da „Ta približno nulta odnosno vrlo niska količina energije trebala bi se u vrlo značajnoj mjeri pokrivati energijom iz obnovljivih izvora, uključujući energiju iz obnovljivih izvora koja se proizvodi u krugu zgrade ili u blizini zgrade.“, ali Direktiva ne definira minimalne ili maksimalne usklađene zahtjeve kao ni detalje okvira za izračun energetske učinkovitosti.

Od zemalja članica Europske unije zahtjeva se da izrade nacionalne planove za povećanje broja zgrada približno nulte energije, uzimajući u obzir nacionalne, regionalne ili lokalne uvjete. Nacionalni planovi moraju pretvoriti definiciju zgrada približno nulte energije u praktične i primjenjive mjere. Važne mjere su smanjenje potrebe za korištenjem energijom u zgradama na najmanju moguću mjeru kroz energetski učinkovite mjere i usvajanje obnovljive energije.

2.OPĆI DIO

2.1. Direktiva 2010/31/EU o energetskoj učinkovitosti zgrada

Direktiva 2010/31/EU Europskog parlamenta i Vijeća o energetskoj učinkovitosti zgrada [1] promiče poboljšavanje energetske učinkovitosti zgrada u Uniji, uzimajući u obzir vanjske klimatske i lokalne uvjete te zahtjeve unutarnje klime i troškovnu učinkovitost.

Razlozi donošenja Direktive proizlaze iz ovisnosti zemalja članica o uvozu energije, nužnosti zaštite okoliša i zbog nesigurnosti opskrbe energijom.

Sektor zgradarstva je odgovoran za 40% ukupne potrošnje energije, ali postoji veliki potencijal uštede smanjenjem potrošnje energije i korištenjem obnovljivih izvora [1].

Ova Direktiva od država članica EU zahtjeva:

1) primjenu zajedničkog općeg okvira metodologije za izračunavanje integrirane energetske učinkovitosti zgrada i građevinskih cjelina;
2) primjenu minimalnih zahtjeva energetske učinkovitosti za nove zgrade i nove građevinske cjeline
3) primjenu minimalnih zahtjeva energetske učinkovitosti za:
    a) postojeće zgrade, građevinske cjeline i građevinske elemente koji se podvrgavaju značajnoj obnovi;
    b) građevinske elemente koji čine dio ovojnice zgrade i koji imaju značajan utjecaj na energetsku učinkovitost ovojnice zgrade ako se naknadno ugrađuju ili zamjenjuju;
    c) tehničke sustave zgrade bez obzira na to kad su postavljeni;
4) sastavljanje nacionalnih planova za povećanje broja zgrada približno nulte energije;
5) energetsko certificiranje zgrade ili građevinskih cjelina;
6) redoviti pregled sustava grijanja i klimatizacije u zgradama;
7) kontrolu energetskih certifikata od neovisnih sustava i izvješća o pregledu.

Prema Direktivi [1] zgrada približno nulte energije je zgrada koja ima vrlo visoku energetsku učinkovitost i ta približno nulta odnosno vrlo niska količina energije trebala bi se u značajnoj mjeri pokrivati energijom iz obnovljivih izvora, uključujući energiju iz obnovljivih izvora koja se proizvodi u krugu zgrade ili u blizini zgrade. Direktiva ne definira minimalne ili maksimalne usklađene uvjete, te uvijete države članice moraju same definirati.

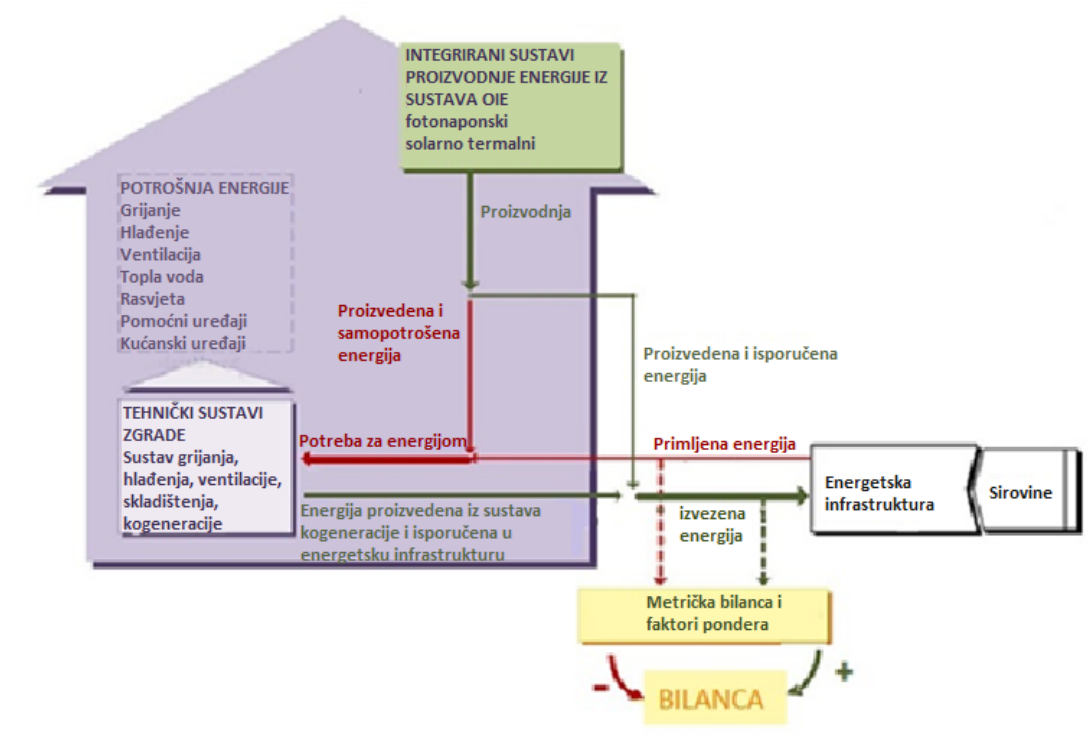
Države članice su obavezne za izračunavanje energetske učinkovitosti zgrada primijeniti metodologiju koja se može razlikovati na nacionalnoj i regionalnoj razini,ali koja je u skladu sa zajedničkim općim okvirom određenim u Direktivi o energetskoj učinkovitosti zgrada. Zajednički opći okvir za izračunavanje energetske učinkovitosti zgrada uz toplinske značajke zgrade (toplinski kapacitet, izolacija, pasivno grijanje, rashladni elementi, toplinski mostovi) uključuje i druge čimbenike kao što su postrojenja za grijanje i klimatizaciju, elementi pasivnog grijanja i hlađenja, zaštita od sunca, kakvoća unutarnjeg zraka, primjena energije iz obnovljivih izvora, odgovarajuća prirodna rasvjeta i oblik zgrade. Energetsku učinkovitost zgrade potrebno je odrediti na temelju izračunate ili stvarne godišnje količine energije koja se troši kako bi se zadovoljile različite potrebe. Izražava se na transparentan način i uključuje pokazatelj energetske učinkovitosti i brojčani pokazatelj potrošnje primarne energije na temelju faktora primarne energije po nositelju energije.

Članice su obavezne sastaviti nacionalne planove za povećavanje broja zgrada približno nulte energije. Nacionalni planovi moraju imati detaljan prikaz primjene definicije zgrade približno nulte energije u praksi u državama članicama, koja održava njihove nacionalne, regionalne ili lokalne uvjete te uključuje brojčani pokazatelj godišnje potrošnje primarne energije izražene u kWh/m². Nacionalni planovi moraju sadržavati informacije o političkim,financijskim i drugim mjerama donesenim s ciljem promicanja zgrada približno nulte energije.

Države članice moraju osigurati da:

- do 31. prosinca 2020. sve nove zgrade budu zgrade približno nulte energije;
- nakon 31. prosinca 2018. sve nove zgrade u vlasništvu i korištenju javnih tijela budu zgrade približno nulte energije

2.2. Prijedlog opće definicije zgrada približno nulte energije



Slika 1. Veza između zgrada i energetskih mreža s prikazom relevantne terminologije [2].

Zgradu karakterizira određena potreba za energijom, no također je karakterizira i neka vrsta proizvodnje energije (Slika 1.).

Obnovljivi izvori energije dostupni u krugu zgrade koriste se pasivno (npr. toplinski dobici kroz prozore) i aktivno (npr. toplinske pumpe) čime se djelomično zadovoljava potreba za energijom neke zgrade. Obnovljivi izvori energije također se koriste za generiranje energenata (električne energije) koji djelomično pokrivaju potrebu za energijom i koji se djelomično vraćaju u mrežu, ovisno o vremenskoj usklađenosti između proizvodnje i potrebe za energijom i dostupnih mogućnosti skladištenja.

Zgrada i električna mreža razmjenjuju energiju za koju se koriste termini isporučena energija i izvezena energija. Isporučena energija (primljena energija) je energija, izražena po energentu, koja se isporučuje u tehničke sustave zgrade kroz granicu sustava, radi zadovoljenja određenih potreba (grijanje, hlađenje, ventilacija, voda koja se koristi u kućanstvu, rasvjeta,

kućanski uređaji itd.) ili za proizvodnju električne energije. Dok je izvezena energija, energija koja teče od zgrada prema mrežama,izražena po energentu. To je energija koja se isporučuje kroz granicu sustava i korištena je izvan granica sustava [3].

Potrošena energija u zgradama uključuje energiju za grijanje, hlađenje, ventilaciju, pripremu tople vode, rasvjetu i kućanske uređaje i prikazuje se u sklopu neto isporučene energije. Neto isporučena energija je isporučena energija umanjena za izvezenu (u mrežu) energiju pri čemu su obje izražene po energentu [3].

Iz neto isporučene energije može se izračunati brojčani pokazatelj primarne energije koji se koristi za definiciju razine energetske učinkovitosti zgrada približno nulte energije prema Direktivi o energetskoj učinkovitosti zgrada. Nacionalna razina troškovno optimalne potrošnje primarne energije za zgrade približno nulte energije je veća od 0 kWh/(m^2a).

Primarna energija E izračunava se pomoću faktora primarne energije f_i prema jednadžbi [3] :

$$E = \sum_i \left(E_{del,i} - E_{\exp,i} \right) f_i \qquad (1)$$

gdje je:

$E_{del,i}$ isporučena energija za energent *i*;

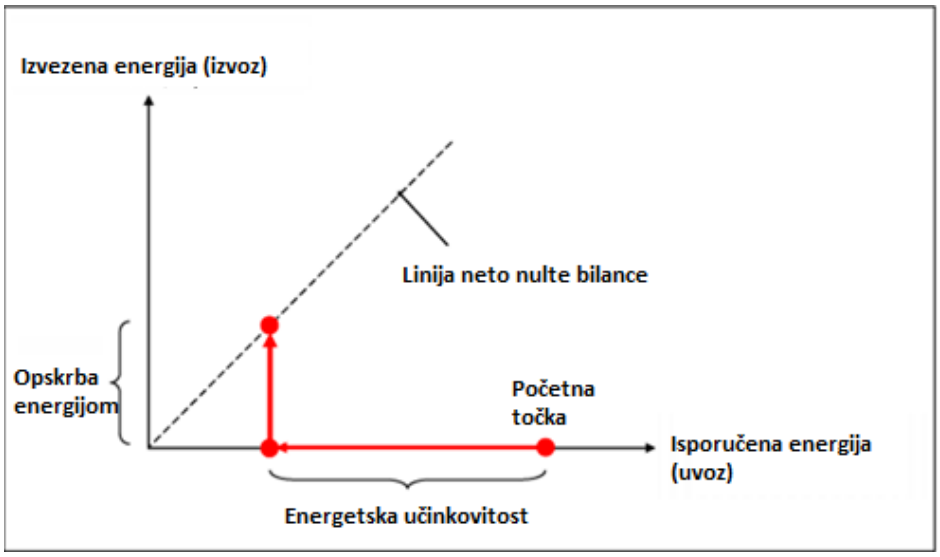
$E_{exp,i}$ izvezena energija za energent *i*;

f_i faktor primarne energije za izvezeni energent *i* (isti faktori su pretpostavljeni za isporučene i izvezene energente)

Definicija zgrade približno nulte energije temelji se na isporučenoj energiji i energiji izvezenoj u mrežu.

Razlika između uvoza i izvoza energije u određenom razdoblju trebala bi biti jednaka nuli ili blizu nule [4].

Razliku se može grafički prikazati kao na Slici 2., pri čemu je uvoz (primljena/isporučena energija) prikazana na osi x, a izvoz (izvezena energija) prikazana na osi y.



Slika 2. Graf koji prikazuje neto nultu bilancu zgrade približno nulte energije [4].

Početna točka može prikazivati učinkovitost nove građevine izgrađene u skladu s minimalnim zahtjevima ili učinkovitost postojeće zgrade prije renoviranja. Opće smjernice do postizanja zgrade približno nulte energije uključuju dva koraka: prvi je smanjenje potražnje energije (os x) putem energetski učinkovitih mjera. Drugo je generiranje električne energije ili drugih energenata putem opcija opskrbe energije kako bi se dobili dovoljni pripadajući prihodi (os y) za postizanje ravnoteže.

2.3. Kriteriji za definiciju zgrade približno nulte energije

U praksi je potrebno je ocijeniti veliki broj parametara i izabrati određenu opciju kako bi se definicija u cijelosti ispunila.

Važno je definirati je li granica na jednoj zgradi ili grupi zgrada. Za što bolju učinkovitost i funkcionalnost zgrade potrebne su informacije o kojem se tipu zgrade radi (samostojeća kuća, stan, ured, škola itd.), kolika se energija koristi i koliko osoba je koristi. Učinkovitost zgrade u smislu broja ljudi/m^2 korisna je informacija za usporedbu s drugim sličnim zgradama. Manja, odnosno veća gustoća ljudi uzrokuje različitu potrebu za energijom [4].

Prilikom projektiranja zgrade važno je poznavanje referentnih klimatskih uvjeta i koje standarde udobnosti se primjenjuje u izračunu potrebe za energijom.

Potrebno je u skladu s definicijom zgrade približno nulte energije postaviti prag za maksimalnu energetsku potražnju kao i zahtjev za minimalni postotak obnovljivih izvora.

Radi izrade definicije ili pokazatelja nulte ili niskoenergetske zgrade potrebno je navesti koji su tokovi energije uključeni u definiciju, a koji nisu. Mora postojati jasna granica u protoku energije povezane s aktivnošću zgrade. Ta granica treba biti energetska potreba zgrade. Također, bitno je definirati koje su energetske mreže dvosmjerne.

2.4. Granica sustava za neto isporučenu energiju

U Direktivi o energetskoj učinkovitosti zgrada [1] naveden je zajednički opći okvir za izračun energetske učinkovitosti zgrade koji navodi:

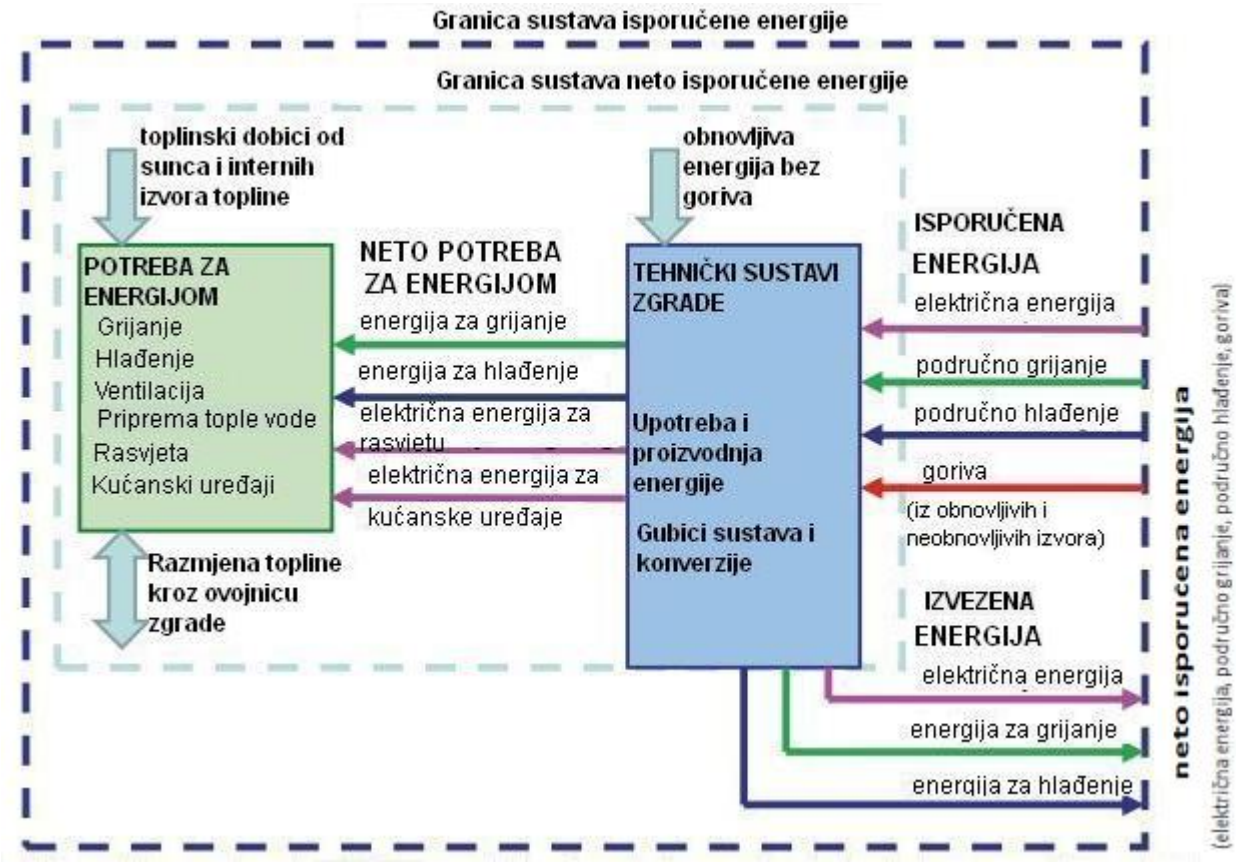
„Energetska učinkovitost zgrade izražava se na transparentan način i uključuje pokazatelj energetske učinkovitosti i brojčani pokazatelj potrošnje primarne energije na temelju faktora primarne energije po energentu, koji se mogu temeljiti na nacionalnim ili regionalnim godišnjim ponderiranim prosjecima ili specifičnoj vrijednosti proizvodnje u krugu zgrade.”

Ova definicija znači da se pokazatelj energetske učinkovitosti može temeljiti na primarnoj energiji. Uz primarnu energiju ostavljena je sloboda korištenja nekog drugog pokazatelja energetske učinkovitosti.

Potrebno je navesti koji su tokovi energije uključeni u definiciju, a koji nisu. U obzir možemo uzeti čitavu energiju korištenu u zgradi ili možemo isključiti pojedine tokove energije kao što

je potrošnja električne energije putem kućanskih uređaja. Takva specifikacija toka energije naziva se granicom sustava (Slika 3.) i pruža opći okvir za energetske pokazatelje [3]. Nije obavezno uključiti električnu energiju za priključke za kućanske uređaje ili produžne kabele. Obavezno je uključiti sve ostale glavne tokove energije. O odluci država članica ovisi hoće li u obzir uzeti električnu energiju za kućanske uređaje.

Energija proizvedena iz obnovljivih izvora u krugu zgrade ne smatra se dijelom isporučene energije.



Slika 3. Energetska granica neto isporučene energije i način na koji se ona formira iz potrebe za energijom, potrošnje energije tehničkih sustava zgrade, proizvodnje energije iz obnovljivih izvora u krugu zgrade, isporučene i izvezene energije. Ćelija „ Potreba za energijom ” odnosi se na prostorije unutar zgrade i granica sustava mogu se interpretirati kao granice zgrade [3].

Potreba za energijom predstavlja potrebu za energijom u zgradi za grijanje, hlađenje, ventilaciju, pripremu tople vode, rasvjetu i kućanske uređaje (ako su kućanski uređaji uključeni u granicu sustava). Toplinski gubici uzrokuju potrebu za energijom za grijanje, a

smanjuju je solarni i unutarnji toplinski dobici. Potreba za energijom umanjena za toplinske dobitke predstavlja neto potrebu za energijom.

Tehnički sustavi zgrade osiguravaju iznos neto potreba za energijom za grijanje, hlađenje i električnu energiju. Radi takvog snabdijevanja, tehnički sustavi u zgradi koriste energiju i obično imaju određene gubitke. Energija koju koriste tehnički sustavi zgrade je iz energije isporučene zgradi ili iz obnovljivih izvora u krugu zgrade .

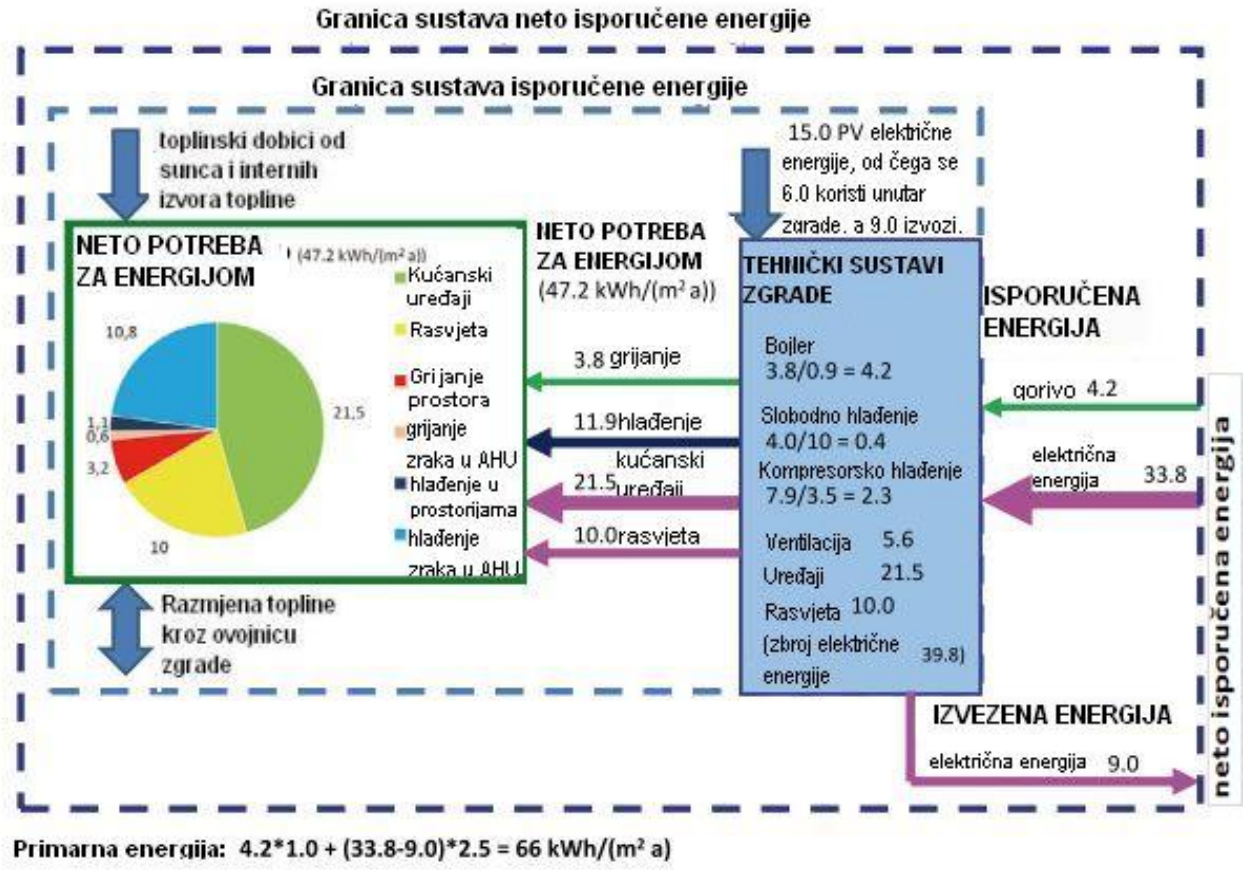
Isporučena energija je električna energija iz energetske mreže. Obnovljiva goriva se tretiraju kao energija isporučena zgradi, tj. energija dobivena izvan kruga zgrade.

Energija dobivena iz obnovljivih izvora unutar kruga zgrade bez goriva je energija dobivena od aktivne energije Sunca i vjetra. Ako se kao izvor energije koriste i toplinske crpke (zrak, tlo, voda), dobivenu energiju potrebne je koristiti za izračun udjela obnovljive energije.

Sustavi proizvodnje energije iz obnovljivih izvora u krugu zgrade mogu snabdijevati druge tehničke sustave zgrade, smanjujući tako potrebu za energijom isporučenoj zgradi ili mogu biti direktno isporučeni energetskim mrežama. Ovo se uzima u obzir u bilanci neto isporučene energije.

Potrošnja primarne energije izračunava se iz neto isporučene energije po energentu kao umnožak faktora primarne energije i neto isporučene energije tog energenta prema jednadžbi pod (1) .

Primjer izračuna energetskog toka za uredsku niskoenergetsku zgradu u Parizu vidljiv je na Slici 4.



Slika 4. Primjer izračuna toka energije u uredskoj zgradi [3]

Zgrada ima sljedeće godišnje potrebe za energijom (neto):

- 3.8 kWh/(m² a) neto energija potrebna za grijanje (uključujući ventilaciju i pripremu tople vode)
- 11.9 kWh/(m² a) neto energija za hlađenje
- 21.5 kWh/(m² a) električna energija za kućanske uređaje
- 10.0 kWh/(m² a) električna energija za rasvjetu.

Za grijanje se koristi plinski kotao (bojler) sa sezonskom učinkovitosti od 90% što rezultira potrošnjom goriva od 4,2 kWh/(m^{2}a). Za hlađenje se koristi slobodno hlađenje iz bušotina (pokriva oko 1/3 potrebe), a ostatak se pokriva iz mehaničkog hlađenja. Potrošnja električne energije sustava hlađenja izračunava se pomoću omjera sezonske energetske učinkovitosti od 10, odnosno 3.5.

Instaliran je sustav fotonaponskih ćelija koji daje 15.0 kWh/(m² a), od čega se 6.0 koristi u zgradi a 9.0 se isporučuje u mrežu.

Potrošnja električne energije slobodnog hlađenja, mehaničkog hlađenja, ventilacije, rasvjete i kućanskih uređaja iznosi 39.8 kWh/(m² a). Solarna električna energija od 15.0 kWh/(m² a) umanjuje neto isporučenu električnu energiju na 24.8 kWh/(m² a). Neto isporučena energija goriva iznosi 4.2 kWh/(m² a). S ova dva toka neto isporučene energije, izračunava se primarna energija koja iznosi 66 kWh/(m² a) [3].

2.5. Energetska učinkovitost

Orijentacija zgrade može utjecati na energetsku učinkovitost pa je prilikom projektiranja potrebno ocijeniti ekonomičnost orijentacije tako da se [6]:

1. izračuna gubitak topline u zimskom razdoblju i dobitak topline u ljetnom razdoblju za svaku stranu zgrade, uzimajući u obzir utjecaj vjetra i izravnog zračenja Sunca
2. utvrdit korisnost uporabe prirodnog svijetla u usporedbi s gubicima i dobicima topline za svaku orijentaciju zgrade prema stranama svijeta
3. utvrdi korisnost dobitaka topline Sunčeva zračenja u razdoblju grijanja u usporedbi s dobicima topline u razdoblju hlađenja zgrade.

Te izračunate vrijednosti omogućuju da se odabere ona orijentacija kod koje su prosječni godišnji troškovi grijanja, hlađenja i rasvjete najmanji.

Preinaka Direktive o energetskoj učinkovitosti zgrada određuje da zemlje članice EU moraju osigurati minimalne zahtjeve energetske učinkovitosti za zgrade koji su postavljeni s ciljem postizanja razine troškovne optimalnosti.

Energetski učinkovite mjere koje imaju važan utjecaj na potrošnju energije u zgradama mogu se grupirati u tri kategorije (ove mjere se također mogu primjenjivati na postojeće zgrade) [5]:

•ovojnice zgrade – toplinska izolacija, toplinska masa, prozori/ostakljenje (uključujući i prirodno osvjetljavanje prostora) i reflektirajući/zeleni krovovi

•unutarnji uvjeti – uvjeti unutarnjeg projekta i potrebe za toplinom u unutrašnjosti (zbog električne rasvjete i opreme/kućanskih uređaja)

•instalacije zgrade – HVAC (grijanje, ventilacija i klimatizacija), električne usluge (uključujući i rasvjetu) i vertikalni prijevoz (dizala).

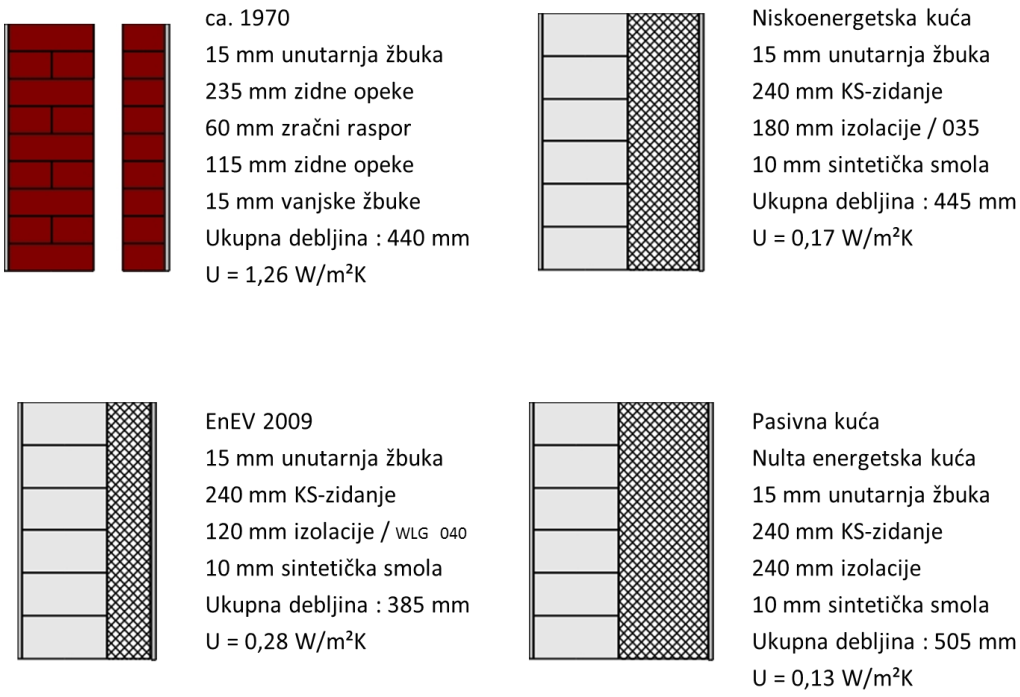
2.5.1. Ovojnice zgrade

Energetska učinkovitost ovojnice zgrade ovisi o toplinskoj izolaciji, prozorima,prirodnom osvjetljenju prostora, krovu i toplinskoj masi.

Svaka lokacija zgrade ima svoje klimatske značajke kao što su brzina i smjer puhanja vjetra, temperatura zraka, izloženost vjetru, oborinama i Sunčevom zračenju tijekom čitave godine. Vjetar može utjecati na koeficijent prolaska topline, dok prisutnost ili odsutnost Sunca utječe na unutarnju osvijetljenost te dobitak i gubitak topline. Utjecaj Sunca ovisi o ostakljenosti, lokaciji i orijentaciji zgrade [6]. Kod projektiranja ovojnice zgrade potrebno je uzeti u obzir sve čimbenike kako bi se zadovoljili lokalni prevladavajući klimatski uvjeti.

Cilj je ograničiti iznos ljetnog toplinskog dobitka i zimskog toplinskog gubitka kroz ovojnicu zgrade, tako da odgovarajući zahtjevi za grijanjem i hlađenjem ne budu preveliki.

Više toplinske izolacije ovojnice zgrade trebalo bi značiti manje dobitka, odnosno gubitka topline zbog vodljivosti te stoga i bolju energetsku učinkovitost (Slika 5.). Ali kad je ovojnica zgrade previše izolirana smanjenje gubitka topline tijekom hlađenja povećava zahtjeve za hlađenjem i to bi moglo rezultirati sveukupnim povećanjem korištenja energije za klimatizaciju prostora. Ta točka nakon koje bi daljnja izolacija bila kontraproduktivna naziva se „točkom toplinske infleksije” [5]. Razvoj različitih kriterija omogućava procjenu toplinske učinkovitosti ovojnice zgrade.



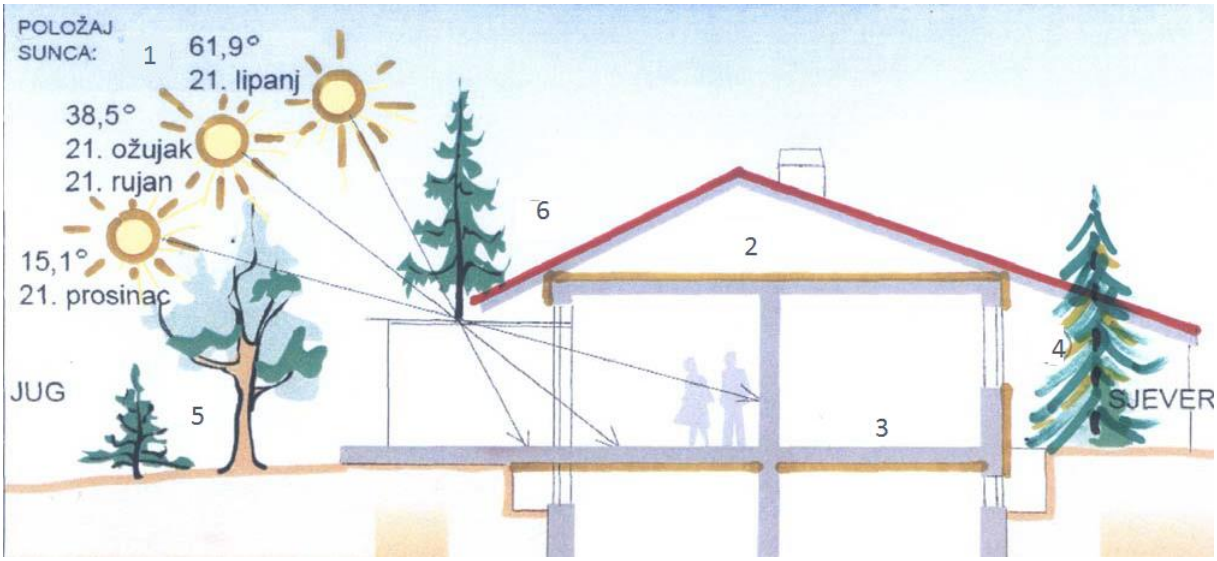
Slika 5. Tipične zidne konstrukcije [**7**].

Tijekom projektiranja potrebno je uzeti u obzir toplinske, vizualne, akustične i solarne učinkovitosti prozorskog sustava. Prozori i balkonska vrata su utvrđeni kao bitan činitelj gubitka topline. Opći pristup je manja površina prozora, te korištenje sustava dvostrukog ili trostrukog ostakljenja sa staklom niske emisije i otvora ispunjenih inertnim plinom da bi se minimizirao iznos toplinskih dobitaka,odnosno gubitaka [5].

Smanjena površina prozora i reflektirajuće staklo ne doprinose dobrom projektiranju prirodnog osvjetljavanja prostora.

Primjenom prirodnog osvjetljavanja prostora može doći do uštede energije, osobito u zgradama u kojima prevladava klimatizacija radi dvostrukih ušteda u upotrebi električne energije za umjetnu rasvjetu i klimatizaciju (manje rasipanja topline od rasvjetnih instalacija).Preveliko izlaganje sunčevoj svijetlosti dovodi do pregrijavanja prostorija, a time i do potrebe za njihovim rashlađivanjem. S druge strane, nedovoljna osvijetljenost prostorija dnevnim svijetlom nadoknađuje se upotrebom umjetne rasvjete. Ključ je uspostaviti dobru ravnotežu između korisnog prirodnog osvjetljavanja prostora i prevelike solarne topline kroz analizu različitih kombinacija. Za rješavanje problema razvijeni su računalni programi koji na

osnovi 3D modela određenog prostora, za period od godinu dana, provode detaljnu solarnu analizu osvijetljenosti.



Slika 6. Shematski prikaz mjera za uštedu energije pasivnom uporabom sunčane energije:1-položaj sunca ljeti, u proljeće,jesen i zimi kod nerazvedenih i južno orijentiranih kuća; 2-odlična toplinska izolacija vanjskog omotača bez toplinskih mostova; 3-akumulacija topline u masivnim obodnim zidovima, stropu i podu; 4-zimzeleno drveće na sjevernoj strani za zaštitu od vjetra; 5-listopadno drveće na južnoj, istočnoj i zapadnoj strani za zaštitu obodnih zidova od sunčanog zračenja ljeti i propuštanja sunčanih zraka zimi; 6- nadstrešnica na južnoj strani za zaštitu zida od neposrednog sunčanog zračenja ljeti [8].

Orijentacija krova zgrade ima znatan utjecaj na potrošnju energije. Hladni ili reflektirajući krovovi reflektiraju većinu primljene solarne topline i stoga smanjuju iznos toplinskih dobitaka uzrokovanih vodljivošću [5]. Ozelenjivanje krovova zgrada može spriječiti da se većina solarne topline odvodi u zgradu zbog većeg latentnog rasipanja topline. Ove energetski učinkovite mjere možda ne bi bile primjerene zbog ograničene površine krova za instaliranje sustava obnovljive energije kao što su solarni paneli.

2.5.2. Unutarnji uvjeti

Unutarnji izvori topline i maksimalna dopustiva unutarnja temperatura imaju značajan utjecaj na zahtjeve za hlađenjem u zgradi. Mjere usmjerene na uvjete unutrašnjeg projektiranja i specifičnu nazivnu snagu rasvjete (LLD) mogle bi imati veliki potencijal za uštedu energije. Specifična nazivna snaga rasvjete ima veliki utjecaj na toplinsku i energetsku

učinkovitost zgrada te je ključna varijabla u projektiranju pri planiranju energetske učinkovitosti [5].

Podizanje i snižavanje postavki termostata tijekom toplih ljetnih mjeseci i zimi mogu znatno smanjiti potrebe za rashlađivanjem i zagrijavanjem

2.5.3. Instalacije zgrade

Među instalacijama u zgradi, HVAC (grijanje, ventilacija i klimatizacija) i električna rasvjeta su dvije stavke koje u zgradi troše najviše energije na koje otpada 40-60%, odnosno 20-30% ukupne potrošnje energije [5].

Glavne energetski učinkovite mjere kod grijanja, ventilacije i klimatizacije su klimatizacijski sustavi s varijabilnom promjenom volumena zraka, varijabilne brzine rada ventilatora i pumpi te visoki koeficijent učinkovitosti rashladnika vode s optimalnom kontrolom [5].

Prirodno osvjetljavanje prostora uključuje projekt ovojnice zgrade i električne rasvjete te izravno utječe na uvjete u unutrašnjosti što zauzvrat ima učinak na sustav grijanja, ventilacije i klimatizacije.

Kako bi procijenili učinkovitost pojedinačnih i višestrukih energetski učinkovitih mjera, potrebno je razmotriti interakcije između različitih varijabli projekta ovojnice zgrade i instalacija zgrade kao i unutarnje uvjete i prevladavajuće vanjske klimatske uvjete.

2.6. Obnovljivi izvori energije i ostale tehnologije

Minimalni udio obnovljivih izvora energije potreban za osiguravanje gotovo nulte ili jako niske potražnje energije zgrade morao bi se kretati od 50% do 90% kako bi se ostvarili energetski i klimatski ciljevi Europske unije [9]. Taj predloženi raspon od 50%-90% usklađen je s definicijom zgrade približno nulte energije u Direktivi o energetskoj učinkovitosti zgrada koja zahtjeva da energetska potražnja zgrade bude pokrivena iz obnovljivih izvora do „veoma značajne granice". Takav zahtjev omogućava da obnovljiva energija postane dominantan dio energetskog sustava, dok fosilni sustavi postoje samo u određenoj mjeri (kao rezervni izvor).

Glavne tehnologije koje se obično usvajaju su [5]:

•fotonaponski i integrirani fotonaponski sustavi

•solarni kolektori za pripremu potrošne tople vode

•toplinske pumpe

•područno grijanje i klimatizacija

2.6.1. Fotonaponski i integrirani fotonaponski sustavi

Fotonaponski moduli se najčešće postavljaju na krovove kuća i zgrada. Radi povećanja broja modula fotonaponskih sustava i tako proizvedene električne energije, ponekad se koriste ostale fasade ovojnice zgrade. Takav sustav naziva se sustavom integriranih fotonaponskih sustava[5]. Taj sustav pomaže povećanju proizvodnje električne energije po jedinici površine zgrade, što sunčevu energiju čini mogućom alternativom ili nadopunom električnoj mreži, ali takva metoda ima negativan utjecaj na pogled iz zgrade i prolazak dnevnog svjetla.

Solarna ćelija ima učinkovitost pretvorbe solarne u električnu energiju 9-18% ,tj. više od 80% primljenog solarnog zračenja ne pretvara se u električnu energiju, već se ili reflektira ili rasipa u obliku toplinske energije. Ovo uzrokuje povećanje radne temperature solarne ćelije te vodi do manje konverzijske učinkovitosti. Sustav hibridno fotonaponskih-termalnih sunčanih kolektora (HPVT) koristi termoelektrične rashladne module radi smanjenja temperature solarne ćelije i iskorištava toplu vodu proizvedenu putem nastale otpadne topline. HPVT tako proizvodi i električnu i toplinsku energiju [5].

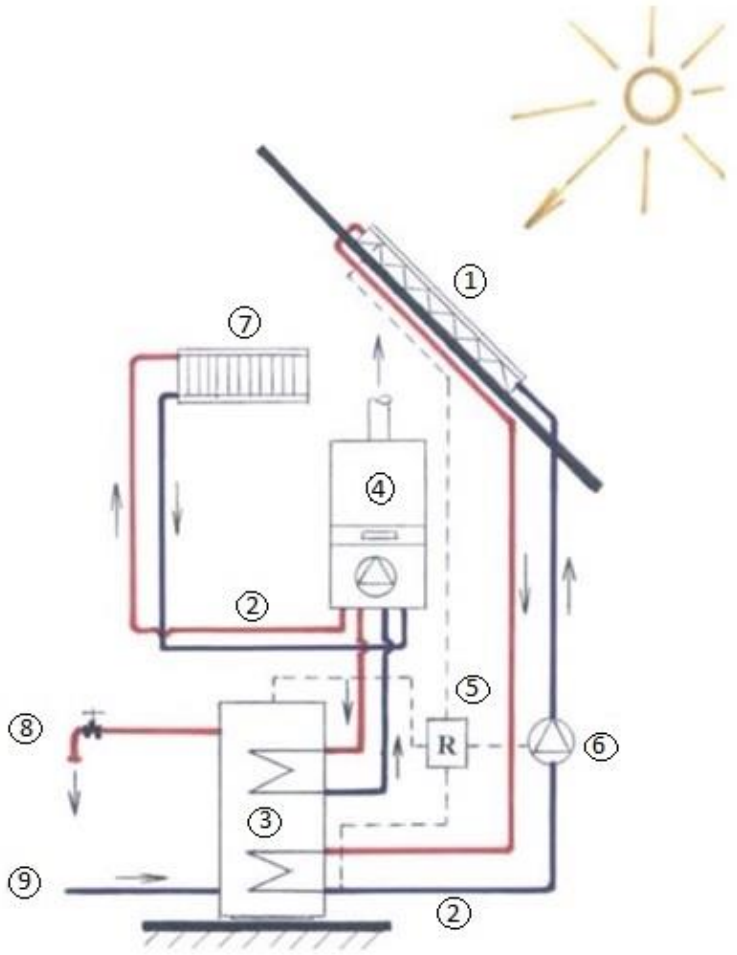
Proizvedena električna energija koristi se za potrebe određene zgrade za električnom energijom, a višak se izravno isporučuje u lokalnu mrežu električne energije.

Izlazna snaga električne energije i učinkovitost fotonaponskog sustava varira kroz dan i različita godišnja doba u skladu s prevladavajućim lokalnim klimatskim uvjetima i količinom sunčevog zračenja.

2.6.2. Solarni kolektori

U sektoru stambenih zgrada upotreba energije za potrošnu toplu vodu u kućanstvu zauzima važan udio u ukupnoj potrošnji energije u kućanstvu. Primjena solarnih kolektora za pripremu tople vode omogućuje uštedu energije i smanjenje emisije ugljičnog dioksida.

Povećavanjem učinkovitosti solarnih kolektora razvijeni su solarni kombinirani sustavi koji istovremeno ispunjavaju potrebe za toplom vodom i za grijanje prostorija, solarni kolektori koji za pripremu tople vode koriste vodene pumpe na solarni pogon, dvofazni solarni kolektori i drugi.



Slika 7. Shematski prikaz solarnog sustava za zagrijavanje vode i dopunu sustavu grijanja [8]

1- solarni kolektor; 2- razvodne cijevi; 3-spremnik tople vode s izmjenjivačima topline: 4- bojler; 5- regulator topline; 6- optočna crpka; 7- grijače tijelo (radijator); 8- potrošna topla voda; 9- dovod hladne vode

2.6.3. Toplinske pumpe

Toplinske pumpe nude održivu alternativu dobivanja topline iz vode, zemlje ili zraka, prevođenjem s niže temperaturne razine na višu za različite potrebe u zgradama.

Radi poboljšanja energetske učinkovitosti, toplinske pumpe koje koriste zrak kao medij mogu biti integrirane sa solarnim kolektorima tako da se energija može isporučivati u isparivač na temperaturi višoj od okolne, s povećanim kapacitetom i većim koeficijentom učinkovitosti.

Kada je potreba za grijanjem ili hlađenjem najveća, prevladavajuće okolne temperature mogu ograničiti kapacitet toplinskih pumpi koje koriste zrak i uzrokovati manju učinkovitost.

Geotermalne toplinske pumpe mogu uzrokovati iscrpljivanje akumulirane topline što smanjuje temperaturu radnog medija i smanjuje učinkovitost sustava. Iz tog razloga uobičajeni pristup je korištenje geotermalne toplinske pumpe sa solarnim kolektorima, koje ponovno zagrijavaju tlo putem bušotine.

2.6.4. Područno grijanje i hlađenje

Područno grijanje i hlađenje pomaže da se manje učinkovita oprema u pojedinačnim zgradama zamijeni s učinkovitijim sustavom centralnog grijanja i hlađenja za klimatizaciju prostorija. Područno grijanje i hlađenje može doprinijeti smanjenju klimatskih promjena i ostalih problema vezanih uz okoliš vezanima uz energiju kao što su onečišćenje zraka, smanjenje ozonskog omotača i kisele kiše.

2.7. Zgrade približno nulte energije u Europskoj uniji

Priznajući razlike u klimi i kulturi gradnje u Europi, Direktiva o energetskoj učinkovitosti zgrada ne propisuje zajednički pristup za postizanje zgrada približno nulte energije, stoga su države članice u svojim definicijama utvrdile različite parametre (Tablica 1.).

Tablica 1. - Pregled glavnih aspekata vezanih za nacionalne definicije zgrade približno nulte energije u Europskoj uniji [10];

drugi indikatori: CO_2 – emisija ugljikovog dioksida, EP – izolacija, OH – pokazatelji pregrijavanja, TS – izvođenje tehničkog sustava

nZEB definicija za nove zgrade							**nZEB definicija za postojeće zgrade**		
Država	Status definicije	Numerički indikator	Maksimalna primarna energija [kWh/m²y]		Udio obnovljive energije	Drugi indikatori	Status definicije	Maksimalna primarna energija [kWh/m²y]	
			Stambena zgrada	Ne-stambena zgrada				Stambena zgrada	Ne-stambena zgrada
Austrija	+	+	160	170 (od 2021.godine)	min	EP, CO_2	+	200	250 (od 2021. godine)
Belgija-Bruxelles	+	+	45	90	kvalitativni	EP, OH	+	54	108
Belgija-Flandres	+	+	30% PE	40% PE	kvantitativni	EP, OH	u razvoju		
Belgija-Wallonia	u razvoju	u razvoju			kvantitativni	EP	u razvoju		
Bugarska	mora biti odobren	mora biti odobren	30-50	40-60	kvantitativni	EP	kao i za nove zgrade	30-50	40-60
Hrvatska	+	+	33-41	u razvoju	min	EP	nema podataka		
Cipar	+	+	100	125	kvantitativni	EP	kao i za nove zgrade	100	125
Češka	+	+	75-80%	90%	kvantitativni	EP, TS	kao i za nove zgrade	75-80%	90%
Danska	+	+	20	25	kvalitativni	EP, OH, TS	kao i za nove	20	25

							zgrade		
Estonija	+	+	50-100	90-270	kvalitativni		×		
Finska	u razvoju	nema podataka			nema podataka		nema podataka		
Francuska	definicije zgrada pozitivne energije u razvoju	+	40-65	70-110	kvantitativni	EP, OH, TS	+	80	60%PE
Njemačka	u razvoju	u razvoju	40% PE		min	EP	u razvoju	55%	
Grčka	u razvoju	nema podataka			min		u razvoju		
Mađarska	u razvoju	u razvoju	50-72	60-115	kvantitativni	EP	u razvoju		
Irska	+	+	45	60% PE	kvantitativni	CO_2	u razvoju	75-150	
Italija	mora biti odobren	mora biti odobren			kvantitativni	EP, TS			
Latvija	+	+	95	95	kvantitativni	EP	kao i za nove zgrade	95	95
Litva	+	+	uključuje se u izračun		kvantitativni	EP	kao i za nove zgrade	uključuje se u izračun	
Luksemburg	+	+	uključuje se u izračun		kvalitativni	EP, CO_2	nema podataka		
Malta	u razvoju	trenutne vrijednosti treba preraditi	40	60	kvalitativni	EP	nema podataka		
Nizozemska	+	+	uključuje se u izračun		×	EP	nema podataka		
Poljska	u razvoju	u razvoju	60-75	45-70	×		nema podataka		
Portugal	u razvoju	u postojećim uvjetima za zgrade			×		nema podataka		
Rumunjska	+	+	93-217	50-192	kvantitativni	CO_2	nema podataka		
Slovačka	+	+	32-54	34-96	kvantitativni	EP	nema podataka		
Slovenija	mora biti odobren	mora biti odobren	45-50	70	u razvoju	EP	mora biti odobren	70-90	100

Španjolska	u razvoju	u razvoju	uključuje se u izračun		min	CO_2(glavni indikator)	u razvoju		
Švedska	u razvoju	u razvoju	30-75	30-105	×		nema podataka		
UK	+	+	44	nema podataka	kvalitativni	CO_2(glavni indikator), EP, TS	nema podataka		

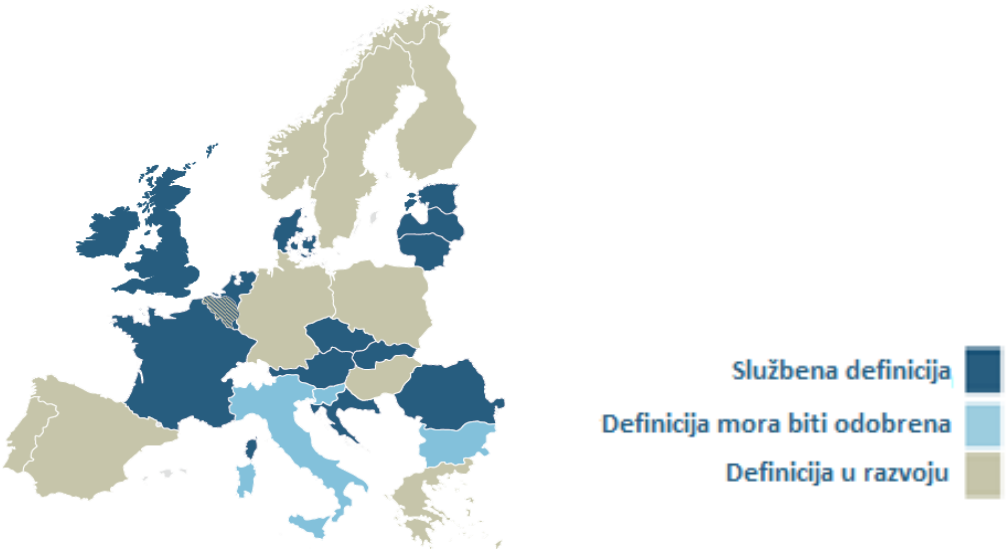
Maksimum primarne energije je u većini zemalja jedan od glavnih pokazatelja definicije zgrade približno nulte energije, dok nekoliko zemalja (npr. Španjolska, Velika Britanija) koristi emisiju ugljikovog dioksida. Austrija i Rumunjska koriste emisiju ugljikovog dioksida kao dopunski indikator uz korištenje primarne energije.

Za stambene zgrade je cilj imati upotrebu primarne energije manju od 50 kWh/m^{2}y, ali su često utvrđene veće vrijednosti za područja hladnije klime [10].

Maksimalna primarna razina energije za nestambene zgrade u EU varira od 0 do 270kWh/m^{2}y.

Nekoliko je članica postavilo ciljeve koji nadilaze zahtjeve za zgrade približno nulte energije poput Nizozemske (zgrade nulte energije), Francuske (zgrade pozitivne energije) i Velike Britanije (zgrade s nultom emisijom ugljikovog dioksida).

Definicije su dostupne u 15 zemalja. U 3 zemlje definicija se još mora odobriti, dok u preostalih 9 zemalja definicija još nije završena (Slika 8.).



Slika 8. Status definicije zgrade približno nulte energije [10].

2.8. Zgrade približno nulte energije u Hrvatskoj

U Hrvatskoj, potrošnja energije u zgradama čini 43% konačne energije, odnosno 6.1 milijuna tona CO2eq (od 14.1 milijuna tona ukupno). Najveći broj zgrada izgrađen je u razdoblju naglog rasta broja stanovnika i zgrada početkom druge polovice 20. stoljeća – 60-ih, 70-ih i ranih 80-ih godina, kada nije bilo propisa u pogledu uštede topline i toplinske zaštite u zgradama [11].

Primjena Direktive o energetskoj učinkovitosti zgrada u Hrvatskoj je počela 2005. godine. U Hrvatskoj je zgrada približno nulte energije definirana potrošnjom primarne energije za grijanje, hlađenje, pripremu potrošne tople vode, ventilaciju i rasvjetu, te minimalnim udjelom obnovljivih izvora energije u zadovoljavanju energetskih potreba zgrade. U RH definicija se primjenjuje za nove zgrade koje se mogu podijeliti ovisno o namjeni na:

- jednoobiteljska zgrada
- višestambena zgrada
- uredska zgrada
- zgrada za obrazovanje
- zgrada za trgovinu (maloprodaja i veleprodaja)
- zgrada hotela i restorana
- zgrada bolnica
- zgrada sportskih dvorana

Zgrade u Hrvatskoj promatraju se za dvije karakteristične klime: kontinentalnu i primorsku. Maksimalna specifična primarna energija za zgrade u kontinentalnoj Hrvatskoj iznosi 40,91 kWh/m^{2}a, a 33,40 kWh/m^{2}a za zgrade u primorskoj Hrvatskoj.

Tehničkim propisom o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama [12] određeno je da zgrade gotovo nulte energije ispunjavaju zahtjeve u pogledu primjene obnovljivih izvora energije ako je najmanje 30% godišnje primarne energije podmireno iz obnovljivih izvora energije. Ovim se propisom određuju i:

- minimalni zahtjevi za energetska svojstva novih zgrada i postojećih zgrada kod kojih se provode rekonstrukcije i veće rekonstrukcije,
- minimalni zahtjevi na dijelove zgrade koji čine dio ovojnice zgrade i tehničkih sustava zgrada kada se ugrađuju, zamjenjuju ili moderniziraju

Tehničkim propisom [12] propisane su najveće dopuštene vrijednosti koeficijenata prolaska topline, U [W/(m^2·K)] (Tablica 2.), građevnih dijelova zgrade koje treba ispuniti pri projektiranju novih i projektiranju rekonstrukcije postojećih zgrada, također utvrđene su vrijednosti tehničkih svojstava nekih građevnih proizvoda s kojima se mogu provoditi dokazni proračuni, te su propisane najveće dopuštene vrijednosti godišnje potrebne toplinske energije za grijanje po jedinici ploštine korisne površine zgrade Q''$_{H,nd}$ [kWh/(m2·a)], najveće dopuštene vrijednosti godišnje isporučene energije po jedinici ploštine korisne površine zgrade E_{del} [kWh/(m^2·a)], najveće dopuštene vrijednosti godišnje primarne energije po jedinici ploštine korisne površine zgrade E_{prim} [kWh/(m^2·a)].

Tablica 2. Najveće dopuštene vrijednosti koeficijenta prolaska topline, U [W/(m2·K)], građevnih dijelova novih zgrada, i nakon rekonstrukcije postojećih zgrada [12]

Redni broj	Građevni dio	U [W/(m2K)]			
		$\Theta_{int,set,H} \geq 18$ °C		12°C < $\Theta_{int,set,}$H < 18 °C	
		$\Theta_{e,mj,min}$ ≤3°C	$\Theta_{e,mj,min}$ >3°C	$\Theta_{e,mj,min}$ ≤3°C	$\Theta_{e,mj,min}$ >3°C
1.	Vanjski zidovi, zidovi prema garaži, zidovi prema provjetravanom tavanu	0,30	0,45	0,50	0,60
2.	Prozori, balkonska vrata, krovni prozori, ostali prozirni elementi ovojnice zgrade	1,60	1,80	2,50	2,80
3.	Ostakljeni dio prozora, balkonskih vrata, krovnih prozora, prozirnih elemenata ovojnice zgrade	1,10	1,40	1,40	1,40
4.	Ravni i kosi krovovi iznad grijanog prostora, stropovi prema provjetravanom tavanu	0,25	0,30	0,40	0,50
5.	Stropovi iznad vanjskog zraka, stropovi iznad garaže	0,25	0,30	0,40	0,50
6.	Zidovi i stropovi prema negrijanim prostorijama i negrijanom stubištu temperature više od 0 °C	0,40	0,60	0,90	1,20
7.	Zidovi prema tlu, podovi na tlu	0,40	0,50	0,65	0,80
8.	Vanjska vrata, vrata prema negrijanom stubištu, s neprozirnim vratnim krilom i ostakljene pregrade prema negrijanom ili provjetravanom prostoru	2,00	2,40	2,90	2,90

9.	Stjenke kutija za rolete	0,60	0,80	0,80	0,80
10.	Stropovi i zidovi između stanova ili između različitih grijanih posebnih dijelova zgrade (poslovnih prostora i sl.	0,60	0,80	1,20	1,20
11.	Kupole i svjetlosne trake	2,50	2,50	2,50	2,50
12.	Vjetrobrani, promatrano u smjeru otvaranja vrata	3,00	3,00	3,00	3,00

Tehničkim propisom o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama došlo je do usklađivanja zakonodavstva s zahtjevima pripisanim u Direktivi o energetskoj učinkovitosti zgrada.

Daljnje poboljšanje potrebno je tražiti kroz doradu definicije zgrada u pogledu bilanciranja energetskih tokova preko granica sustava čime bi se dodatno potaklo korištenje obnovljivih izvora energije u zgradama.

3. EKSPERIMENTALNI DIO

Hans Erhorn i Heide Erhorn-Kluttig su u izvješću [13] dali skup primjera zgrada u pojedinim zemljama članicama EU, čija je razina energetske izvedbe u rangu zgrada približno nulte energije ili barem približna tom rangu. Primjeri takvih zgrada nude praktična iskustva i spoznaju da su takve zgrade ili čak zgrade s većom energetskom učinkovitosti ostvarive.

Neki od primjera navedeni su u nastavku.

3.1. Austrija – pasivna kuća Ebner



Slika 9. Pasivna kuća Ebner u Austriji [13]

Pasivna kuća Ebner je nova jednoobiteljska stambena kuća s malim ugrađenim uredom. Veličina kuće je 160 m2 neto površine, 216 m2 bruto površine. Kuća je izgrađena tako da ispuni standarde pasivne kuće, koristeći solarne toplinske panele. Cilj je bio i primjena ekoloških građevinskih materijala kao što su slama, drvo i ilovača, pa su zidovi i krov napravljeni su od 70 cm bala slame između drvene konstrukcije, a pod se sastoji od 50

cm punjenja od staklene pjene i šljunka ispod betonske osnovne ploče. Prozori su trostruko ostakljeni.

Za primjenu obnovljivih izvora energije koriste se solarni toplinski paneli ($8m^2$) za proizvodnju tople vode u domaćinstvu i sustav grijanja na drvene pelete. Potražnja za toplom vodom uglavnom je pokrivena iz solarnih panela dok se kuća grije na peć na drvene pelete. Kuća ima mehanički ventilacijski sustav s povratom topline od 86%.

Troškovi zgrade iznosili su oko 300,000 eura (1,875 eura/m2 neto površine).

3.2. Hrvatska – stambena zgrada Lenišće; „Šparna hiža”



Slika 10. Stambena zgrada „Šparna hiža” [13]

"Šparna hiža" je nova, stambena zgrada projektirana kao nisko energetska zgrada s maksimalnom potrošnjom energije za grijanje od 15kWh/m² stana godišnje, čime spada u A+ energetski razred.

Veličina zgrade je 1539 m^2 neto iskoristive površine. Sastoji se od tri kata površine 612 m^2, 28 stanova, podruma i prizemlja.

Strukturni zidovi su od armiranog betona, 20 cm debeli, ili ciglenih zidarskih blokova debelih 25 cm. Ovojnica zgrade je toplinski izolirana s kamenom vunom debljine 20 cm za betonske

zidove i 15 cm za ciglene zidove. Krov je ravan, napravljen od 20 cm betona i toplinski izoliran s 30 cm XPS-a. PVC prozori su napravljeni s trostrukim low-e staklom, glazurom punjenom argonom.

Grijanje i hlađenje omogućeni su putem podnog sustava koji koristi iste cijevi i za grijanje i za hlađenje. Grijanje se provodi pomoću kompaktne toplinske crpke s COP-om 2.8 (90%) ili kotlova koristeći prirodni plin (10%). Svaki stan ima vlastite mjerače energije.

Topla voda se primarno proizvodi pomoću solarnih toplinskih kolektora na krovu zgrade, koji su povezani s DHW spremnicima zapremnine 4000 litara. Sustav je dizajniran da primarno koristi solarnu energiju za proizvodnju tople vode, s plinskim kotlovima kao nadopunom.

Ventilacijski sistem radi neprekidno da opskrbi 0,5 izmjena zraka po satu za cijeli volumen stana. Otpadna toplina zraka odvodi se kroz sustav rekuperacije energije visokih performansi.

Troškovi zemljišta, projektiranja, izgradnje i nadzora iznose do 11,485,000.00 HRK (oko 1,500,000.00 €) za 1,644 m2 (28 stanova).

3.3. Njemačka - efikasna plus kuća s E-mobilnošću u Berlinu

Ova pilot zgrada sama proizvodi svoju energiju čineći je dostupnom korisnicima i električnim vozilima. Višak energije vraća se natrag u mrežu ili pohranjuje u akumulator. Godišnja pozitivna energetska bilanca zahtijevana je za upotrebu primarne i finalne energije.

Ta nova, jednoobiteljska kuća s dva kata ima 203 m^2 upotrebljive površine i 138m^2 prostora za stanovanje.

Pod, zidovi i krov napravljeni su od drvenih panela ispunjenih s do 52 cm celulozne izolacije, dok su prozori trostruko ostakljeni. Toplinski premosnici su minimizirani.

Svi elementi kuće mogu biti odvojeni i preseljeni na drugu lokaciju ili mogu biti disponirani (odnosno može ih se riješiti) jednom kad zgradi istekne životni vijek.

Kuća se grije na sustav centralnog grijanja s vodo-zračnom toplinskom crpkom i podnim grijanjem. Vodo-zračna toplinska crpka koristi ambijentalnu energiju vanjskog zraka. Ugrađeni su balansirani mehanički ventilacijski sustavi s povratom topline od 80% i sustav za upravljanje energijom zgrade s touchpadima (dodirnim pločicama). Fotonaponski sustavi na krovu i fasadama proizvode električnu energiju koja je korištena u zgradi, vraćena u mrežu ili

pohranjena u akumulator. Ugrađena su dva velika fotonaponska polja: 98 m2 monokristalnih PV modula na krovu i 73 m2 tankoslojnih modula na fasadi. Akumulator, kapaciteta 40 kWh napravljen je od 7,250 pojedinačnih rabljenih akumulatorskih ćelija nekada korištenih u električnim automobilima.



Slika 11. Efikasna plus kuća s E-mobilnošću u Berlinu [13]

Troškovi kuće su visoki, s 1 080 000 eura za izgradnju i 566 000 za uslužne sustave zgrade.

4. REZULTATI

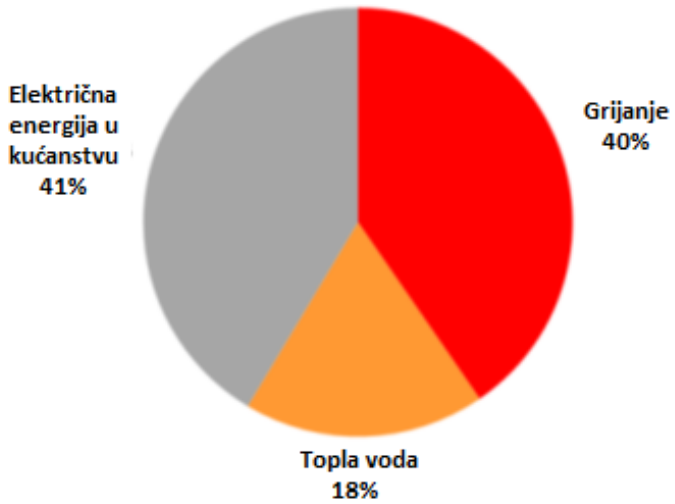
Karakterizacija ovojnice zgrade uključuje opis konstrukcije i postignute U-vrijednosti po komponenti. Primjenom različitih konstrukcijskih materijala u zgradama, postignute su različite vrijednosti koeficijenta prolaska topline. Također, primjenom različitih uslužnih sustava i tehnologija obnovljive energije u zgradama, došlo je do različitih potreba za energijom.

Izmjerene energetske vrijednosti dostupne su za plus zgradu u Berlinu, dok su za zgrade u Hrvatskoj i Austriji dostupne izračunate vrijednosti.

Pasivna kuća Ebner; Austrija

Tablica 3. Postignute U-vrijednosti ovojnice zgrade po komponenti; pasivna kuća Ebner, Austrija

ZID	0.065 W/m²K
PROZOR	0.86 W/m²K
KROV/STROP PREMA TAVANU	0.065 W/m²K
PODRUMSKI STROP/TEMELJNA PLOČA	0.11 W/m²K



Slika 12. Konačna upotreba energije; pasivna kuća Ebner, Austrija [13]

Tablica 4. Konačna upotreba energije

GRIJANJE	16.0 kWh/m²year
TOPLA VODA	7.3 kWh/m²year
HLAĐENJE	0.0 kWh/m²year
VENTILACIJA	uključeno u el.energiju u kućanstvu
RASVJETA	uključeno u el.energiju u kućanstvu
ELEKTRIČNI UREĐAJI (ELEKTRIČNA ENERGIJA U KUĆANSTVU)	16.4 kWh/m²year
UKUPNO	39.7 kWh/m²year

Tablica 5. Upotreba primarne energije/emisija CO_2

UKUPNA PRIMARNA ENERGIJA	85.9 kWh/m².year
UKUPNA EMISIJA CO_2	10.4 kg/m².year

Udio obnovljive energije iznosi oko 48% od ukupne finalne energije.

Stambena zgrada „Šparna hiža" , Hrvatska

Tablica 6. Postignute U-vrijednosti ovojnice zgrade po komponenti; stambena zgrada „Šparna hiža" , Hrvatska

ZID	0.19 W/m²K (betonski zid) – 0.22 W/m²K (zid od cigle); dozvoljeno U_{max} = 0.45 W/m²K
PROZOR	0.99 W/m²K; dozvoljeno U_{max} = 1.80 W/m²K
KROV/STROP PREMA TAVANU	0.10 W/m²K; dozvoljeno U_{max} = 0.30 W/m²K
PODRUMSKI STROP	0.21 W/m²K; dozvoljeno U_{max} = 0.50 W/m²K
TEMELJNA PLOČA	0.13 W/m²K; dozvoljeno U_{max} = 0.50 W/m²K



Slika 13. Konačna upotreba energije; stambena zgrada „Šparna hiža" , Hrvatska [13]

Tablica 7. Konačna upotreba energije; stambena zgrada „Šparna hiža" , Hrvatska

GRIJANJE	14.95 kWh/m²year(~ 10% plinski kotao,90% toplinska crpka)
TOPLA VODA	29.10 kWh/m²year (50% solarna energija)
HLAĐENJE	15.65 kWh/m²year
VENTILACIJA	4.17 kWh/m²year
RASVJETA	1.69 kWh/m²year
UKUPNO	65.56 kWh/m²year
ELEKTRIČNI UREĐAJI (ELEKTRIČNA ENERGIJA U KUĆANSTVU)	21.54 kWh/m²year

Tablica 8. Primarna upotreba energije; stambena zgrada „Šparna hiža" , Hrvatska

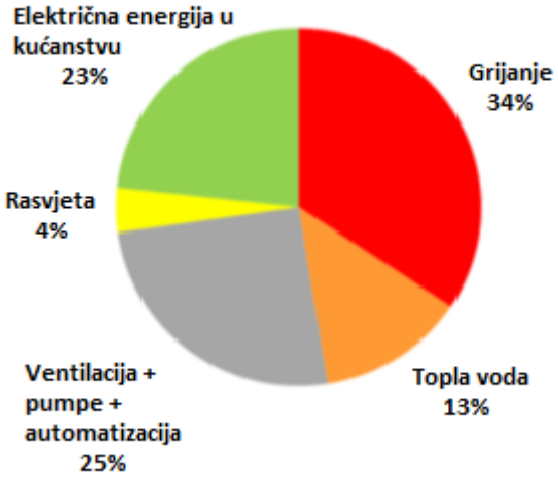
ELEKTRIČNA ENERGIJA	78.95 kWh/m².year	faktor primarne energije: 3
PRIRODNI PLIN	17.65 kWh/m².year	faktor primarne energije: 1.1
UKUPNO	96.30 kWh/m².year	

Udio obnovljive energije je 22% od ukupne konačne energije.

Efikasna plus kuća s E-mobilnošću, Njemačka

Tablica 9. Postignute U-vrijednosti ovojnice zgrade po komponenti; Efikasna plus kuća s E-mobilnošću u Berlinu

ZID	0.11 W/m².K
PROZOR	0.70 W/m².K
KROV/STROP PREMA TAVANU	0.11 W/m².K
PODRUMSKI STROP/TEMELJNA PLOČA	0.11 W/m².K



Slika 14. Konačna upotreba energije; efikasna plus kuća s E-mobilnošću, Njemačka

Tablica 10. Konačna upotreba energije; efikasna plus kuća s E-mobilnošću, Njemačka

GRIJANJE	20.8 kWh/m².year
TOPLA VODA	8.1 kWh/m².year
HLAĐENJE	0.0 kWh/m².year
VENTILACIJA UKLJ. PUMPE I AUTOMATIZACIJU	15.3 kWh/m².year

RASVJETA	2.6 kWh/m².year
ELEKTRIČNI UREĐAJI (ELEKTRIČNA ENERGIJA U KUĆANSTVU)	14.3 kWh/m².year
UKUPNO	61.1 kWh/m².year
E-MOBILNOST	19.6 kWh/m².year
PV ENERGIJA	- 65.6 kWh/m².year
od toga korišteno	- 32.3 kWh/m².year
od toga pohranjeno	- 33.3 kWh/m².year
EL. ENERGIJA IZ MREŽE	28.8 kWh/m².year
VIŠAK EL. ENERGIJE	- 4.5 kWh/m².year

Tablica 11. Primarna upotreba energije; efikasna plus kuća s E-mobilnošću, Njemačka

EL. ENERGIJA IZ MREŽE	69.1 kWh/m².year	faktor primarne energije:2.4
POHRANJENA EL. ENERGIJA	-93.2 kWh/m².year	faktor primarne energije:2.8
UKUPNO	-24.1 kWh/m².year	

5. RASPRAVA

Razlike u nacionalnim propisima o uporabi energije i toplinskoj zaštiti, te razlike u samoj definiciji za zgrade približno nulte energije, čine usporedbu zgrada između država dosta teškom.

Primjeri zgrada opisani u eksperimentalnom dijelu primjenjuju različite tehničke sustave i različite tehnologije obnovljive energije. Zgrade se razlikuju po konstrukciji ovojnice zgrade i po veličinama, a sve te razlike dovode do različitih potreba za energijom.

Prilikom izgradnje kuće u Austriji cilj je bio primjena ekoloških građevinskih materijala kao što su slama, drvo i ilovača. Ostvarene vrijednosti koeficijenta prolaska topline za kuću u Austriji manje su nego kod zgrade u Hrvatskoj, a u pojedinim elementima ostvarene su manje vrijednosti nego kod plus kuće u Njemačkoj. To ukazuje na učinkovitost i efikasnost ekoloških građevinski materijala koji u Hrvatskoj nisu toliko zastupljeni.

U Hrvatskoj su ostvarene manje vrijednosti koeficijenta prolaska topline nego što je to propisano Tehničkim propisom o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama. Udio obnovljive energije koji je 22% od ukupne konačne energije nije dovoljan za ostvarivanje energije približno nulte potrošnje, te je potrebno tražiti poboljšanje s ciljem povećavanja korištenja obnovljivih izvora energije.

Njemačka plus kuća može služiti kao primjer moguće ostvarivosti pozitivne energetske bilance. Za razliku od zgrada u Hrvatskoj i Austriji, pasivna kuća u Njemačkoj primjenjuje fotonaponske module na krovu i fasadi, a višak dobivene energije jednim dijelom se pohranjuje ili vraća natrga u mrežu. Fotonaponski moduli i vodo-zračna toplinska crpka, u sklopu sa ostalim energetskim učinkovitim mjerama, omogućuju pozitivnu energetsku bilancu.

6. ZAKLJUČAK

Radom su opisane zgrade približno nulte energije u skladu s Direktivom o energetskoj učinkovitosti zgrada. Opisano je određivanje primarne energije kao pokazatelja energetske učinkovitosti i definirano je koji bi energetski tokovi trebali biti uključeni u izračun. Kako je za postizanje zgrade približno nulte energije nužno svesti korištenje energije u zgradama na najmanju moguću razinu, dan je kratak opis energetski učinkovitih mjere, te opis nekih tehnologija za primjenu obnovljive energije.

Vidljiva je razlika u ambiciji pri postavljanju definicije zgrade približno nulte energije između zemalja članica Europske unije. Do razlike dolazi u udjelu obnovljive energije koji bi trebao biti ostvaren u zgradama približno nulte energije ali i u iznosu maksimalne primarne energije. Dobiveni rezultati pokazuju da energetske učinkovite mjere na ovojnici zgrade nisu dovoljne za postizanje približno nulte potrošnje, te da je nužno povećavanje udjela obnovljive energije kako bi se ostvario zadani cilj.

7. LITERATURA

[1] EPBD recast (2010), Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast), Official Journal of the European Union, 18/06/2010

[2] Belleri A., Napolitano A., Net ZEB evaluation tool – User guide, November 2012

[3] Kurnitski J., Allard F., Braham D., Goeders G., Heiselberg P., Jagemar L., Kosonen R., Lebrun J., Mazzarella L., Railio J., Seppänen O., Schmidt M., Virta M., How to define nearly net zero energy buildings Nzeb – REHVA proposal for uniformed national implementation of EPBD recast, REHVA Journal, May 2011

[4] Sartori I., Napolitano A., Marszal A. J., Pless S., Torcellini P., Voss K., Criteria for Definition of Net Zero Energy Buildings, In the Proceedings of EuroSun 2010, Gratz, AT

[5] Danny H.W. Li a, Liu Yang b, Joseph C. Lam a : ,,Zero energy buildings and sustainable development implications - A review", **Energy** 2013.; No. 54, str. 1-10

[6] Matić M., Gospodarenje energijom, Školska knjiga, Zagreb, 1995

[7] INGENIEUR-BÜRO MATTHAEI:

http://www.energie-effizient-sparen.de/fachbeitraege/standardhaus-enev-haus-effizienzhaus-passivhaus-null-energie-haus-plus-energie-haus/ (pristup:21.05.2016.)

[8] Zagorec M., Jospiović D., Majer J.:Mjere uštede toplinske energije u zgradama; GRAĐEVINAR 60 (2008.),5,411-420

[9] Buildings Performance Institute Europe (BPIE),PRINCIPLES FOR NEARLY ZERO-ENERGY BUILDINGS: Paving the way for effective implementation of policy requirements:

http://bpie.eu/documents/BPIE/publications/LR_nZEB%20study.pdf (pristup:03.09.2015.)

[10] Buildings Performance Institute Europe (BPIE), NEARLY ZERO ENERGY BUILDINGS DEFINITIONS ACROSS EUROPE:

http://www.nezeh.eu/assets/media/PDF/bpie_factsheetnzeb_definitions_across_europe115.pdf (pristup:03.09.2015.)

[11] MINISTARSTVO GRADITELJSTVA I PROSTORNOGA UREĐENJA, PLAN ZA POVEĆANJE BROJA ZGRADA GOTOVO NULTE ENERGIJE DO 2020. GODINE, prosinac 2014. :

http://www.mgipu.hr/doc/Propisi/PLAN_PBZ_0_energije_do_2020.pdf (pristup: 26.5.2016.)

[12] MINISTARSTVO GRADITELJSTVA I PROSTORNOGA UREĐENJA, TEHNIČKI PROPIS O RACIONALNOJ UPORABI ENERGIJE I TOPLINSKOJ ZAŠTITI U ZGRADAMA, NARODNE NOVINE, 25. STUDENOGA 2015., BROJ 128,14-46

[13] ERHORN H., ERHORN-KLUTTIG H., Selected examples of Nearly Zero-Energy Buildings Detailed Report, September 2014

8. ŽIVOTOPIS

Rođena sam 31. srpnja 1991. u Rijeci. 2006. godine završila sam osnovnu školu Silvija Strahimira Kranjčevića u Senju. Medicinsku školu (smjer: Farmaceutski tehničar) sam pohađala u Rijeci i po završetku 2010. g. upisujem preddiplomski studij na Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije u Zagrebu, smjer Kemijsko inženjerstvo.