

Zelena gradnja

Sinković, Katarina

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:157:500465>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-28**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering - FCERI Repository](#)



image not found or type unknown

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

Katarina Sinković

Zelena gradnja

Završni rad

Rijeka, 2019.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET U RIJECI**

**Preddiplomski sveučilišni studij
građevinarstvo
Građevinske konstrukcije**

**Katarina Sinković
JMBAG: 0114026828**

Zelena gradnja

Završni rad

Rijeka, 2019.

ZAVRŠNI/DIPLOMSKI ZADATAK

(ispunjava mentor, preuzima se u Referadi - mora biti ispisan na memorandumu
Fakulteta)

IZJAVA

Završni rad izradila sam samostalno, u suradnji s mentoricom i uz poštivanje pozitivnih građevinskih propisa i znanstvenih dostignuća iz područja građevinarstva. Građevinski fakultet u Rijeci je nositelj prava intelektualnog vlasništva u odnosu na ovaj rad.

Katarina Sinković

U Rijeci, 16. rujan 2019.

Sažetak

Pojam zelene gradnje ne odnosi se samo na obnovljive izvore energije i gradnju prema tim principima već se pod time smatra i očuvanje prirode i okoliša. Utjecaj ljudi i njihovog odnosa prema prirodi, te utjecaj novih/starih tehnologija u vremenu u kojem priroda ima ograničena sredstva za oporavak, zbog sve izražajnijih oscilacija u temperaturi i problema globalnog zagrijavanja, sve više dobiva pažnju javnosti. Što je zelena gradnja, kako se razvijala kroz povijest, koja su njena zalaganja, ekonomski aspekti i na koje načine svakodnevnim promjenama možemo pridonijeti oporavku prirode, obuhvaćeno je dijelom i ovim završnim radom. Cilj je približiti ideju zelene gradnje javnosti, prikazati načine na koji se može pridonijeti pozitivnim promjenama i potaknuti na razmišljanje o utjecaju ljudi na prirodu.

Ključne riječi: zelena gradnja, održiva gradnja, obnovljivi izvori energije, fizika zgrade, očuvanje okoliša

Abstract

Green building is not only referring to renewable energy sources and her principles; it also includes problems of nature and environment conservation. The way people and new/old technology affects nature, time where nature has limited ways to renew herself, especially when problems are caused by global warming, is gaining more interest in public. What is green building, her history development, principles she stands by, economic aspects and what are ways we can contribute to nature recovery, is partially found in this work. Main goal is to bring the idea of green building closer to people, show different ways we can contribute to positive changes and bring awareness of how humans affect nature - in both positive and negative ways.

Keywords: green building, sustainable building, renewable energy sources, building physics, environmental protection

Sadržaj:

1. UVOD	12
2. ZELENA I ODRŽIVA GRADNJA.....	13
2.1. Povijest zelene i održive gradnje	15
2.1.1. <i>Trombeov zid</i>	20
2.2. Osnovne karakteristike zelene i održive gradnje	22
2.3. Zakonodavni okvir	27
2.3.1. <i>LEED certifikat</i>	32
2.4. Osnovne metode energetske certificiranja zgrada	34
2.4.1. <i>Termografsko snimanje</i>	36
2.5. Osnove fizike zgrade i očuvanja energije	38
2.6. Prostorno planiranje po principima održive gradnje	43
2.7. Ekonomski aspekti	47
2.8. Promjene u Hrvatskoj	51
3. IDEJNI PROJEKT - A+ BOTANIČKI VRT DONJI MIHOLJAC 2018.....	55
4. ZAKLJUČAK.....	59
5. LITERATURA	60

Izvori ilustracija:

Slika 1: Obnovljivi izvori energije (https://www.researchgate.net/figure/3-Renewable-energy-considered-as-alternative-energy-sources_fig3_316605004)

Slika 2: Koliba (<http://deltasquare.blogspot.com/2012/01/covjekov-prvi-dom-dio-2-rane-nastambe.html>)

Slika 3: Početak razvitka akumulacijskog zida (<https://www.hrastovic-inzenjering.hr/primjena-energije/energetski-clanci/zelena-gradnja/item/553-povijest-pasivnih-kuca.html>)

Slika 4: Staklenik ([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Palm_house_\(Schönbrunn\)_1883_PR-picture_of_%27JG_Gridl_Steel_and_bridge_constructors%27,_Vienna.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Palm_house_(Schönbrunn)_1883_PR-picture_of_%27JG_Gridl_Steel_and_bridge_constructors%27,_Vienna.jpg))

Slika 5: Primjer prvih sunčanih kuća (<https://www.hrastovic-inzenjering.hr/primjena-energije/energetski-clanci/zelena-gradnja/item/553-povijest-pasivnih-kuca.html>)

Slika 6: Primjer prvih pasivnih kuća u SAD-u (<https://www.hrastovic-inzenjering.hr/primjena-energije/energetski-clanci/zelena-gradnja/item/553-povijest-pasivnih-kuca.html>)

Slika 7: Solarna kuća, Freiburg, Njemačka (<https://fineartamerica.com/featured/self-sufficient-solar-house-martin-bondscience-photo-library.html?product=greeting-card>)

Slika 8: Trombov zid bez otvora za ventilaciju i ljetne zaštite od topline (https://hr.wikipedia.org/wiki/Trombeov_zid)

Slika 9: Trombov zid s otvorima za ventilaciju na dnu i vrhu zida (https://hr.wikipedia.org/wiki/Trombeov_zid)

Slika 10: Kamena kuća na otoku Ugljanu (<https://www.jutarnji.hr/domidizajn/interijeri/moderno-ruho-kamene-kuce-na-otoku-ugljanu/7405356/>)

Slika 11: Smog, BiH (<https://crna-hronika.info/dok-se-gradjani-sarajeva-tuzle-i-zenice-guse-smog-i-magla-podijelili-strucnjake/22228>)

Slika 12: Energetski razredi stambene zgrade (<http://www.aventin.hr/index.php?m=energetsko-certificiranje>)

Slika 13: Primjer energetskog certifikata zgrade Građevinskog fakulteta u Rijeci (Katarina Sinković)

Slika 14: Obiteljska kuća (Katarina Sinković)

Slika 15: Razine LEED certifikata (<https://www.everbluetraining.com/what-is-lead>)

Slika 16: Poslovni centar Adris grupe, Zagreb (<https://www.kamgrad.hr/portfolio/adris/>)

Slika 17: Prikaz protjecanja energije u prostoru
(<http://www.aventin.hr/index.php?m=energetsko-certificiranje>)

Slika 18: Uređaj za mjerenje protoka tekućina, potrošnje energije i debljine stijenke na cijevima (<http://h2o-projekt.hr>)

Slika 19: Uređaj za mjerenje termografskog snimka (kamera testo 872)
(<https://www.conrad.hr/Termografska-kamera-testo-872-30-do-%2B650-%B0C-320-x-240-piksela-9-Hz.htm?websale8=conrad-hr&pi=1528586>)

Slika 20: Termalna slika zgrade (<http://www.inegra.hr/termografija/>)

Slika 21: Termografska snimka kuta jedne sobe (<http://www.inegra.hr/termografija/>)

Slika 22: Gubici na loše izoliranoj kući (<http://energetskaefikasnost.ba/dobra-izolacija-kuce-i-kvalitetna-pec-su-kljucni/>)

Slika 23: Pravilno postavljanje izolacije (<http://dobarmajstor.ba/mag/Clanak.aspx?id=56>)

Slika 24: Pojave toplinskog mosta u kući (Powerpoint prezentacija, Zgradarstvo i završni radovi, Građevinski fakultet Osijek)

Slika 25: Geometrijski toplinski most (Powerpoint prezentacija, Zgradarstvo i završni radovi, Građevinski fakultet Osijek)

Slika 26: Grafički prikaz proračuna protoka vodene pare kroz termoblok (lijevo) i armirani beton (desno) (Bradić, H. (2013.) Proces projektiranja energetski učinkovitih stambenih obiteljskih zgrada, Građevinar, vol.65, br.8, str.757, preuzet s <http://www.casopis-gradjevinar.hr/arhiva/article/676> (02.07.2019.))

Slika 27: Gljivice izazvane vlagom u prostoru (Katarina Sinković)

Slika 28: Hostelski smještaj za studente, Kampus Varaždin <http://www.tourism-varazdin.hr/smjestaj/hostel-studentski-dom-varazdin/>

Slika 29: Utjecaj položaja Sunca ljeti i zimi na osvjetljenost prostora
<https://www.housesinteriordesigns.com/roof-design-ideas/this-is-pretty-much-exactly-how-we-are-builing-our-retirement-home-in-sc-only-it-will-be-a-little-deeper-but-all-spaced-will-be-completely-open-to-the-windows-in-the-front-creating-bay-like-sections/>

Slika 30: Otvoreni tlocrtni raspored https://www.concepthome.com/house-plans/modern-house-ch292-house-plan/24/10_house_plan_ch292.png/

Slika 31: Položaj prozora i prodor prirodne svjetlosti na stvarnom primjeru

<https://www.lunchboxarchitect.com/featured/casual-house/>

Slika 32: Pravilno postavljenje otvaranja prozora <https://hubpages.com/living/Cross-Ventilation-in-House-designs-for-Natural-Passive-Air-Flow>

Slika 33: Orijentacija zidova s obzirom na strujanje zraka u prostoru

<https://hubpages.com/living/Cross-Ventilation-in-House-designs-for-Natural-Passive-Air-Flow>

Slika 34: Vjetroelektrana u zadarskom zaleđu <http://www.poslovni.hr/hrvatska/u-zadarskom-zaleu-krece-gradnja-vjetroelektrana-u-investiciji-teskoj-80-milijuna-eura-317517>

Slika 35: Razlozi investicija u zelenu gradnju (Turalija S. (2015.) PRINCIPI ZELENE GRADNJE I PRIMJENA JPP MODELA [Powerpoint prezentacija s pripreme i provedbe projekata energetske obnove javnih zgrada po modelu javno – privatnog partnerstva; AIK radionica 25.05.2015.] Hrvatski savijet za zelenu gradnju) http://investcroatia.gov.hr/wp-content/uploads/2015/11/150525_hszg_principi-zelene-gradnje-i-primjena-jpp-modela_aik-radionica.pdf (pristup 25.07.2019.)

Slika 36: Djelovi obiteljske kuće gdje su korišteni različiti elementi ytong blokova <https://lakodokuce.rs/zasto-ytong/sistem-gradnje/>

Slika 37: Primjer energetske certifikata perlice rublja

<https://www.cee.hr/energetski-efikasna-bijela-tehnika-stedi-energiju-novac/>

Slika 38: Mjesto planirane izgradnje LNG-terminala u Omišlju na otoku Krku s pogledom na grad Rijeku <https://www.nacional.hr/krk-projekt-predlozenoga-plutajuceg-lng-terminala-nije-prihvatljiv/>

Slika 39: Plakat Općine Medulin za poticaj ukidanja jednokratne plastike u svakodnevnoj uporabi <https://medulin.hr/reci-ne-jednokratnoj-plastici/>

Slika 40: Motovun film festival srpanj 2019.

<https://www.facebook.com/MotovunFilmFestival/>

Slika 41: Obnovljena fasade zgrade Rijeci (Katarina Sinković)

Slika 42: A+ Botanički vrt Donji Miholjac <https://www.hrastovic-inzenjering.hr/primjena-energije/energetski-projekti/744-botanicki-vrt-donji-miholjac-2018.html>

Slika 43: Unutarnji prostor botaničkog vrta <https://www.hrastovic-inzenjering.hr/primjena-energije/energetski-projekti/744-botanicki-vrt-donji-miholjac-2018.html>

Slika 44: Pogled iz botaničkog vrta <https://www.hrastovic-inzenjering.hr/primjena-energije/energetski-projekti/744-botanicki-vrt-donji-miholjac-2018.html>

Slika 45: Slap u botaničkom vrtu <https://www.hrastovic-inzenjering.hr/primjena-energije/energetski-projekti/744-botanicki-vrt-donji-miholjac-2018.html>

Slika 46: Vanjski dio botaničkog vrta i popratni zabavni sadržaj <https://www.hrastovic-inzenjering.hr/primjena-energije/energetski-projekti/744-botanicki-vrt-donji-miholjac-2018.html>

Slika 47: Pojednostavljeni 3D model botaničkog vrta <https://www.skyscrapercity.com/showthread.php?p=158809310>

Popis tablica:

Tablica 1: Pojašnjenje pojmova zelene gradnje, energetske učinkovitosti i pasivne gradnje (Katarina Sinković, podatci preuzeti s <https://www.webgradnja.hr/strucni-dio/energetski-ucinkovita-gradnja/sto-jest-a-sto-nije-zelena-gradnja-koja-je-razlika-pojmova-energetske-ucinkovitosti-pasivne-i-zelene-gradnje/c-902/>)

Tablica 2: Prednosti zelene gradnje (Katarina Sinković, podatci preuzeti s <https://gradnjakuce.com/pasivna-niskoenergetska-gradnja/zelena-gradnja/>)

Tablica 3: Vrste energetske učinkovite kuće (Katarina Sinković, podatci preuzeti s <https://gradnjakuce.com/pasivna-niskoenergetska-gradnja/vrste-energetski-ucinkovitim-kuca/>)

Tablica 4: Nedostaci pojedinih obnovljivih izvora energije (Katarina Sinković, podatci preuzeti s <https://gradnjakuce.com/pasivna-niskoenergetska-gradnja/obnovljivi-izvori-energije-su-buducnost-i-za-hrvatsku/>)

Tablica 5: Karakteristike energetskih razreda (Katarina Sinković, podatci preuzeti s <https://www.energetskocertificiranje.com.hr/o-cemu-ovisi-energetski-razred-zgrade/>)

Tablica 6: Parametri za proračun toplinskog otpora i toplinske propustljivosti (Torić Malić, N.(2017.) Fizika zgrade (skripta), Građevinski fakultet u Rijeci)

Tablica 7: Odabir konstanti a, b i n za određeno temperaturno područje (Torić Malić, N.(2017.) Fizika zgrade (skripta), Građevinski fakultet u Rijeci)

Tablica 8: Ušteda zelenog objekta naspram svakodnevnog (Katarina Sinković, podatci preuzeti s <https://gradnjakuce.com/pasivna-niskoenergetska-gradnja/zelena-gradnja/>)

Tablica 9: Djelovi idejnog projekta i njegovi izvršitelji (Katarina Sinković, podatci preuzeti s <https://www.hrastovic-inzenjering.hr/primjena-energije/energetski-projekti/744-botanicki-vrt-donji-miholjac-2018.html>)

1. UVOD

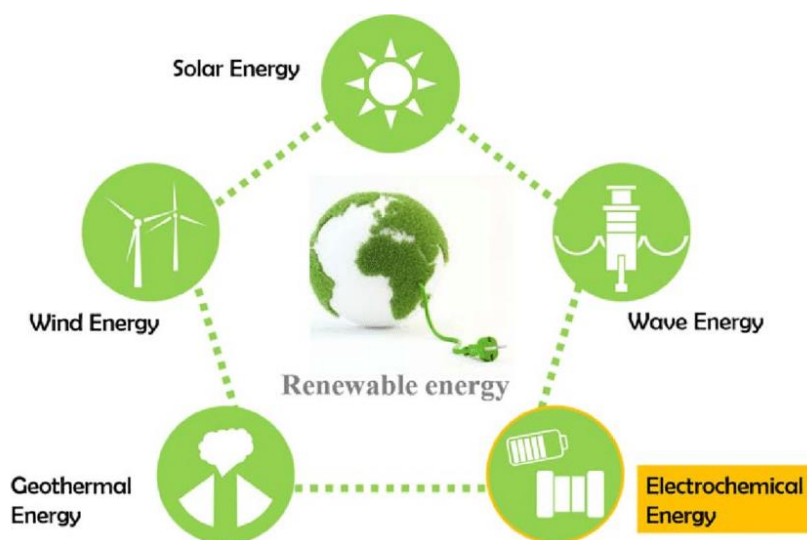
Osviještenost o zagađenom okolišu i globalnom zatopljenju sve više raste, te je bitno da se kroz svakodnevne aktivnosti i svaku djelatnost doprinese rješavanju problema za zajedničko dobro. Oblikom bilo koje vrste gradnje (zgrade, prometnice, elektrane) uništava se dio prirodnog okoliša. Krčenje šuma, narušavanje prirodnih tokova rijeka i prilagođavanje ljudskim potrebama, samo su neki od negativnih utjecaja čiji je uzrok gradnja.

Prethodni čimbenici najčešće su rezultat ubrzane urbanizacije koja je jedan od glavnih problema s kojima se danas susrećemo. Ona sa sobom donosi veći opseg posla u građevinskom sektoru, koji zbog svoje zadaće da se uvijek gradi i razvija, ima direktni utjecaj na okoliš.

Cilj ovog rada je dobiti jasniju sliku o načinu uporabe i funkcioniranja zelene gradnje, njenoj održivosti, te ideju o korištenju obnovljivih izvora energije približiti stanovništvu; podići svijest o utjecaju na okoliš i pružiti uvid u moguće pozitivne promjene.

2. ZELENA I ODRŽIVA GRADNJA

Pojam zelene i održive gradnje u globalu podrazumijeva bolje planiranje i korištenje prostora u kojem živimo, energije kojom raspolažemo, osviještenu uporabu materijala, te ujedno i smanjenje štetnog utjecaja na okoliš [1]. Pod time se misli na uštedu energije, korištenje obnovljivih izvora (slika 1) kao što su vjetar, valovi i sunčeva svjetlost, očuvanje pitke vode, te smanjenje emisije štetnih plinova poput CO₂.



Slika 1: Obnovljivi izvori energije

Obnovljivi izvori energije također se mogu podijeliti u dvije skupine:

1. Tradicionalni izvori obnovljive energije (energija biomase, energija velikih hidroelektrana)
2. Novi izvori obnovljive energije (energija vjetra, Sunca, valova, geotermalna energija i sl.)

Ugljikov dioksid je, zbog svoje rasprostranjenosti u uporabi, jedan od glavnih uzročnika globalnog zatopljenja. Ono sa sobom nosi i druge probleme kao što su povećanje zagađenosti mora i oceana i sve veće nakupine smeća. Među svim što zelena gradnja podrazumijeva, način i kvaliteta življenja također utječu na krajnje rezultate. Ukoliko se problem želi riješiti, važno je da sve djelatnosti u okviru svojih mogućnosti doprinesu sprječavanju napretka tog problema, pa tako i građevinski sektor.

Važno je napomenuti da se danas susreću tri pojma koji se u širem aspektu zalažu se isti cilj [2] ali svaku od njih označuju karakteristike po kojima ih se može razlikovati kako bi se u određenom kontekstu razumijelo o čemu se govori i na što se tema odnosi. Jasnije objašnjenje tih pojmova slijedi u Tablici 1.

Tablica 1: Pojašnjenje pojmova zelene gradnje, energetske učinkovitosti i pasivne gradnje

Energetski učinkovita zgrada	Koristi manje energije nego se očekuje od one sličnih karakteristika i koja se nalazi u istom podneblju. Ovisi o vrsti materijala koji je korišten pri gradnji, vrsti izolacije, sustavu grijanja, hlađenja, ventilacije i odabiru stolarije.
Zelena gradnja	Zgrada koja koristi nove tehnologije te ima utjecaj na očuvanje okoliša. Mora biti energetski učinkovita da bi ispunila zahtjeve prema okolišu. Koncentracija je na udobnosti i zdravlju korisnika, puno prirodnog svjetla, racionalnom korištenju vode, uvođenju recikliranih materijala i smanjenju emisije plinova.
Pasivna gradnja	Zgrada je projektirana na način da se prirodne dobrobiti maksimalno iskoriste. Gleda se da se osnovne potrebe grijanja, hlađenja, rasvjete i sl. osiguraju sa što manjom potrošnjom energije, ako ne i težnja da se ona uopće ne koristi. Sam položaj i orijentacija zgrade bitno utječu na pasivnu kuću jer podneblje u kojem se nalazi i izmjene dana i noći, imaju ulogu u osiguravanju osnovnih potreba. Cilj je da se masovnijom izgradnjom smanji potrošnja energije koja se dobavlja od lokalnih energetskih distributera, mjesečni, a potom i godišnji troškovi potrošača.

2.1. Povijest zelene i održive gradnje

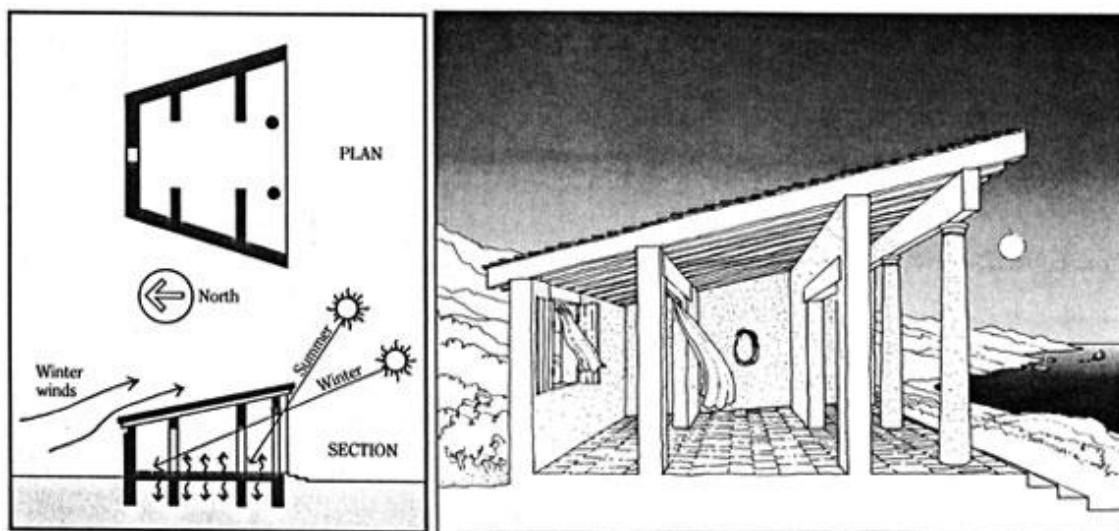
Stambene zgrade najčešći su oblik gradnje s kojim se susrećemo danas ali i kroz povijest. Konstantno stvarajući nove izazove i trendove, ovaj oblik gradnje mijenja se iz godine u godinu. Kroz povijest je napredovao od primitivnih nastambi kao što su kolibe (slika 2), šatori, zidane strukture, sve do suvremenih zgrada koje danas obaraju sve rekorde raspona i visine. Važno je da zgrade koje se grade ostvaruju pojedine ciljeve i namjene. Tako se i kroz povijest vodilo računa o funkcionalnosti, štedljivosti i težnji da se grade oblici i sustavi koji će najviše doprinijeti korisniku, ali i biti ostvarivi u pogledu korištenja prirodnih resursa koji se nude.



Slika 2: Koliba

Prvi početci zelene gradnje potječu iz Grčke [3]. Gradnja tzv. sunčanih kuća bio je početak novog načina razmišljanja i korištenja prirodnih resursa u svrhu boljeg načina življenja. Zbog njenog geografskog položaja, težilo se prirodnom sustavu načina zagrijavanja i hlađenja prostora u kojem se boravilo stvarajući bližu povezanost ljudi i prirode. U tu svrhu koristila se sunčeva energija. Bilo je bitno kako je kuća orijentirana, na koji način će dobiti više prirodnog svjetla tokom dana, koji dijelovi će se brže ugrijati i zadržati toplinu tokom zime, te položaj otvora (prozora i vrata) za prirodno rashlađivanje prostora tokom ljetnih mjeseci.

Jedan od načina korištenja sunčeve energije koji je zavladao u ono doba bio je tzv. akumulacijski zid (slika 3). Ideja je potekla od filozofa Sokrata, a prvotno je nazvana Megaron. Njegova ideja temelji se na propuštanju sunčeve energije kroz zid u prostor u kojem se boravi tako što je sama kuća, trapeznog tlocrta, s akumulacijskim zidom orijentirana prema južnoj strani. Na taj način dobiva se najviše Sunca tokom zime. Toplina se zadržava u zidu tokom dana, ali i otpušta tokom noći te rashlađuje prostor ljeti. Također gradnjom trijema ispred južnog zida, stvara se hlad koji je povoljan ljeti kako ne bi došlo do pregrijavanja akumulacijskog zida, te ujedno i boravišnog prostora.



Slika 3: Početak razvitka akumulacijskog zida

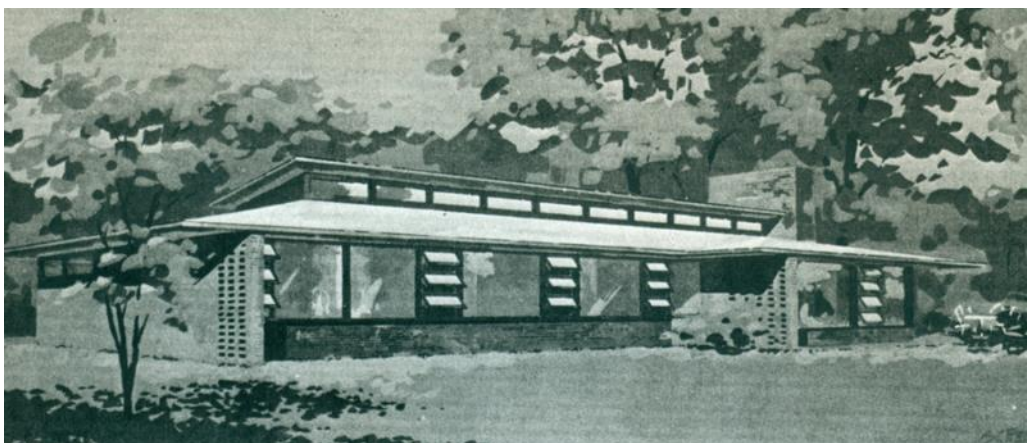
U zemljama kao što su današnji Portugal, Kina i SAD mogla se vidjeti primjena sličnih rješenja. Načini korištenja sunčeve energije ovisili su o podneblju u kojem se živjelo i potrebama koje su postojale.

Kod Grka prozorska okna nisu imala stakla ali je zato svo stanovništvo bilo uključeno u ideju akumulacijskog zida. Rimljani su to promijenili. Oni su potakli princip ostakljivanja prozora koji je poznat pod nazivom sunčana peć (heliocamus). Iako su Rimljani ostakljivanje prozora u kućama ograničili samo za visoko rangirane dužnosnike, ova ideja doprinjela je daljnjem razvoju gradnje i uporabe sunčeve energije. Koristila se i u druge svrhe kao što je gradnja staklenika (slika 4) čija je ideja u 18-om stoljeću zaživjela i u Nizozemskoj, te se koristi i danas.



Slika 4: Staklenik

Uporaba Sunčeve energije tokom vremena je varirala. Zbog prve industrijske revolucije i ratova koji su se u međuvremenu odvijali, korištenje ovog oblika energije nije bilo primarno za daljnji razvoj. U Njemačkoj se za vrijeme Drugog svjetskog rata čak zabranila izgradnja sunčanih kuća (slika 5), a arhitekti koji su pokušali održati taj razvoj bili su prisiljeni migrirati.



Slika 5: Primjer prvih sunčanih kuća

Većina ih je emigrirala u SAD. Među njima je bio i George Fred Keck koji je 1940. projektirao solarnu kuću s većinom otvora na južnom zidu, što za to vrijeme nije bilo uobičajeno. Minimalni otvori na zidovima usmjerenim prema zapadu i istoku omogućili su dodatnu izolaciju dnevnog boravka koji je bio smješten na južnoj strani, dok su se ostale prostorije nalazile u sjevernom krilu. Solarna kuća bila je namijenjena investitoru Howardu Sloanu koji se kasnije i sam upustio u izgradnju istih.

1981. u SAD-u javljaju se pasivne kuće (slika 6) čije su ideje o niskoj energetskej potrošnji bile osnova za današnje pasivne kuće. Na njihovom razvitku radili su William Shurcliff i Shick koji su zbog naftne krize bili inspirirani tražiti nova rješenja. Osnovni problemi o kojima se raspravljalo bili su vlaga, strujanje svježeg zraka, poboljšana izolacija i bolja organizacija unutrašnjeg rasporeda prostorija.



Slika 6: Primjer prvih pasivnih kuća u SAD-u

Na području bivše Jugoslavije koja je također osjetila naftnu krizu, također su se razvijale ideje o niskoenergetskoj kući i drugim načinima dobavljanja energije. Tu ideju stanovništvu su približili Institut Boris Kidrič iz Vinče i organizacija za projektiranje Naš Stan iz Beograda. Dokaz da je bivša Jugoslavia bila ispred svog vremena govori to da se ideje zasnovane u tom razdoblju i danas promoviraju od strane Europske Unije.

U Freiburgu je 1992. izgrađena zgrada (slika 7) koja danas služi za ispitivanja i provjeru novih tehnologija koje imaju potencijala za primjenu pasivnih kuća u gradnji. Sama zgrada

izgrađena je na principu samoodržive kuće i funkcioniira samostalno, bez obzira na druge izvore energije. Krov zgrade sadrži solarne ploče. Na taj se način sunčeva energija akumulira u spremnike vodika, potom skladišti te ovisno o potrebi, koristi u svrhu toplinske i električne energije.

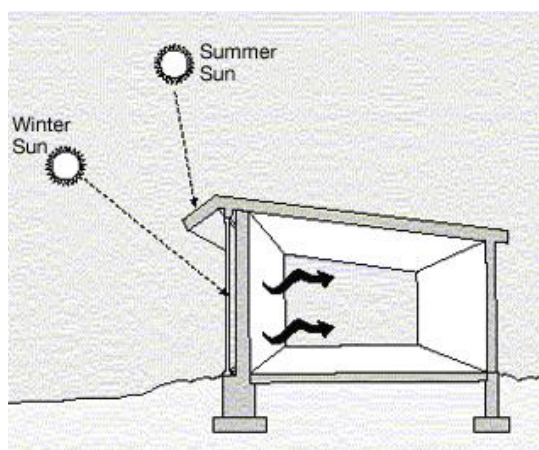


Slika 7: Solarna kuća, Freiburg Njemačka

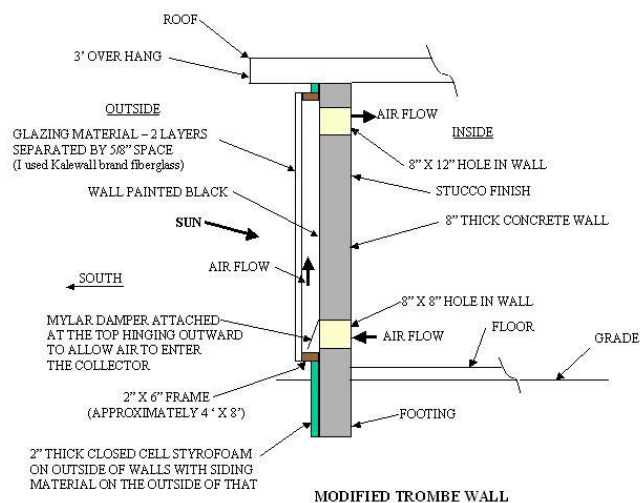
2.1.1. Trombeov zid

Akumulacijski zid danas je poznatiji pod nazivom Trombeov zid [4]. Prvi puta u suvremenijoj izvedbi pojavio se 1965. u Francuskoj. Zid je zamišljen na način da akumulira i apsorbira toplinu, te grije unutarnji prostor time što je orijentiran prema južnoj strani. Izrađuje se od kamena, opeke ili betona i ispred njega, na udaljenosti 2 – 10 cm, postavljeno je staklo. Danas postoje dvije varijante Trombeovog zida koje su se našle u uporabi:

1. Trombeov zid bez otvora za ventilaciju i ljetne zaštite od topline (slika 8)
2. Trombeov zid s otvorima za ventilaciju na dnu i vrhu zida (slika 9)



Slika 8: Trombeov zid bez otvora za ventilaciju i ljetne zaštite od topline



Slika 9: Trombeov zid s otvorima za ventilaciju na dnu i vrhu zida

Trombeov zid funkcionira na način da sunčeva svjetlost pada na staklo ispred njega, zagrijava ga i prenosi toplinu na unutarnju površinu zida. Brzina kojom se ta toplina prenosi na zid ovisi o materijalu koji je korišten za njegovu izgradnju i njegovoj debljini. U nekim slučajevima moglo bi doći do pregrijavanja prostorije, pa se ono sprječava gradnjom toplinske zaštite ispred zida u vidu nekog zastora ili stijenke.

Otvori koji služe da provedu toplinu unutar prostora, ljeti su zatvoreni. Na taj način čuva se udobnost temperature u prostoru. Za vrijeme kada su otvoreni, sunčeva energija se pohranjuje u spremnik, zagrijava zračni kanal i stvara cirkulaciju kroz otvor na vrhu i dnu zida. Iskoristivost zida povećana je ukoliko se tokom noći spusti zaštitna stijenka jer će ona spriječiti gubitak topline. Tako izolirana kuća, koristeći Trombeov zid, rezultira uštedom na grijanju i do 30%.

Kod gradnje Trombeovog zida treba pripaziti na podneblje u kojem se planira koristiti. Naime, kod dužih oblačnih perioda, vanjski zidovi gube toplinu te ovaj oblik uštede energije neće moći dostići sav svoj potencijal.

2.2. Osnovne karakteristike zelene i održive gradnje

Odabirom pravih materijala i smislenijim planiranjem prostora može se postići ušteda u kasnijim mjesecima. Iako je upravo ušteda jedan od primarnih razloga zbog kojeg se odlučuje graditi principima zelene i održive gradnje, nije i jedini. Očuvanje voda, prirode i okoliša usputno doprinose poboljšanju ljudskog zdravlja, a smanjenje korištenja fosilnih goriva i emisija CO₂ samo su još neki pozitivni ishodi za koje se zelena gradnja zalaže.

Potiče se korištenje već svima poznatih tradicionalnih materijala kao što su kamen (slika 10), opeka i drvo; od suvremenijih ytong. Dobro projektiranje i planiranje njihovog korištenja može smanjiti njihovu količinu. Zašto je količina materijala važna? Da bi se materijal transportirao na gradilište u većini slučajeva potreban je i veliki broj vozila. Smanjenjem količine materijala kojeg treba transportirati, smanjuje se broj vozila i time i emisija CO₂.



Slika 10: Kamena kuća na otoku Ugljanu

U konačnici, korištenjem ovih materijala pospješuje se zdravlje ljudi. Što je više moguće, izbjegava se korištenje štetnih materijala za ljudsko zdravlje kao što su azbest. Njegova proizvodnja i uporaba danas su zabranjene u Hrvatskoj kao i u ostatku zemalja Europske unije.

Još jedan način na koji se može uštedjeti je primjena solarnih ploča koje upijaju sunčevu energiju i ovisno o potrebi pretvaraju je u električnu ili toplinsku. Energija biomase i vjetra također pomažu u očuvanju čistoće vode i zraka. Kod masovnije uporabe može se smanjiti utjecaj klimatskih promjena, kiselih kiša i smoga (slika 11) koji je danas veliki problem u svim svjetskim metropolama.



Slika 11: Smog, BiH

Možemo reći da zelena gradnja ima veliki broj prednosti zbog kojih bi trebalo razmotriti opciju gradnje na taj način [5]. U Tablici 2 navedene su prednosti zelene gradnje i dana su kratka objašnjenja.

Tablica 2: Prednosti zelene gradnje

PREDNOSTI ZELENE GRADNJE	
Manja potrošnja vode i energije	Učinkovito se zbrinjavaju otpadne i pitke vode, te se vodi računa o njejoj prekomjernoj potrošnji. Korištenje kišnice za navodnjavanje zelenih površina umjesto pitke vode.
Očuvan krajolik	Raditi na gradnji dodatnih zelenih površina u gradovima kao što su parkovi. Oni su prirodni filter za odvodnju oborinske vode, smanjuju temperaturu velikih gradova i postaju mjesta za osvježanje tokom ljetnih mjeseci. Također voditi brigu o uređenju okoliša nakon završetka gradnje.
Prirodno svjetlo, svježi zrak i dobra izolacija	Prirodno svjetlo smanjuje uporabu onog umjetnog i pridonosi otvorenosti prostora koji postaje povezan s vanjskim okolišem. Stvara udobnost boravka. Korištenje materijala s dobrom toplinskom provodljivošću osigurana je dobra ventilacija i izolacija prostora.
Zajedništvo ljudi	Uključenje stanovnika u uređenje i razvitak zajedničkih javnih površina i poticanje promjena u vlastitim domovima.
Prednost kod prodaje prostora	Građevine u puno slučajeva imaju atraktivne i zanimljive konstrukcije i zajedno sa svim dobrobitima koje ima prema ljudima i okolišu, koje danas postaju sve popularnije, ističu se na tržištu.

Traba napomenuti da postoji više vrsta energetski učinkovitih kuća (Tablica 3) i svaka od njih posjeduje svoje karakteristike. Najveća razlika je u potrošnji energije. Danas su niskooenergetska i pasivna kuća jedne od najpopularnijih kuća koje se odlučuje graditi u svrhu doprinosa zelenoj gradnji.

Tablica 3: Vrste energetski učinkovitih kuća

VRSTE ENERGETSKI UČINKOVITIH KUĆA	POTROŠNJA ENERGIJE NA GODIŠNJOJ RAZINI [kWh/m ²]
1. Niskoenergetska kuća	oko 30 kWh/m ² godišnje
2. Pasivna kuća	do 15 kWh/m ² godišnje
3. Nulenergetska kuća	U potpunosti koristi obnovljive izvore energije.
4. Nezavisna kuća	Samostalna jedinica; u nekim slučajevima nema priključka na vodovodnu mrežu. Obnovljivi izvori samo su jedna stavka iz prirode koja je potrebna za funkcioniranje ovakve kuće.
5. Kuća s viškom energije	Korištenjem obnovljivih izvora energije i uz pomoć raznih generatora, stvara više energije nego što troši.

Karakteristike jedne niskoenergetske kuće mogu se razlikovati u ovisnosti o zemlji u kojoj se gradi. Jedan od primjera je Švicarska gdje je potrošnja energije za grijanje ograničena na 42 kWh/m² godišnje, dok je ona u Hrvatskoj ograničena na 30 kWh/m² godišnje [6]. Ovi rezultati posljedica su različitih podneblja u kojem se zemlje nalaze.

Ukoliko se odlučuje graditi niskoenergetska kuća treba voditi računa o više faktora kao što su veličina kuće, podneblje u kojem se nalazi, materijali koji će se koristiti ne samo u gradnji i izolaciji već i kod ugradnje stolarije, te financijske mogućnosti koje u nekim slučajevima mogu postati ograničavajući faktor.

Iako ova vrsta gradnje ima mnogo prednosti, ovisno o izvoru obnovljive energije koji se koristi, ona ima i svoje nedostatke [7]. Neki od njih navedeni su u Tablici 4.

Tablica 4: Nedostaci pojedinih obnovljivih izvora energije

NEDOSTACI OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE	
Sunčeva energija	Prikuplja se pomoću solarnih kolektora koji su veliki investicijski zahvat. U zamljama s nedovoljno osunčanih sati nisu toliko isplative jer kada nema Sunca, nema ni energije za prikupljanje. Hrvatska nije jedna od njih.
Energija vjetra	Kao i kod sunčeve energije, kada nema vjetra, nema ni energije. Potraban je veliki otvorni prostor za gradnju i skladištenje ove vrste energije. Također, strojevi stvaraju buku.
Energija vode	Gradnja brana čijim se putem dobiva energija vode, narušava ekosustav, te su brane kao građevine same po sebi veoma skupe i potrebne su godine za njihovu izgradnju.
Biomasa	Naspram drugih obnovljivih izvora energije, nema velike koristi od ovog načina uštede. Potrebna je velika količina materijala za spaljivanje, pa većina ljudi pruža otpor zbog osjećaja da se ovim putem stvara veće zagađenje nego ušteda. Način na koji se provodi dobivanje energije mora biti pod velikim nadzorom i tehnologija rada mora biti na visokoj razini.

Može se reći da je zajednički nedostatak svih obnovljivih izvora energije i dalje većinom financijske naravi. Trenutno najpogodnije rješenje za doprinos održivoj i zelenoj gradnji bila bi izgradnja pasivnih i niskoenergetskih kuća.

2.3. Zakonodavni okvir

Kako bi se građevina mogla voditi kao ona koja je građena po principima zelene gradnje ili je prisvojila neke od njenih karakteristika, za to mora imati potrební certifikat. Postupak pregleda i njegov sadržaj razlikuje se ovisno o tome je li ispitivani objekt novogradnja ili već postojeća zgrada.

Postupak pregleda zgrade obuhvaća sljedeće stavke [8]:

1. Pripremne radnje
2. Prikupljanje podataka o zgradi koji su potrebni za određivanje energetske razreda
3. Podatke o potrošnji svih oblika energije unazad tri godine
4. Prijedlog mjera za poboljšanje energetske učinkovitosti zgrade
5. Izvešće i zaključak s objašnjenjem kako provesti mjere za poboljšanje energetske učinkovitosti uključujući i ekonomski aspekt

Certifikat izdaju za to nadležna tijela. U postupku certificiranja koji traje oko dva tjedna, sudjeluje tim stručnjaka iz građevinskog, strojarstva i elektrotehničkog sektora. Popis ovlaštenog osoblja nalazi se na mrežnim stranicama Ministarstva graditeljstva i prostornog uređenja (MGIPU) [9]. Njihova je zadaća pregledati postojeće stanje građevine, te ovisno o tome, klasificirati je u jedan od sedam razreda (slika 12) koji se temelje na godišnjoj potrebi i potrošnji toplinske energije. Oznake slijede niz od A+, koji je najpovoljniji, do G koji je najnepovoljniji razred.



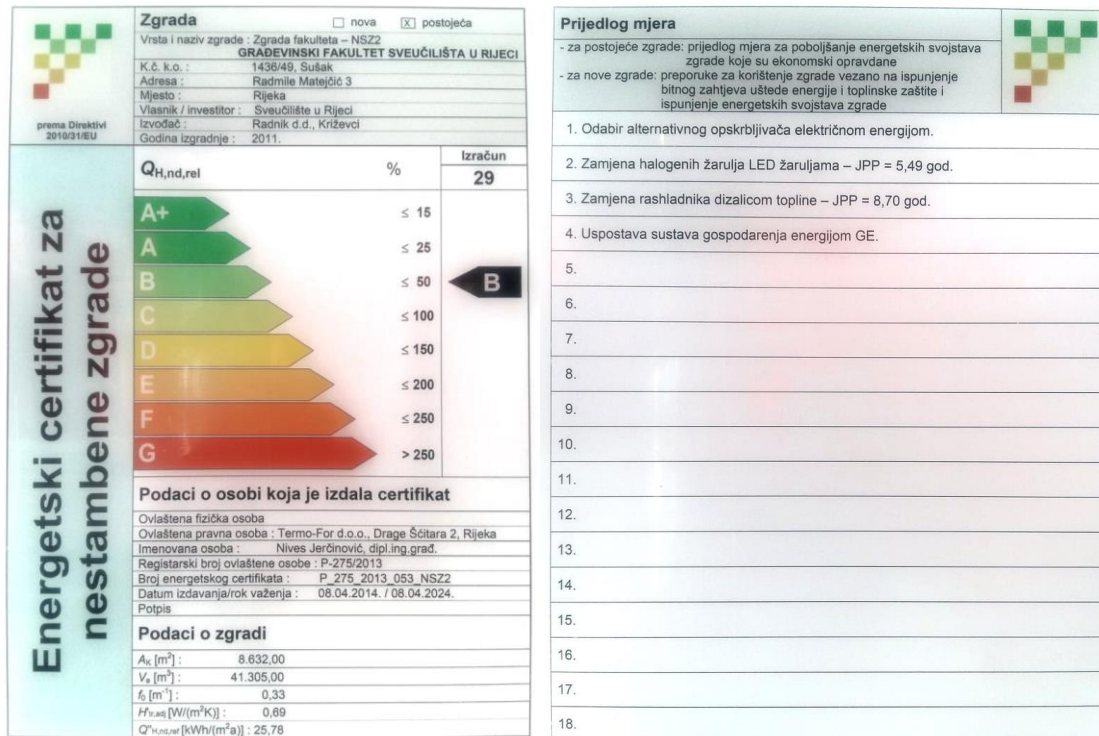
Slika 12: Energetski razredi stambene zgrade

Svaki od navedenih razreda međusobno su podijeljeni u grupe (Tablica 5) od kojih svaka posjeduje određene karakteristike ovisno o tome u kakvom se stanju objekt nalazi prilikom energetskog pregleda [10].

Tablica 5: Karakteristike energetskih razreda

ENERGETSKI RAZREDI	
A+, (A++)	Pasivne kuće. Odlična izolacija, koristi obnovljive izvore energije i u konačnici ima jako malu do nikakvu potrošnju energije.
A	Niskoenergetska zgrada. Vrlo dobra izolacija, koristi obnovljive izvore energije i kvalitetnu stolariju.
B	Zgrada odlično izolirana objektima koji se nalaze u njenoj blizini.
C	Novi stanovi s dobrom izolacijom.
D	Stanovi koji sami po sebi nisu dobro izolirani, ali se nalaze u okruhu dobro izoliranih susjednih stanova. Dobro izolirani stanovi na rubovima zgrade. Izolirane kuće sa svih strana koje imaju ugrađenu PVC stolariju.
E,F	Stanovi u starijim i lošije održavanim zgradama. Kuće sa drvenom ili aluminijskom stolarijom i minimalnom izolacijom.
F,G	Stare kuće bez fasade i izolacije, loše izolirani stanovi.

Na Slici 13 prikazan je primjer jedne stranice certifikata i njen sadržaj. Sam dokument među ostalim sadrži opće informacije o zgradi, ovlaštenoj osobi koja ga je izdala, objašnjenja stručnih pojmova i sl. Razredi su prikazani različitim bojama u obliku strelice, s podatkom o količini potrošnje toplinske energije na godišnjoj razini.



Slika 13: Primjer energetskog certifikata zgrade Građevinskog fakulteta u Rijeci

Količina topline koja je zgradi potrebna ovisi o njoj orijentaciji i položaju u prostoru, materijalu koji je korišten za njenu gradnju, te vrsti izolacije. Također je bitno kako je izvedena izolacija poda i stropa, te broj i kvaliteta stolarije u prostoru koja može znatno utjecati na gubitak toplinske energije. Ukoliko nije kvalitetna, može doći do nepotrebnog gubitka topline koji rezultira većom potrošnjom same energije.

Izdani certifikat vrijedi 10 godina od njegovog izdavanja. On se može zatražiti i ranije ukoliko su se obavljali radovi na zgradi te se smatra da ona nakon izvođenja istih ima bolja svojstva. Cijene energetskih certifikata ovise o objektu za kojeg se izrađuje i njegovoj kvadraturi. Za prosječne stanove ona iznosi približno 3 000 kn, dok već za obiteljske kuće ova cijena može biti i dva do tri puta veća.

Vlasnik objekta dužan je zatražiti izradu energetskega certifikata. Ukoliko se radi o novogradnji, certifikat mora biti izrađen po Pravilniku o energetskim pregledima građevina i energetskom certificiranju zgrada (NN 81/12, 29/13, 78/13). U slučaju da novogradnja nema izrađeni energetski certifikat ne može se izdati uporabna dozvola. Također, ukoliko se pri prodaji stana, poslovnog prostora ili zgrade, ne posjeduje energetski certifikat, za to slijede sankcije u obliku novčanih kazni. One mogu dostići cijenu i do 100.000,00 kn, ovisno o odgovornoj osobi koja ga nije pribavila i prostoru za kojeg se kazna tereti.

Republika Hrvatska kao članica Europske Unije (EU), dužna je ispoštovati uvjete koje ona postavlja. Jedan od njih je i poticanje korištenja obnovljivih izvora energije. Štoviše, po dogovoru bi do 2020-e godine količina ove vrste energije u bruto potrošnji trebala biti minimalno 20%; gledajući na razini Europske Unije [7].

Većinu zgrada u Republici Hrvatskoj čine obiteljske kuće (slika 14). Pošto je većina izgrađena još u 20-om stoljeću, ne mogu se pohvaliti energetskim razredom. Veliki broj ocjenjuje se kao E razred energetske učinkovitosti i imaju potrošnju energije od oko 200 do 250 kWh/m² godišnje [11].



Slika 14: Obiteljska kuća

Kako bi se stanovništvu olakšao prijelaz na korištenje obnovljivih izvora energije, 2014-e sa strane Vlade Republike Hrvatske, Ministarstva graditeljstva i prostornog uređenja i Ministarstva zaštite okoliša i prirode, donesen je Program energetske obnove obiteljskih kuća kojeg vodi Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost. Pomoću ovog programa, postoji mogućnost dobivanja određenih sredstava koja se mogu iskoristiti za unaprijeđenje postojećih kuća i prijelaz na korištenje obnovljivih izvora energije.

Certifikat koji su danas prepoznati u svijetu su DGNB, BREEAM, ISO 14001, HQE i najpoznatiji LEED. Svima je zajednička ideja da se brinu o očuvanju osnovnih vrijednosti iza kojih stoje zelena i održiva gradnja, ali svaki za sebe ima svoje uvjete i kriterije koje propituje i koje zgrada treba ispuniti.

2.3.1. LEED certifikat

Leadership in Energy & Environmental Design, skraćeno LEED, jedan je od najpoznatijih certifikata priznat na svjetskoj razini kojeg je razvio Američki savjet za zelenu gradnju [12]. Može se primijeniti kod novih i postojećih objekata u koje spadaju obiteljske kuće, poslovni prostori, višestabmene zgrade, naselja, interijeri te trgovačke i poslovne zgrade. Provodi se i ispitivanje po principu Core & Shell (ocjenjivanje konstrukcije, ovojnice i glavnih sustava zgrade) [13].

Ovaj sustav proučava sljedeće stavke:

1. Dizajn i konstrukciju zgrade i interijera
2. Upravljanje i održavanje zgrade
3. Razvoj okoliša/susjedstva
4. Lokaciju
5. Raspolaganje vodom
6. Atmosferu i energiju koja se koristi

Postoje četiri razine za koje objekt može biti certificiran (slika 15):

1. Certificiran
2. Srebrni
3. Znatni
4. Platinium



CERTIFIED
40 - 49 POINTS



SILVER
50 - 59 POINTS



GOLD
60 - 79 POINTS



PLATINIUM
80+ POINTS

Slika 15: Razine LEED certifikata

Kako bi objekt mogao dobiti neki od gore navedenih razeda, mora ispuniti određene uvjete, kao što su utjecaj radnih tvari, energetske parametri zgrade, reciklaža otpada, kvaliteta svježeg zraka i ventilacija u prostorima za pušače.

Danas se zgrade koje posjeduju ovaj certifikat smatraju bolje od uobičajenih u pogledu korištenja vode i energije, drže do određenog standarda, ali i korisnici su u konačnici zadovoljniji. Prostor u kojem korisnici takvih zgrada borave kvalitetniji je, pa se npr. u poslovnim zgradama pospješuje produktivnost zaposlenika. U Hrvatskoj je prva zgrada s LEED Gold certifikatom bila poslovni centar Adris grupe u Zagrebu (slika 16) [14].

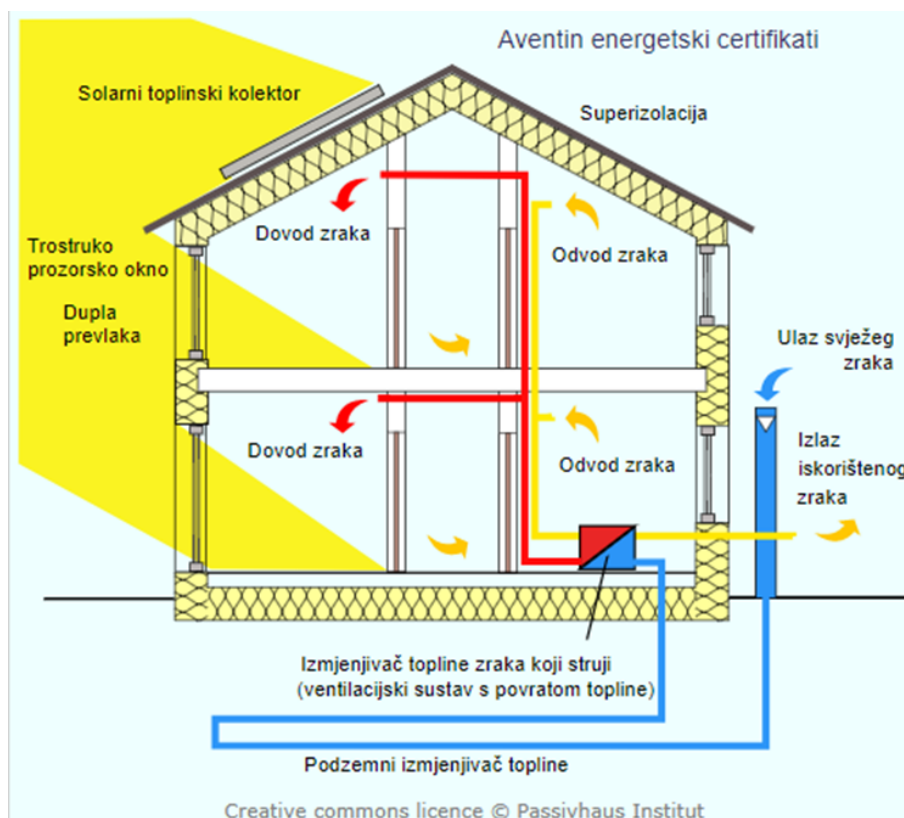


Slika 16: Poslovni centar Adris grupe, Zagreb

2.4. Osnovne metode energetskog certificiranja zgrada

Zgrade koje se grade u novije vrijeme nisu obvezne posjedovati energetski certifikat ali moraju udovaljavati njegovim standardima. Starije zgrade pak moraju proći određenu provjeru kako bi se znalo u kakvom se stanju nalaze i mogu li se predložiti određene pozitivne promjene.

Pregled zgrade za izdavanje energetskog certifikata uključuje brojne analize, a neke od njih su analize sustava grijanja i hlađenja, ventilacije prostora (slika 17), načini upravljanja zgradom, potencijalno prebacivanje na korištenje obnovljivih izvora energije i ekonomski aspekti. Krajnji cilj je poboljšati stanje u loše održanim zgradama i dati uvid u moguće načine uštede.



Slika 17: Prikaz protjecanja energije u prostoru

Provjere sustava grijanja i hlađenja, ventilacije, klimatizacije, rasvjete, gospodarenja energijom, samo su neki postupci koji se provode u svrhu izdavanja certifikata. Da bi se certifikat izdao, provode se razna mjerenja [15] koja daju podatke o stanju objekta. Vrste tih mjerenja su:

- termografsko snimanje
- mjerenje zrakopropusnosti omotača zgrade
- ultrazvučno ispitivanje propusnosti
- mjerenje U-koeficijenta In-situ
- mjerenje površinske i dubinske vlage
- mjerenje protoka tekućina i potrošnje energije (slika 18)



Slika 18: Uređaj za mjerenje protoka tekućina, potrošnje energije i debljine stijenke na cijevima

2.4.1. Termografsko snimanje

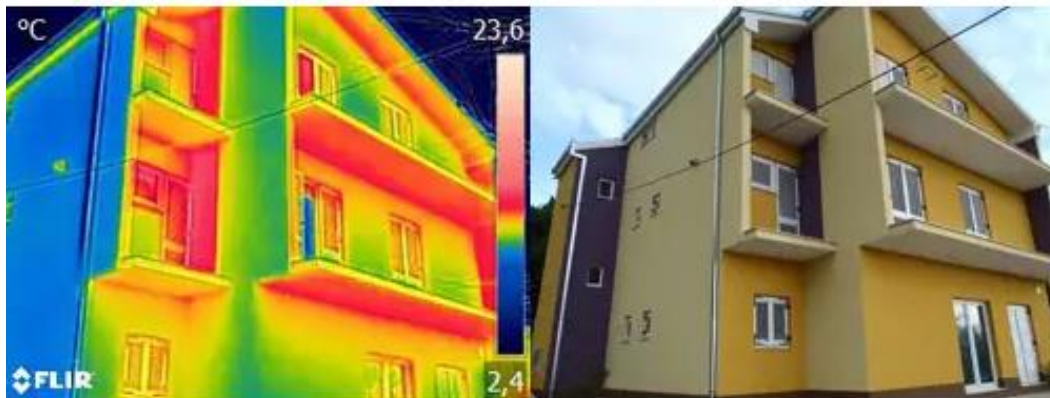
Ova vrsta mjerenja još se naziva i infracrvena termografija (IC zračenje) [16]. Nije obavezna pri provjeri zgrade u svrhu energetske certifikata, ali se preporuča i u puno slučajeva se na kraju ipak izvodi. Također se može kombinirati sa drugim metodama i dati još bolje rezultate. Koristi se još i u području elektrotehnike i strojarstva za otkrivanje oštećenja i propuštanja cijevnih instalacija te prekomjernog zagrijavanja spojeva transformatora u kombinaciji s Blow door testom.

Funkcionira na principu infracrvenog zračenja koji prikazuje temperaturu objekta koji se ispituje. Najčešće se koristi za provjeru stanja u novim zgradama i provjeru nakon sanacije neke zgrade. U toku mjerenja nema direktnog kontakta sa konstrukcijom (slika 19), a mjeri se temperatura na površini zida i njena rasprostranjenost. Ovim mjerenjem detektiraju se oštećenja na fasadi, toplinski mostovi, područja koja sadrže prekomjernu količinu vlage i propuštanja u zračnom omotaču.

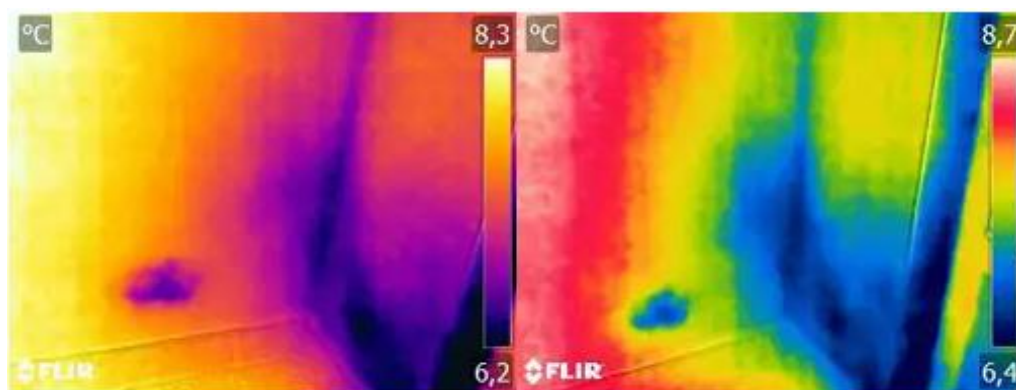


Slika 19: Uređaj za mjerenje termografskog snimka (kamera testo 872)

Rezultat mjerenja (termogram) prikazuje se slikom 20 u različitim bojama od kojih svaka ima svoje značenje. Žarkije crvene i narančaste boje predstavljaju toplija mjesta u konstrukciji i mogu prikazati toplinu koju objekt zadržava, dok hladnije boje poput plave i ljubičaste označavaju hladnija, vlažnija mjesta u konstrukciji. Često se mogu vidjeti termografske snimke kuteva boravišnih prostora (slika 21) koja su već poznata mjesta nakupljanja vlage.



Slika 20: Termalna slika zgrade

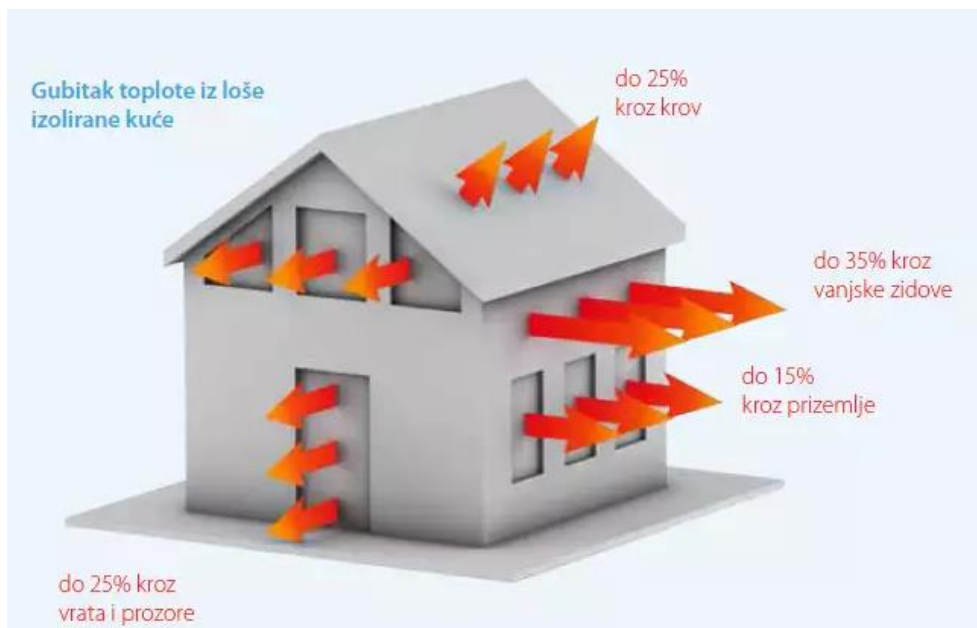


Slika 21: Termografska snimka kuta jedne sobe

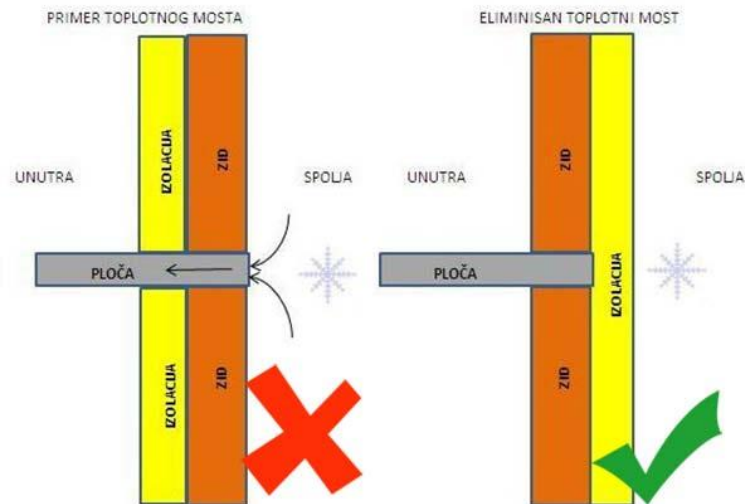
2.5. Osnove fizike zgrade i očuvanja energije

Fizika zgrade je područje građevinske djelatnosti koja se u osnovi bavi proučavanjem i zaštitom zgrade kao cjeline i njenih djelova zasebno [17]. Vodi računa o tome kako toplina, vlaga i buka utječu na samu konstrukciju i pokušava je zaštititi od nepovoljnih utjecaja. Uz to brine se i o udobnosti prostora i zdravlju ljudi.

Zgrade se grade od različitih materijala. Svaki od njih ima svoja svojstva, te nije svaki pogodan za korištenje na svim mjestima u konstrukciji. Neki su pogodniji za izradu krovova, a neki za zidanje zidova. Različiti materijali različito apsorbiraju toplinu ili provode buku kroz konstrukciju. Da ne bi došlo do pretjeranog gubitka energije (slika 22) uvelike je bitan pravilan odabir materijala za izolaciju te mjesto na koje ćemo ga smjestiti (unutarnja ili vanjska strana zida) (slika 23). Pogodno je izolaciju postaviti na vanjsku, hladniju stranu [18].



Slika 22: Gubici na loše izoliranoj kući



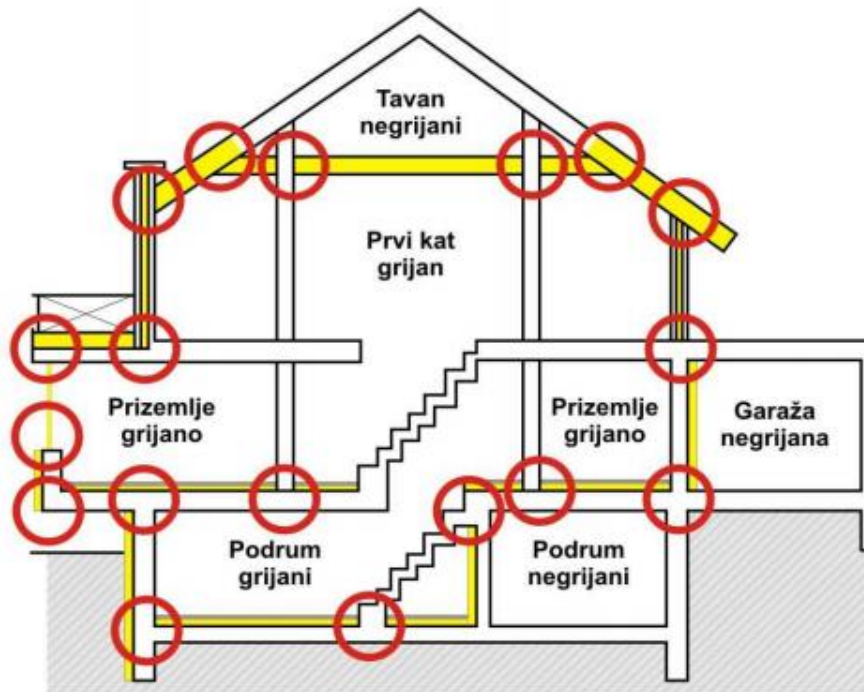
Slika 23: Pravilno postavljanje izolacije

Svojstva konstrukcije koja utječu na toplinsku provodljivost su debljina slojeva, vrsta materijala i, ukoliko se radi o višeslojnom zidu, položaj odabranih materijala odnosno njihov međusobni redoslijed. Parametri koji su potrebni da se proračuna prolaz topline kroz zid objekta dani su u Tablici 6.

Tablica 6: Parametri za proračun toplinskog otpora i koef. prolaska topline [18]

Veličina	Oznaka	Jedinica mjere
Relativna temperatura	θ	$^{\circ}\text{C}$
Apsolutna temperatura	T	K
Toplinski tok	ϕ	$\text{W} = \text{J/s}$
Intenzitet toplinskog toka	q	W/m^2
Koef. toplinske vodljivosti	λ	W/mK
Otpor propuštanju topline	R	$\text{m}^2\text{K/W}$
Koef. toplinske propustljivosti	U	$\text{W/m}^2\text{K}$
Površinski koef. prijelaza topline	h	$\text{W/m}^2\text{K}$
Konvektivni koeficijent	h_c	$\text{W/m}^2\text{K}$
Radijativni koeficijent	h_r	$\text{W/m}^2\text{K}$

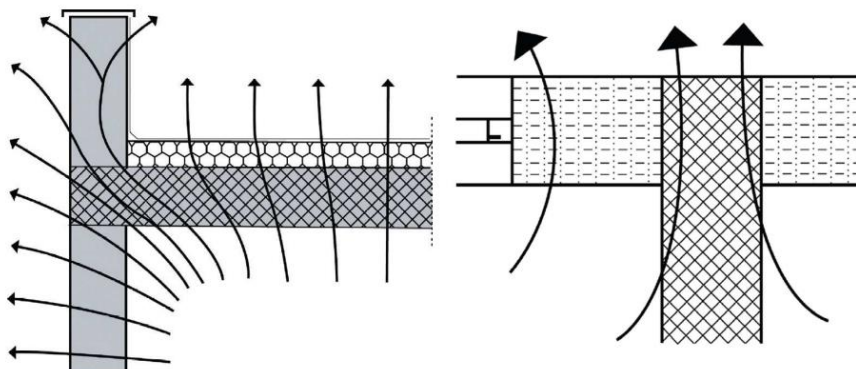
Toplinski mostovi već su poznati i najčešći problem koji se javlja u uglovima zgrade i na mjestima gdje dolazi do promjene materijala u konstrukciji (slika 24). Oni nastaju zbog razlike u temperaturi i prolaza vlage od toplije prema hladnijoj strani konstrukcije.



Slika 24: Pojave toplinskog mosta u kući

Postoje dvije vrste toplinskog mosta:

1. Konstruktivni toplinski most – javljaju se uslijed promjene materijala kod nepravilno postavljene vanjske izolacije
2. Geometrijski toplinski most – javljaju se kod geometrijske promjene u konstrukciji (slika 25)



Slika 25: Geometrijski toplinski most

Kako bi znali pri kojoj temperaturi će doći do kondenzacije potrebno je izvesti proračun po formuli (1) koja je preuzeta iz [18]:

$$\theta_s = \left[\left(\frac{\varphi * p_s}{a} \right)^{\frac{1}{n}} - b \right] * 100 \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (1)$$

gdje je: φ – relativna vlažnost zraka [%]

p_s – pritisak pare u potpuno zasićenom zraku [Pa]

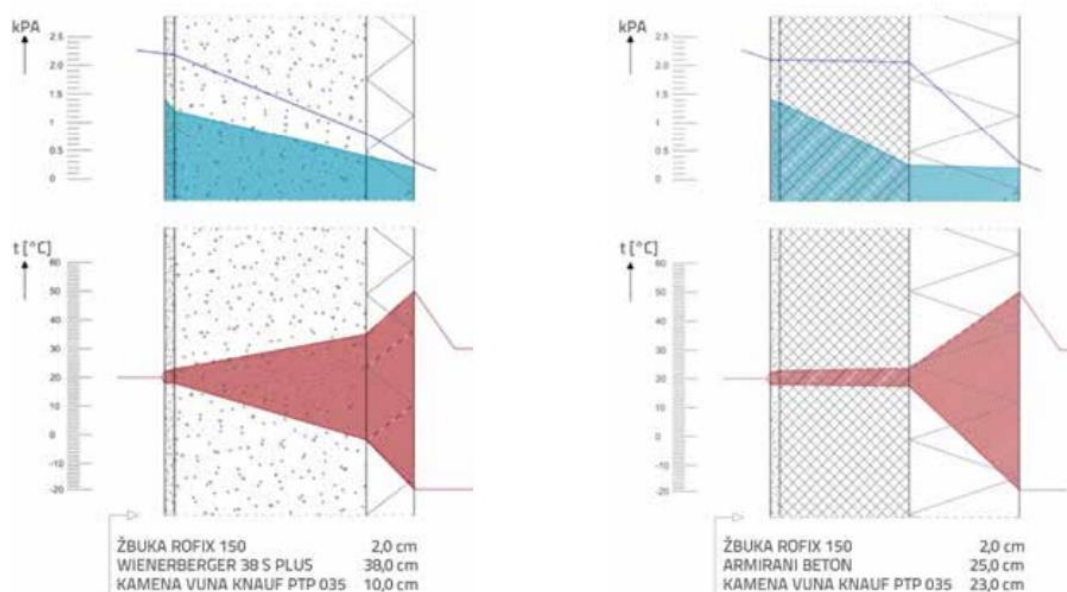
a, b, n – konstante za određeno temperaturno područje

gdje se konstante a, b i n uzimaju prema Tablici 7.

Tablica 7: Odabir konstanti a, b i n za određeno temperaturno područje [18]

KONSTANTA	TEMPERATURNO PODRUČJE	
	$0^\circ\text{C} \leq \theta \leq 30^\circ\text{C}$	$-20^\circ\text{C} \leq \theta \leq 0^\circ\text{C}$
a	288,68	4,689
b	1,098	1,468
n	8,02	12,30

Na slici 26 prikazan je primjer grafičkog proračuna vodene pare kroz konstrukciju.



Slika 26: Grafički prikaz proračuna protoka vodene pare kroz termoblok (lijevo) i armirani beton (desno)

Razlog zbog kojeg je važno znati pri kojoj temperaturi dolazi do kondenzacije, kakva su provodljiva i apsorpcijska svojstva materijala, je taj da prilikom kondenzacije vodene pare dolazi do razvitka gljivica (slika 27) koje narušavaju estetski izgled, ali još važnije, ljudsko zdravlje. Zbog toga je važno pravilno projektirati i odabrati materijale koji se koriste pri izgradnji slojeva konstrukcije.



Slika 27: Gljivice izazvane vlagom u prostoru

2.6. Prostorno planiranje po principima održive gradnje

Kako bi prostor u kojem se boravi bio pogodan za stanovanje, u pogledu samog projektiranja prostora i načina gradnje, potrebno je angažirati stručnjake koji se time bave i izbjeći nepravilnosti koje se mogu desiti [2]. Sporazumom investitora i budućeg korisnika, važno je jasno definirati želje obje strane kako bi se što prije definirali troškovi izgradnje i kasnije uštede. Naknadne izmjene planova vrlo su skupe i ne pogoduju ni jednoj strani koja je uključena u proces izgradnje; otežanom komunikacijom stvara se mogućnost nastanka nepotrebnih troškova i odgode radova.

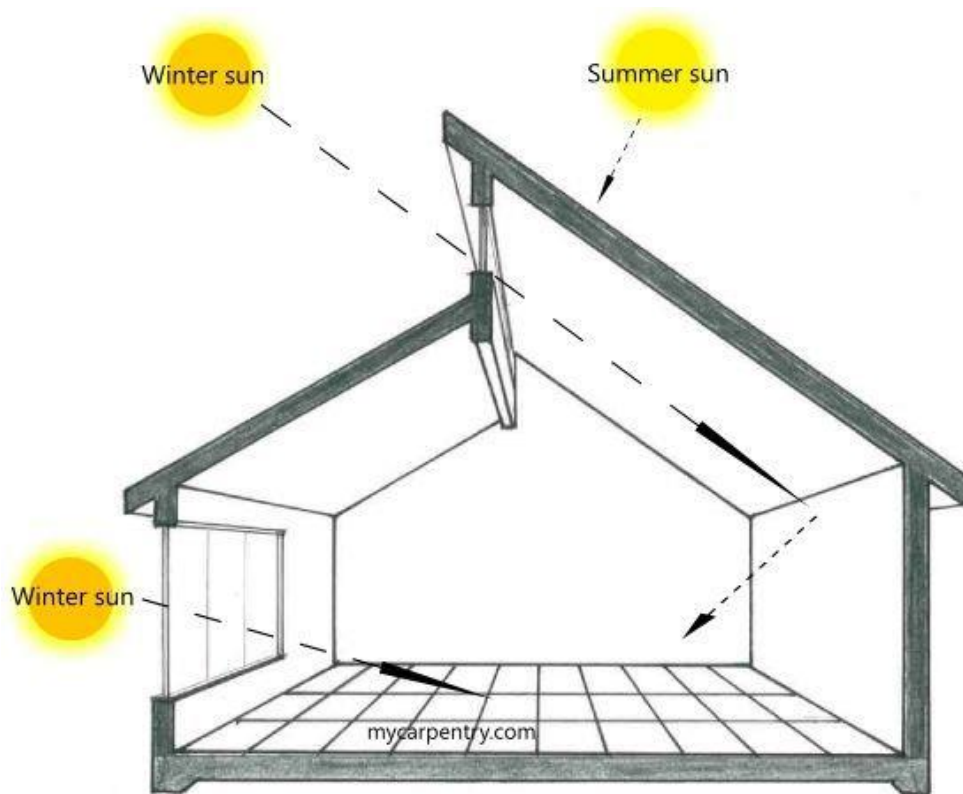
Ovisno o tipu i namjeni građevine, razlikuje se njezin dizajn i prostorni plan. Razlike su vidljive u vanjskim i unutarnjim ovojnicama zgrade; od škola, vrtića, bolnica, hotelskog/hostelskog smještaja (slika 28), sportskih dvorana, poslovnih prostora do sakralnih građevina. Svaki od njih zahtjeva određene uvjete koje valja ispuniti kako bi se omogućilo pravilno funkcioniranje u prostoru. Koncentracija, produktivnost, udobnost i zdravlje ljudi koji u prostoru borave ovise o pojedincu, ali bitno je omogućiti najbolje uvjete za rad npr. u poslovnim prostorima kako bi zaposlenici mogli dati najbolje rezultate. Njihovo zadovoljstvo prostorom na taj način neposredno može utjecati na poslovni uspjeh poduzeća i međuljudske odnose.



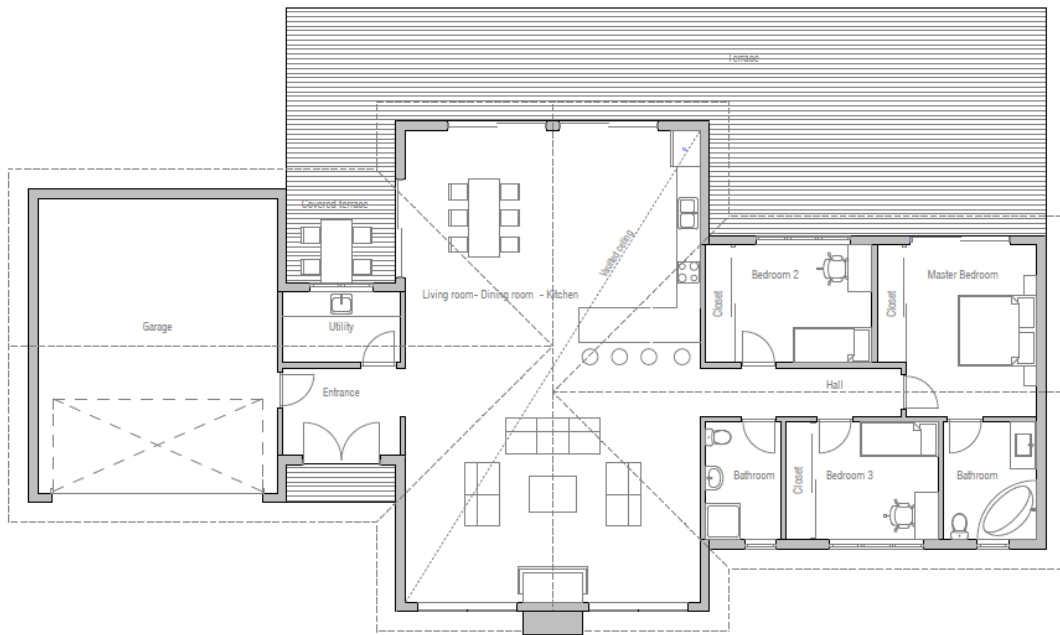
Slika 28: Hostelski smještaj za studente, Kampus Varaždin

Vodeći računa o želji da projektiramo zelenu zgradu, pravilna ventilacija i puno prirodnog svjetla u prostoru, faktori su koji se često zaboravljaju, a imaju veliku ulogu i donose pozitivne promjene samoj zgradi i njenim korisnicima.

Jedan od najbitnijih značajki koji utječe na raspoloženje i volju za rad je prirodno svjetlo. Prostori zatvorenijeg tipa, s manje prozora, nepravilnom rasvjetom i slabom ventilacijom zraka u prostoru, nepovoljno utječu na rad i raspoloženje ljudi koji u njemu borave. Kako bi se problem izbjegao, treba pridati pažnju položaju otvora u prostoru, posebice prozora (slika 29), i tlocrtnoj otvorenosti (slika 30). Prozračni, svjetli i dobro ventilirani prostori (slika 31) olakšavaju cjelodnevni boravak.



Slika 29: Utjecaj položaja Sunca ljeti i zimi na osvjetljenje prostora

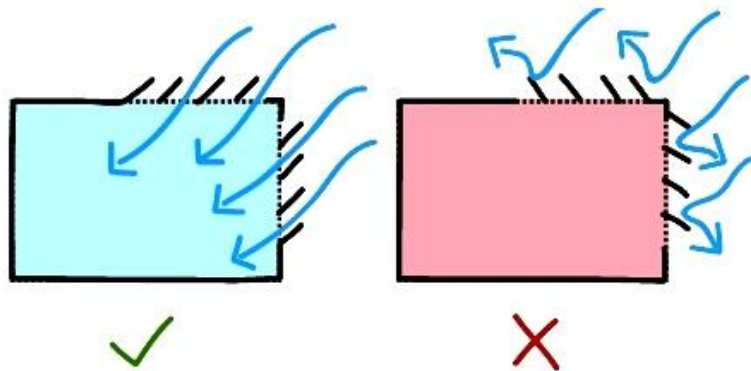


Slika 30: Otvoreni tlocrtni raspored



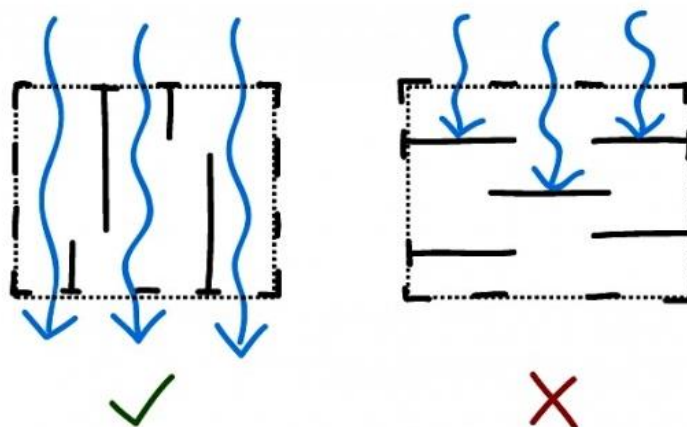
Slika 31: Položaj prozora i prodor prirodne svjetlosti na stvarnom primjeru

Važno je imati puno prirodnog svjetla u prostoru, ali bitna je i orijentacija zgrade i smjer otvaranja stolarije kako bi bila omogućena pravilna ventilacija prostora. Na slici 32 prikazan je način otvaranja prozora s obzirom na puhanje vjetra u određenom podneblju. Lijevo je prikazan pravilan način otvaranja prozora kako bi zrak mogao ventilirati i hladiti prostor, a na desnoj strani krivi način zbog kojeg svjež zrak teže dopire do prostorije, što je posebno važno ljeti kod velikih vrućina.



Slika 32: Pravilan smjer otvaranja prozora (*lijevo – dobro, desno – loše*)

Isto kao i otvori, položaj zidova utječe na ventilaciju u prostoru. Postave li se zidovi paralelno sa smjerom strujanja zraka (slika 33 lijevo) omogućuje se prirodno rashlađivanje i ventilacija prostora, ali ukoliko se zidovi postave okomito na smjer strujanja zraka (slika 33 desno), spriječeno je strujanje zraka u prostoru i povećava se potreba za umjetnim rashladnim tijelima čime raste i potrošnja električne energije.



Slika 33: Orijentacija zidova s obzirom na strujanje zraka u prostoru (*lijevo – dobro, desno – loše*)

2.7. Ekonomski aspekti

Može se slobodno reći da je ekonomski aspekt prva i najveća prepreka zbog koje se odustaje od ove vrste gradnje. No, kako bi pristup zelenoj gradnji bio olakšan manjim korisnicima, postoje financijske potpore koje osigurava Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost [19]. Svi zainteresirani mogu se prijaviti na javni netječaj putem kojeg se dodjeljuju subvencije za lakše pothvate i razvoj u okvirima zelene gradnje.

U procesu planiranja treba pripaziti da ne dođe do porasta troškova održavanja - umjesto njihovog smanjenja. Iako je u početku gradnja jednog zelenog objekta za oko 10% skuplja od klasičnog načina gradnje, krajnji rezultat u uštedi gledan u okviru nekoliko godina, trebao bi biti vidljiv. Primjeri uštede dani su u Tablici 8 [5].

Tablica 8: Ušteda zelenog objekta naspram svakodnevnog

UŠTEDE ZELENOG OBJEKTA
50% manja potrošnja energije
40% manja potrošnja vode
13% niži troškovi održavanja
16% više prodajne cijene
40% manje emisija CO ₂
6% više rente

Danas se kao obnovljivi izvori energije najviše koriste energija Sunca i vjetra (slika 34), ali ovisno o podneblju u kojem se gradi i ekonomskim mogućnostima, koriste se i drugi izvori poput biomase i manjih hidrocentrala [5].



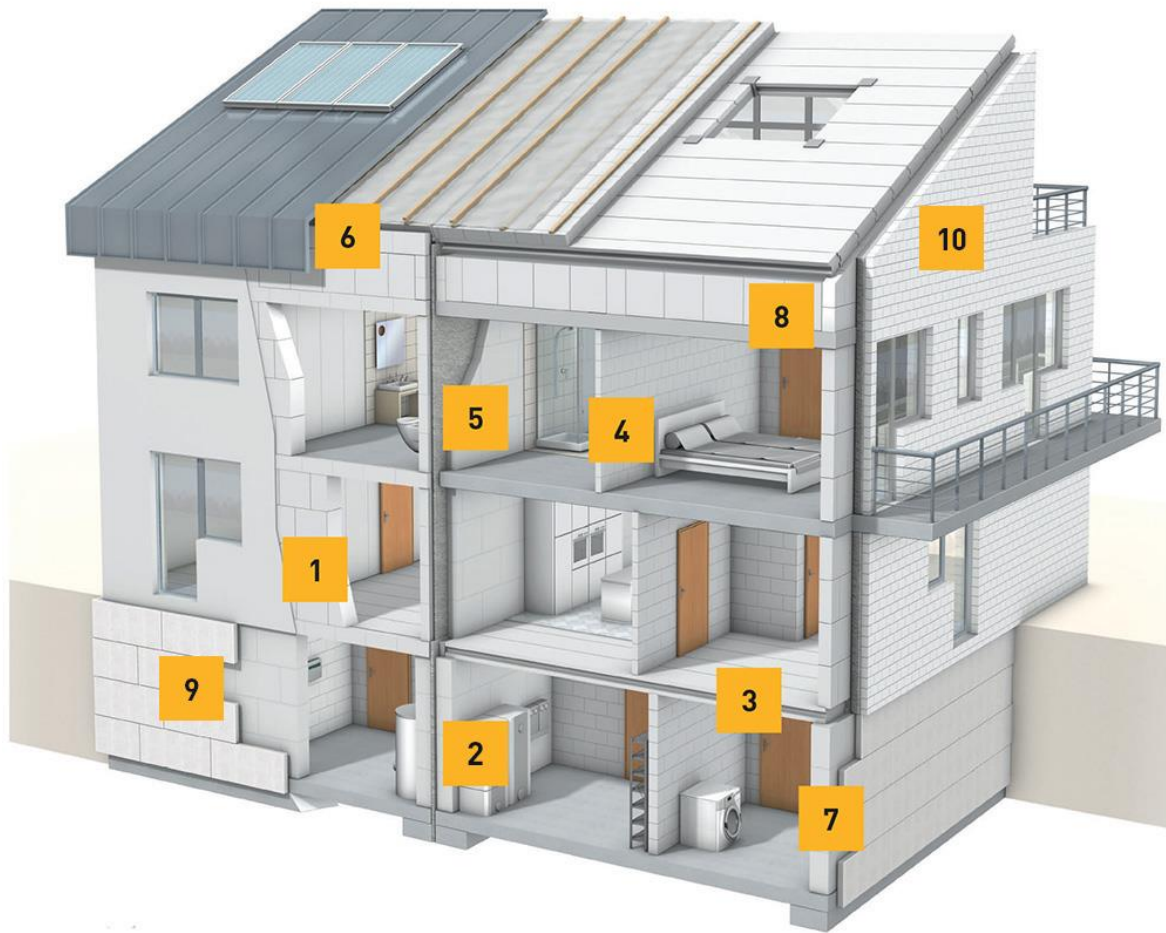
Slika 34: Vjetroelektrana u zadarskom zaleđu

Odluka da se gradi principima zelene gradnje ne utječe samo na investitora (najčešće i budućeg potrošača) koji je važan faktor za početak razvoja ideje, već i na lokalnu samoupravu i šire gospodarstvo, proizvođače raznih dijelova ali i materijala koji se koriste pri gradnji. Na slici 35 prikazani su neki od ekonomskih aspekata zbog kojih bi se investicija u zelenu gradnju trebala uzeti u obzir.



Slika 35: Razlozi investiranja u zelenu gradnju

Iako se najviše koristi pri gradnji obiteljskih kuća, porobeton (slika 36) je sve popularniji materijal koji se zbog svojih karakteristika lakog oblikovanja, dobrih protupožarnih i izolacijskih svojstava, dobrog omjera cijene i kvalitete, te energetske učinkovitosti, danas sve više koristi [20].



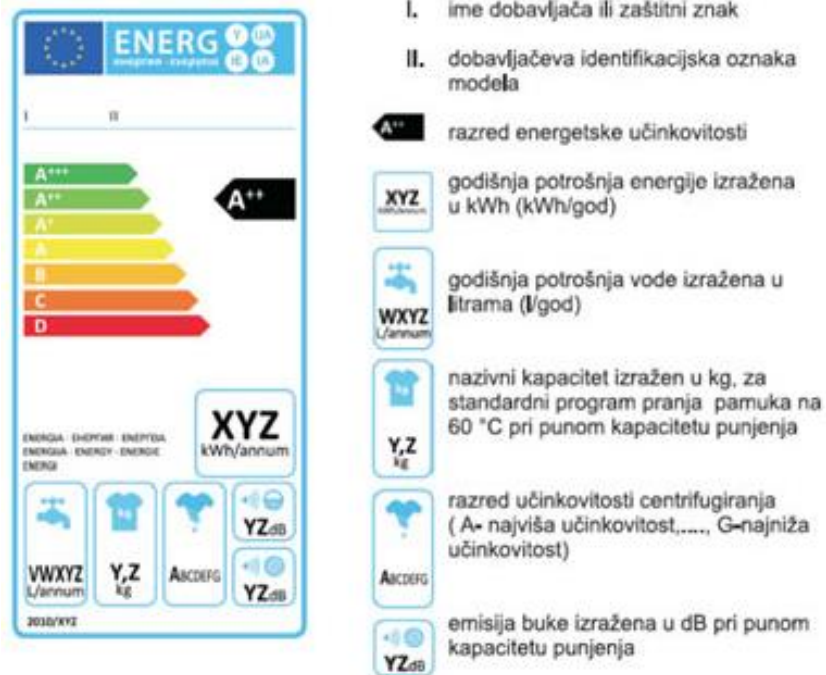
Slika 36: Dijelovi obiteljske kuće gdje su korišteni različiti elementi ytong blokova

Na slici 31 brojevima su označeni različiti tipovi ytong blokova [21]:

1. Ytong termoblok plus za spojni zid
3. Ytong Bela tavanica i Beli krov
4. Ytong pregradni blok
6. Ytong "U" elementi
7. Ytong PB elementi (za vertikalne protupotresne AB serklaže)
8. Ytong „L“ element za horizontalni serklaž
9. Multipor mineralna termalna ploča
10. Silka blok

Cijena jedne obiteljske kuće izgrađena od ytong blokova se, ovisno o etažnosti, drugim materijalima koji se koriste za izgradnju, kvadraturi, te vrsti energetske kuće, može kretati između 50 000 do 270 000 kuna [22].

Također, kućanski uređaji poput perilice rublja (slika 37) i hladnjaka danas imaju certifikat sličan onome kojega dobivaju zgrade. On označava količinu potrošnje energije kućanskog aparata, odnosno njegovu uštedu. Uporabom takvih uređaja također se pridonosi smanjenju potrošene energije i njenoj konačnoj uštedi.



Slika 37: Primjer energetskog certifikata perilice rublja

2.8. Promjene u Hrvatskoj

U Hrvatskoj se pokušava podići svijest o korištenju obnovljivih izvora energije novom Energetskom inicijativom koja je predstavljena na razini Europske Unije. Cilj je da se do 2050-e postigne nulta energija emisijskih plinova, no u drugom pogledu postupci poput poticanja gradnje LNG-terminala u Omišlju na otoku Krku (slika 38), usporavaju takav razvoj [23]. Ovaj slučaj zadobio je veliku pažnju javnosti i pobunu lokalnog stanovništva zbog straha od dodatnog zagađenja mora klorom, koji je potreban za funkcioniranje samog LNG-terminala.



Slika 38: Mjesto planirane izgradnje LNG-terminala u Omišlju na otoku Krku s pogledom na grad Rijeku

Potrebno je naći pravi način kako srednjem staležu približiti obnovljive izvore energije, štednju energije općenito, i pružiti im mogućnost lakog prelaska na njihovo korištenje.

Nadalje, prelazak na obnovljive izvore energije nije jedini način da se postignu pozitivne promjene. U ovu grupu mogu se svrstati reciklaža ambalaže, smanjenje korištenja plastike, gradnja zelenih površina, racionalno korištenje vode i sl. Sve to u konačnici pridonosi očuvanju okoliša.

Tako je općina Medulin prva lokalna samouprava u Republici Hrvatskoj koja je odbila daljnju uporabu jednokratne plastike (slika 39), te se počela zalagati za očuvanje prirode i okoliša putem racionalnog korištenja energije i smanjenje štetnih utjecaja za okoliš [24].



Slika 39: Plakat Općine Medulin za poticaj ukidanja jednokratne plastike u svakodnevnoj uporabi

Sav jednokratni plastični pribor za jelo, čaše, slamke, planira se zamijeniti onim od biorazgradivog materijala poput papira, drva, bambusa ili metalnim priborom koji će se moći koristiti dulji period. Također u uporabi uredskog pribora planira se uvesti reciklirani papir, a pri održavanju higijene prostora planira se uvesti uporaba sredstava za čišćenje na biološkoj bazi.

Ovom odlukom želi se potaknuti građane na racionalnije korištenje energije, smanjenje uporabe plastike u svakodnevnom životu i poslati pozitivan primjer ostalim općinama.

Nadalje, Motovun film festival (slika 40), poznata manifestacija koja svake godine okuplja veliki interes svih uzrasta, u suradnji s Greenpeace Hrvatska, ove godine pokušala je osvjestiti svoje polaznike na očuvanje okoliša i smanjenje korištenja plastike [25]. Naime, srpanj je mjesec u kojem se održava globalni pokret „Plastic free July“ („Srpanj bez plastike“), te je Motovunski film festival dao prijedlog da se umjesto plastičnih čaša, koriste one za višekratnu uporabu. Posjetitelji su ambalažu mogli zadržati kao suvenir ili zatražiti povrat novca pri odlasku s festivala. Ovaj način korištenja ambalaže već je pobliže poznat u drugim europskim metropolama kao što su Beč, i rezultira pozitivnim reakcijama.



Slika 40: Motovun film festival srpanj 2019.

U Republici Hrvatskoj većina stambenih zgrada izgrađena je prije 1987. godine i one troše veliku količinu energije za grijanje; čak oko 200-250 kWh/m² [19]. Tako je 2014. godine sa strane Vlade Republike Hrvatske, u suradnji s Ministarstvom graditeljstva i prostornoga uređenja, uz pomoć sredstava povučenih iz Fonda za zaštitu okoliša i energetku učinkovitost, pokrenut program za energetske obnavljanje višestambenih zgrada. Nakon obnove, planirano je smanjenje troška energije na 50 kWh/m².

U razdoblju od 2018. godine do kraja 2019-e planirana je energetska obnova od oko 600 višestambenih zgrada od čega će se njih 130 obnoviti u gradu Rijeci (slika 41) [26].



Slika 41: Obnovljena fasada zgrade u ulici Šetalište A. K. Miošića, Rijeka

3. IDEJNI PROJEKT - A+ BOTANIČKI VRT DONJI MIHOLJAC 2018

Tvrtka Hrastović Inženjering d.o.o. 2018-e godine predstavila je jedan od mnoštva svojih projekata koji su vođeni idejom zelene gradnje – A+ Botanički vrt Donji Miholjac (slika 42) [27]. Sama tvrtka bavi se projektiranjem objekata čija se baza zasniva na korištenju obnovljivih izvora energije, poput one Sunca i vjetra, te novih tehnologija grijanja, hlađenja i ventilacije koje su povoljnije za okoliš.



Slika 42: A+ Botanički vrt Donji Miholjac

Ovaj idejni projekt sastoji se od arhitektonskog, elektrotehničkog i strojarskog projekta koje potpisuju autori u Tablici 9.

Tablica 9: Djelovi idejnog projekta i njegovi izvršitelji

DIO IDEJNOG PROJEKTA	IZVRŠITELJ
Arhitektonski projekt	Bruno Andrašić, dipl.ing.arh.
	Damir Vrban, dipl.ing.arh.
Elektrotehnički projekt	Darko Rudvald, dipl.ing.el.
Strojarski projekt	Dario Hrastović, dipl.ing.stroj.

Svrha ovog projekta je uzgoj biljaka različitih klimatskih zahtjeva, te popratna knjižnica koja bi svim posjetiocima pružala mogućnost dodatne edukacije o vegetaciji koja se razvija u botaničkom vrtu (slike 43 i 44).



Slika 43: Unutarnji prostor botaničkog vrta



Slika 44: Pogled iz botaničkog vrta

Jedna od značajnijih karakteristika je ugradnja dizalica topline koje se ovisno o potrebi mogu koristiti u svrhu hlađenja i grijanja objekta bez obzira na vanjsku temperaturu zraka; prostor se može grijati i pri temperaturi vanjskog zraka od -20°C (u nekim slučajevima i do

-28°C). Postoje vanjska i unutarnja jedinica preko koje se Sunčeva energija, kao izvor ovog načina grijanja, akumulira iz nižih temperatura tla, vode i zraka, u više temperature koje griju prostor. Odabir izvora iz kojeg će se crpiti energija za pokretanje dizalice ovisi o podneblju u kojem se objekt nalazi. Troškovi izgradnje ovakvog sustava ovise o samom uređaju, proizvođaču, materijalima, te klimatskim uvjetima u kojima dizalica topline mora obavljati svoj zadatak.

Za ovaj primjer također je predviđena i ugradnja rekuperatora - uređaja koji odvaja čestice prašine i peludi, te pročišćavanjem zraka smanjuje mogućnost nastanka gljivica i plijesni što nije pogodno samo za estetski izgled i trajnost konstrukcije, već i za ljudsko zdravlje.

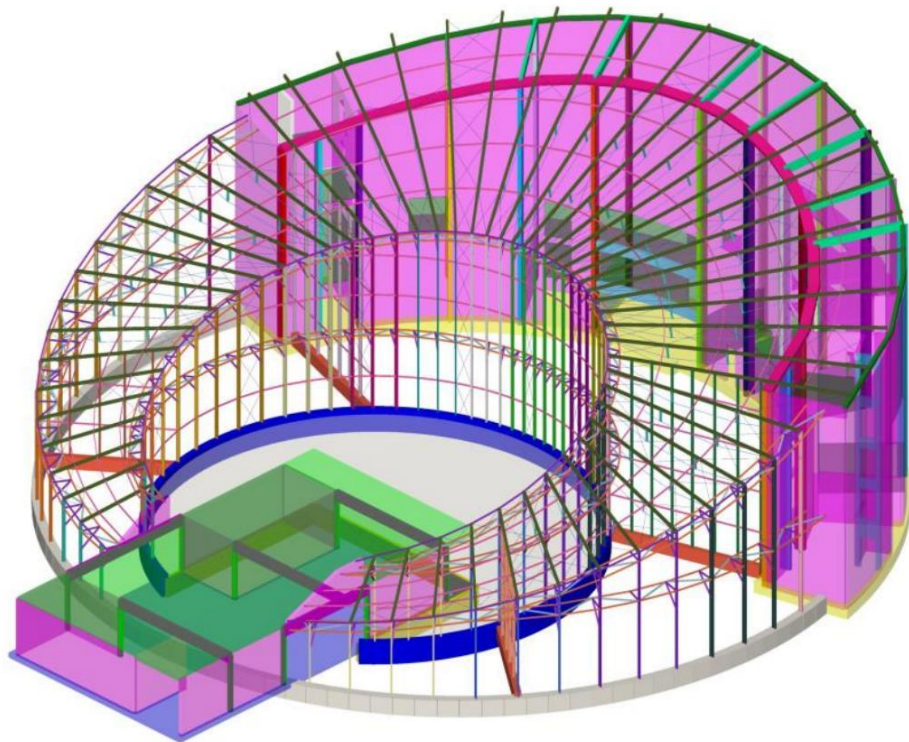
Dijelovi nacrtna dokumentacije idejnog projekta dostupni su na web stranici tvrtke www.hrastovic-inzenjering.hr, a u nastavku poglavlja slijede slike 45, 46 i 47 koje prikazuju ostatak izrađenog modela botaničkog vrta.



Slika 45: Slap u botaničkom vrtu



Slika 46: Vanjski dio botaničkog vrta i popratni zabavni sadržaj



Slika 47: Pojednostavljeni 3D model botaničkog vrta

4. ZAKLJUČAK

Nakon osnovnih informacija o tome što je zelena gradnja, za što se zalaže, te koje su njene prednosti i mane, može se zaključiti da je sam pojam veoma opširan. On se ne odnosi samo na korištenje obnovljivih izvora energije i gradnju prema tim principima već i na odnos ljudi prema prirodi.

U današnje vrijeme nailazimo na sve veće promjene u ekološkom svijetu, najčešće kao rezultat klimatskih promjena, ali i ljudske ne brige i ne pažnje, javljaju se problemi koji više nemaju utjecaj lokalno, već se oni šire na globalnoj razini. Ove godine, više nego je zabilježeno, požari su bili jedna od glavnih tema svih medija; posebice oni na Arktiku, Sibiru i u Amazoni, čije će posljedice biti vidljive globalno.

Da bi na neki način doprinijeli očuvanju okoliša, a ujedno udovoljili i našim potrebama, treba podići svijest o djelovanju ljudskih aktivnosti na sam okoliš. Pozitivni pomaci mogu biti vidljivi ukoliko se djeluje globalno kroz mali niz promjena. Jedan od načina je i kroz samu djelatnost gradnje koja je raširena u cijelom svijetu, gdje su principi rada u suštini isti i imaju isti cilj – graditi, razvijati se i poboljšati situaciju i kvalitetu ne samo stanovanja, već i prometne povezanosti i uređenja okoline, te tehnološkog razvitka.

Kako bi se stanovništvu približila ideja o očuvanju okoliša kroz građevinsku djelatnost, potrebno je omogućiti načine i izvore informacija koji ih mogu uputiti u daljnji razvitak u tom smjeru. Zelena gradnja i korištenje obnovljivih izvora energije samo su jedan od načina na koji, ne samo da se može pridonijeti očuvanju okoliša, već i sam korisnik kroz financijske uštede može ostvariti profit. Iako je početak težak, zahtjeva velika financijska sredstva, te uvijek podneblja koji su bitni za provedbu ovakvog zahvata, krajnji je rezultat pozitivan.

Generacije koje dolaze, sve će se više susretati s problemom odnosa ljudi prema prirodi u građevinskom, ali i u svim drugim sektorima, a na nama je da što prije krenemo stvarati temelj pozitivnih promjena.

5. LITERATURA

- [1] »Wikipedia,« 21 01 2019. [Mrežno]. Available: https://hr.wikipedia.org/wiki/Zelena_gradnja. [Pokušaj pristupa 20 06 2019].
- [2] »webgradnja,« [Mrežno]. Available: <https://www.webgradnja.hr/strucni-dio/energetski-ucinkovita-gradnja/sto-jest-a-sto-nije-zelena-gradnja-koja-je-razlika-pojmova-energetske-ucinkovitosti-pasivne-i-zelene-gradnje/c-902/>. [Pokušaj pristupa 28 07 2019].
- [3] »hrastovic-inzenjering,« 15 05 2013. [Mrežno]. Available: <https://www.hrastovic-inzenjering.hr/primjena-energije/energetski-clanci/zelena-gradnja/item/553-povijest-pasivnih-kuca.html>. [Pokušaj pristupa 21 06 2019].
- [4] »Wikipedia,« 01 03 2019. [Mrežno]. Available: https://hr.wikipedia.org/wiki/Trombeov_zid. [Pokušaj pristupa 21 06 2019].
- [5] »gradnjakuce,« [Mrežno]. Available: <https://gradnjakuce.com/pasivna-niskoenergetska-gradnja/zelena-gradnja/>. [Pokušaj pristupa 21 06 2019].
- [6] »gradnjakuce,« [Mrežno]. Available: <https://gradnjakuce.com/pasivna-niskoenergetska-gradnja/vrste-energetski-ucinkovitih-kuca/>. [Pokušaj pristupa 21 06 2019].
- [7] »gradnjakuce,« [Mrežno]. Available: <https://gradnjakuce.com/pasivna-niskoenergetska-gradnja/obnovljivi-izvori-energije-su-buducnost-i-za-hrvatsku/>. [Pokušaj pristupa 02 07 2019].
- [8] »aventin,« [Mrežno]. Available: <http://www.aventin.hr/index.php?m=energetsko-certificiranje>. [Pokušaj pristupa 21 06 2019].
- [9] »qwadu,« [Mrežno]. Available: <http://qwadu.com/footer-sto-energetski-certifikatg/>. [Pokušaj pristupa 21 06 2019].
- [10] »energetskocertificiranje,« 06 08 2014. [Mrežno]. Available: <https://www.energetskocertificiranje.com.hr/o-cemu-ovisi-energetski-razred-zgrade/>. [Pokušaj pristupa 22 06 2019].
- [11] »gradnjakuce,« [Mrežno]. Available: <https://gradnjakuce.com/pasivna-niskoenergetska-gradnja/>. [Pokušaj pristupa 03 07 2019].
- [12] »gbccroatia,« [Mrežno]. Available: <http://www.gbccroatia.org/stranice/leed-me-unarodno-priznati-certifikat-zelene-gradnje/57.html>. [Pokušaj pristupa 22 06 2019].
- [13] »energetskocertificiranje,« [Mrežno]. Available: <https://www.energetskocertificiranje.com.hr/leed-certifikat-ocjena-odrzivosti-zgrada-naselja/>. [Pokušaj pristupa 22 06 2019].
- [14] D. V. Vilijam Banko, »energetika-net,« 10 10 2013. [Mrežno]. Available: <http://www.energetika-net.com/specijali/projekt-prica/prva-zgrada-u-hrvatskoj-s-certifikatom-leed-17628>. [Pokušaj pristupa 22 06 2019].
- [15] »energonova-zagreb,« [Mrežno]. Available: <http://energonova-zagreb.eu/energetski-pregled-i-certificiranje>. [Pokušaj pristupa 22 06 2019].
- [16] »energonova-zagreb,« [Mrežno]. Available: <http://energonova->

- zagreb.eu/infracrvena_termografija. [Pokušaj pristupa 22 06 2019].
- [17] »tloris,« [Mrežno]. Available: <http://www.tloris.hr/fizika-zgrade/>. [Pokušaj pristupa 02 07 2019].
- [18] N. T. Malić, »Fizika zgrade,« Građevinski fakultet Rijeka, 2017.
- [19] »fzoeu,« [Mrežno]. Available: http://www.fzoeu.hr/hr/energetska_ucinkovitost/enu_u_zgradarstvu/energetska_obnova_visestambenih_zgrada/. [Pokušaj pristupa 29 07 2019].
- [20] »eistria,« [Mrežno]. Available: https://www.eistra.info/novi-grad/ytong_gradnja_asortiman/12593_5_5/1582. [Pokušaj pristupa 29 07 2019].
- [21] »lakodokuce,« [Mrežno]. Available: <https://lakodokuce.rs/zasto-ytong/sistem-gradnje/>. [Pokušaj pristupa 29 07 2019].
- [22] »gradnjakuce,« [Mrežno]. Available: <https://gradnjakuce.com>. [Pokušaj pristupa 28 07 2019].
- [23] N. Domazet, »energetika-net,« 12 07 2019. [Mrežno]. Available: <http://www.energetika-net.com/u-fokusu/komentar-kratki-spoj/kakvu-energetiku-buducnosti-stvaramo-u-hrvatskoj-28874?fbclid=IwAR1w80uTJqS-tobXkgl8SPwH4teHJUTk7ODHPySuruG5gpNyw6pYvkzqUd8>. [Pokušaj pristupa 22 07 2019].
- [24] »ekovjesnik,« 03 06 2019. [Mrežno]. Available: <https://www.ekovjesnik.hr/clanak/1821/u-medulinu-su-odlucno-rekli-ne-plastici?fbclid=IwAR0CArmFrSjtNcJd9ScEpop0uoLjTElchRNIFjhPtAkmyeVjiWvE-fb6LBQ>. [Pokušaj pristupa 22 07 2019].
- [25] »greenpeace,« 15 07 2019. [Mrežno]. Available: <https://www.greenpeace.org/croatia/motovun-festival-bez-jednokratne-plastike/?fbclid=IwAR3KMEcTOZbF0ViAwyvaLEeffG8Ga9AbmiWVt8JwojyL8UR3sE8oMi9Lu-Q>. [Pokušaj pristupa 22 07 2019].
- [26] HINA, »novilist,« 23 05 2018. [Mrežno]. Available: http://www.novilist.hr/Vijesti/Rijeka/Jeste-li-znali-da-se-u-Rijeci-obnavlja-uvjerljivo-najvise-fasada-u-Hrvatskoj-No-postoji-i-veliki-problem?meta_refresh=true. [Pokušaj pristupa 29 07 2019].
- [27] »hrastovic-inzenjering,« [Mrežno]. Available: <https://www.hrastovic-inzenjering.hr/primjena-energije/energetski-projekti/744-botanicki-vrt-donji-miholjac-2018.html>. [Pokušaj pristupa 31 08 2019].