

# Zelene fasade i krovovi

---

**Batur, Domagoj**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka, Faculty of Humanities and Social Sciences / Sveučilište u Rijeci, Filozofski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:231:382825>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-31**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka University Studies, Centers and Services - RICENT Repository](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI  
**Studij politehnike**

Izvanredni diplomski studij politehnike i informatike

Domagoj Batur  
**Zelene fasade i krovovi**  
Diplomski rad

Rijeka, 2021.

SVEUČILIŠTE U RIJECI  
**Studij politehnike**

Izvanredni diplomski studij politehnike i informatike

Domagoj Batur  
**Zelene fasade i krovovi**  
Diplomski rad

Mentor: Izv. prof. dr. sc. Lidija Runko Luttenberger

Rijeka, 2021.

SVEUČILIŠTE U RIJECI  
**Studij politehnike**  
Rijeka, 5.3.2021.

## **Zadatak za diplomski rad**


Pristupnik: Domagoj Batur

Naziv diplomskog rada: Zelene fasade i krovovi

Naziv diplomskog rada na eng. jeziku: Green facades and roofs

Sadržaj zadatka: Opisati koncept zelenih fasada i krovova, analizirati prednosti njihove primjene u zgradarstvu u pogledu klime, mikroklimе, raspoloživosti vode, energetske učinkovitosti, kvalitete življenja, očuvanja ekosustava i utjecaja na infrastrukturu. Predložiti modele implementacije zelenih fasada i krovova u Republici Hrvatskoj.

Mentor: Izv. prof. dr. sc. Lidija Runko Luttenberger



---

(potpis mentora)

Komentor: (ime i prezime)

---

Voditelj za diplomske radove



---

Zadatak preuzet: 8.3.2021.

---

(potpis pristupnika)

## SAŽETAK

Razvoj suvremenog društva osim mnoštva pozitivnih promjena i napretka na mnogim poljima ljudskog života, za posljedicu ima i sve veći negativan utjecaj na okoliš. Kako bi se smanjile i spriječile štete za okoliš, u svim segmentima poslovanja dolazi do implementacije održivog razvoja. Održivi razvoj predstavlja okvir za oblikovanje politika i strategija kontinuiranog socijalnog i gospodarskog napretka, a bez štete za okoliš i prirodne izvore bitne za ljudske djelatnosti u budućnosti. Zelena gradnja jedan je od aspekata održivog razvoja, a odnosi se na cjelovit, holistički proces osmišljanja, izvedbe, održavanja, korištenja, upravljanja i obnove objekata utemeljen na principu održivosti. Pri tom međunarodni certifikati služe kao mjerilo stupnja „zelenosti“ i uzimaju u obzir iznimno velik broj aspekata, od efikasnog iskorištenja građevinskog zemljišta, zbrinjavanja građevinskog otpada, recikliranja materijala, povezanosti sa susjedstvom i dr. Također, certificiranjem se prate način i količina, te efikasnost potrošnje vode, rješenja vezana za krajobraz i ambijent interijera, odabir i način upotrebe ekoloških materijala, emisija stakleničkih plinova iz objekta, energetska učinkovitost, korištenje obnovljivih izvora energije – u cjelini – funkcionalnost objekta tijekom cjelokupnog životnog ciklusa. U radu su opisane karakteristike zelenih krovova i zelenih fasada koji čine sastavni dio zelene gradnje, te njihov utjecaj na društvo. U cilju što boljeg uvida u problematiku teme razjašnjen je pojam ekološke krize i utjecaj zgradarstva na istu koja je danas itekako prisutna. Naglašava se potreba za očuvanjem i upravljanjem prirodnih resursa, restrukturiranja ekonomskih, društvenih i tehničkih odnosa kako bi se zaštitila prirodna i čovjekova okolina za korištenje sadašnjih i budućih naraštaja. Metodičko poglavlje uključuje analizu nastavnog programa srednje strukovne škole vezane uz temu ovog diplomskog rada i pripremu za izvođenje nastave.

**KLJUČNE RIJEČI:** *zeleni krovovi, zelene fasade, zelena gradnja, održivi razvoj, obnovljivi izvori energije*

## **GREEN FAÇADES AND ROOFS**

### **SUMMARY**

The development of modern society, besides bringing about many positive changes and progress in many fields of human life, also results in an increasing negative impact on the environment. In order to reduce and prevent damage to the environment, sustainable development is being implemented in all business sectors. Sustainable development is a framework for shaping policies and strategies for continuous social and economic progress, without harming the environment and natural resources relevant to human activities in the future. Green building is one of the aspects of sustainable development and refers to a complete, holistic process of design, construction, maintenance, use, management, and renovation of buildings based on the principle of sustainability. At the same time, international certificates serve as a measure of the degree of "greenness" and consider various aspects, from efficient use of construction land, construction waste disposal, material recycling, connection with the neighbourhood, etc. Also, certification takes into account the methods, quantity, and efficiency of water consumption, solutions related to the landscape and interior ambience, selection and use of ecological materials, greenhouse gas emissions from the building, energy efficiency, use of renewable energy sources - in general - the functionality of the building throughout its life cycle. This thesis describes the characteristics of green roofs and green facades that constitute an integral part of green construction, and their impact on society, which is divided according to type, construction, advantages, and disadvantages. Also, in order to get a better insight into the issue, the concept of ecological crisis and the impact of buildings thereon, which is ever present today, was clarified. Emphasis is placed on the need to conserve and manage natural resources, restructure economic, social, and technical relations in order to protect the natural and human environment for the needs of present and future generations. Methodological chapter involves an analysis of the curriculum of secondary vocational school related to the topic of this thesis and preparation for teaching.

**KEY WORDS:** green roofs, green façades, sustainable development, renewable energy sources

## SADRŽAJ:

|                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| POPIS SLIKA .....                                                                             | 6  |
| POPIS TABLICA.....                                                                            | 7  |
| 1. UVOD .....                                                                                 | 1  |
| 1.1. Predmet i cilj rada.....                                                                 | 2  |
| 1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja .....                                              | 2  |
| 1.3. Sadržaj i struktura rada .....                                                           | 2  |
| 2. ZGRADARSTVO I EKOLOŠKA KRIZA.....                                                          | 3  |
| 2.1. Zgradarstvo .....                                                                        | 3  |
| 2.2. Ekološka kriza .....                                                                     | 4  |
| 2.3. Utjecaj zgradarstva na ekološku krizu.....                                               | 6  |
| 3. ENERGETSKA UČINKOVITOST.....                                                               | 7  |
| 3.1. Niskoenergetske zgrade .....                                                             | 8  |
| 3.2. Pasivne zgrade .....                                                                     | 8  |
| 3.3. Zgrade s nultom potrošnjom energije.....                                                 | 9  |
| 3.4. Zgrade s viškom proizvedene energije .....                                               | 10 |
| 4. ZELENI KROVOVI .....                                                                       | 11 |
| 4.1. Ekološka arhitektura .....                                                               | 11 |
| 4.2. Vrste zelenih krovova.....                                                               | 11 |
| 4.2.1. Ekstenzivni (opsežni) sustavi.....                                                     | 12 |
| 4.2.2. Poluintenzivan sustav.....                                                             | 12 |
| 4.2.3. Intenzivni sustavi .....                                                               | 13 |
| 4.3. Izvedba zelenih krovova.....                                                             | 13 |
| 4.4. Prednosti zelenih krovova .....                                                          | 16 |
| 4.5. Primjeri zelenih krovova diljem svijeta.....                                             | 18 |
| 5. ZELENE FASADE .....                                                                        | 23 |
| 5.1. Vrste zelenih fasada.....                                                                | 25 |
| 5.2. Prednosti i nedostaci zelenih fasada .....                                               | 27 |
| 6. METODIČKI DIO .....                                                                        | 33 |
| 6.1. Analiza nastavnog programa srednje strukovne škole u sadržaju teme diplomskog rada ..... | 33 |
| 6.2. Priprema za nastavu.....                                                                 | 35 |
| 7. ZAKLJUČAK .....                                                                            | 44 |
| LITERATURA.....                                                                               | 46 |

## POPIS SLIKA

|                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Slika 1. Podjela na četiri stupnja energetske učinkovite gradnje .....                                             | 7  |
| Slika 2. Nisko energetska kuća .....                                                                               | 8  |
| Slika 3. Pasivna kuća.....                                                                                         | 9  |
| Slika 4. Kuća s nultom potrošnjom energije .....                                                                   | 10 |
| Slika 5. Zgrade s viškom proizvedene energije.....                                                                 | 10 |
| Slika 6. Vrsta krovova vezana uz vegetaciju.....                                                                   | 12 |
| Slika 7. Vrsta krovova koja spada u skupinu Opsežni sustav .....                                                   | 12 |
| Slika 8. Vrsta krovova koja spada u skupinu poluintenzivni sustavi .....                                           | 13 |
| Slika 9. Vrsta krova koja spada u skupinu Intenzivni sustav .....                                                  | 13 |
| Slika 10. Suvremeni sastav zelenog krova .....                                                                     | 15 |
| Slika 19. Zapušteno pročelje .....                                                                                 | 23 |
| Slika 20. Zelena fasada koja koristi samonikle biljke ukorijenjene u tlu.....                                      | 24 |
| Slika 21. Sustav Zelene fasade .....                                                                               | 25 |
| Slika 22. Sustavi šipki i kablova s rešetkama kabela koji su instalirani okomito .....                             | 26 |
| Slika 23. Kabelski sustavi koriste priključke na svakom sjecištu vertikalnih kabela i vodoravne šipke.....         | 26 |
| Slika 24. Dvije vrste rešetki na zelenim fasadama, lijevo sustav žica i kabela, desno sustav mreže i rešetki ..... | 27 |
| Slika 25. Primjer zimzelene penjačice bršaljana, American Institute of Architects Portland..                       | 29 |
| Slika 26.. Zelena fasada u Arnhemu, Nizozemska.....                                                                | 30 |
| Slika 27. Prikaz a) konvencionalne zidne fasade i b) zelene fasade .....                                           | 31 |
| Slika 28. Zelena fasada.....                                                                                       | 32 |



## **POPIS TABLICA**

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| Tablica 1. Nastavni sadržaji predmeta „Obnovljivi izvori energije“ ..... | 33 |
|--------------------------------------------------------------------------|----|

## 1. UVOD

Zeleni krovovi i fasade čine važan dio zelene gradnje. Cilj zelene gradnje je primjena ekoloških i energetski prihvatljivih rješenja, što je ujedno i glavna funkcija zelenih krovova i fasada. Principi energetskog funkcioniranja zgrada su jednostavni i poznati već tisućljećima, a tehnologija kojom se u gradnji mogu dodatno iskoristiti prirodni izvori je vrlo raznovrsna, serijska u proizvodnji i dostupna svima. Jedna od glavnih prednosti zelene gradnje te zelenih krovova i fasada je i kratko vrijeme povrata investicije zbog energetske učinkovitosti, nakon čega vlasnik zgrade nastavlja štedjeti ili proizvoditi energiju i na taj način stvara vlastiti dohodak. Dodatna prednost ekološki projektiranih zgrada je prirodna i zdrava klima koja vlada u njima i oko njih. To je izravna posljedica primjene načela energetski učinkovite gradnje i svijesti svih sudionika u gradnji da čine dobro: od investitora, arhitekta, izvođača, prateće industrije, pa sve do krajnjeg korisnika.

Razvoj zelene gradnje potaknule su i ekološke katastrofe koje su postale sastavni dio modernoga društva gdje sam čovjek sudjeluje aktivno ili pasivno, odnosno direktno ili indirektno. Svojim ponašanjem, odnosno svojom aktivnošću ili neaktivnošću, čovjek direktno utječe na svoj okoliš. U početku je čovjek živio u skladu s prirodom, no u novije vrijeme je na prirodu počeo gledati kao na mehanizam kojim se može manipulirati. Ljudi su počeli iskorištavati prirodu do krajnjih granica, ne uzimajući pritom u obzir utjecaj takvog ponašanja ne samo na okoliš nego i buduće generacije. Suvremena ekološka kriza uzrokovana je neodgovornim korištenjem prirodnih resursa, pretjeranom urbanizacijom i industrijalizacijom. Uz spomenuto, ljudsko ponašanje prema prirodi karakterizira i nemar te nedostatak znanja što dovodi do ekoloških katastrofa koje utječu na živote ljudi te održivost razvoja zemalja. Upravo zbog neprimjerenog odnosa čovjeka prema prirodi dolazi do narušavanja ne samo biljnog i životinjskog svijeta, već i samog čovjekovog zdravlja.

Industrijska revolucija je otvorila novu stranicu ljudske povijesti u kojoj se čovječanstvo nosilo s izazovima prirode i preživljavalo njezine prijetnje. Međutim, nekritičnim vrednovanjem modernizacije i znanstveno-tehničke mogućnosti prirodi prijete razaranja, a čovjeku i društvu nemogućnost života i napretka u takvoj prirodi. Pri tome, postoji neujednačenost između razvoja i okoliša, ali ona ne može vječno trajati. Tako su ljudi počeli tražiti druge oblike razvoja koji će uvažavati ravnotežu između prirode (okoliša) i ljudske zajednice. Ljudi su shvatili da treba krenuti novim smjerom razvoja u budućnosti, na temeljima tzv. održivog razvoja.

## **1.1. Predmet i cilj rada**

U ovom diplomskom radu, bit će obrađena tema zelenih krovova i fasada u sklopu predmeta Održivi razvoj. Zeleni krovovi i fasade sastavni su dio zelene gradnje i temeljnih principa i strategija održivog razvoja. Kako bi što detaljnije bili prikazane zeleni krovovi i fasade, njihov utjecaj na društvo biti će podijeljen prema vrsti, konstrukciji, prednostima i nedostacima. Također, u cilju što boljeg uvida u problematiku teme biti će razjašnjen i pojam ekološke krize koja je danas prisutna. Naime, ekološke kriza i njene ekološke posljedice djeluju na cjelokupno društvo te usporavaju njegov razvoj. Stoga je cilj ovog rada prikaz utjecaja zelenih fasada i krovova kao značajnog aspekta održivog razvoja na ekonomiju, blagostanje i standard ljudi te na okoliš. Nadalje, ovim radom ukazuje se na potrebu očuvanja i upravljanja prirodnim resursima, te restrukturiranja ekonomskih, društvenih i tehničkih odnosa, sve kako bi se zaštitila prirodna i čovjekova okolina za potrebe sadašnjih i budućih naraštaja. Također, cilj ovog diplomskog rada je definirati metodičko poglavlje u kojem se prikazuje analiza nastavnog programa srednje strukovne škole vezane uz temu rada te pripremu za izvođenje nastave.

## **1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja**

Za istraživanje ove teme korišteni su sekundarni izvori podataka poput knjiga, statističkih publikacija i članaka iz područja menadžmenta održivog razvoja te ekologije. Za izradu rada kao prikladne metode izabrane su deduktivna, statistička i povijesna metoda vezana uz ekologiju i energetska učinkovitost.

## **1.3. Sadržaj i struktura rada**

Rad se sastoji od sedam poglavlja uključujući uvod i zaključak. Splet okolnosti koji se trenutno događa oko nas, točnije potres i korona virus utjecali su na sadržaj ovog diplomskog rada. Na samome početku rada pojašnjen je pojam zgradarstva i utjecaj istog na ekološke krize te time započinje uvid u teorijski koncept rada. Zatim se definira pojam, energetska učinkovitost, zeleni krovovi i zelene fasade. U središnjem dijelu, izneseni su konkretni primjeri zelenih krovova i fasada u svijetu, Europi te njihove prednosti i nedostaci. U završnom dijelu rada ukazuje se na ekološke posljedice ovakvog načina življenja te upozorenje na danas prisutne klimatske promjene koje predstavljaju opasnost za poremećaje u budućnosti. Metodički dio teme diplomskog rada ukazuje na koji način se obrađena materija može implementirati u obrazovanju u srednjim strukovnim školama.

## 2. ZGRADARSTVO I EKOLOŠKA KRIZA

### 2.1. Zgradarstvo

Dva temeljna građevinska zahtjeva koja bi nužno trebalo zadovoljiti pri gradnji određene građevine su svakako gospodarenje energijom i očuvanje topline te održavanje uporabe obnovljivih izvora energije. Građevine su općenito govoreći, jedan od najvećih potrošača energije. Budući da unutar Europske unije ukupna potrošnja energije postojećih građevina iznosi od 40 – 45%, a uz navedeno još proizvode 30% ukupnog otpada i 20% dostupne vode, bitno je u okvirima zgradarstva uštedjeti energiju poboljšavanjem energetske karakteristika postojećih zgrada kao i novogradnjom zgrada visokoenergetskih svojstava. Postoje različiti akcijski planovi, zakoni i direktive koji uz poticajne mehanizme i stroga pravila pri projektiranju doprinose zaštiti okoliša, a sve kako bi se postigla ušteda energije zgrada uz produljenje njena životnog vijeka [1].

Važno je napomenuti da intenzivna gradnja stambenih zgrada započinje u godinama nakon 2. svjetskog rata kada je stambena kriza predstavljala jedan u nizu problema te je pogađala i razvijene i nerazvijene zemlje. Uz obnovu porušenih gradova i nadoknadu izgubljenog stambenog fonda, trebalo se suočiti i s ubrzanom porastom stanovništva, osobito u velikim gradovima. Iskustva na području socijalne stanogradnje koja su već prvih poratnih godina usvojena u zapadnoeuropskim gradovima, u Jugoslaviji su pronašla širu primjenu tek krajem pedesetih godina.

Danas, 65% ukupnog stambenog fonda u RH čine obiteljske kuće, od kojih je većina izgrađena prije 1987. godine kada je doneseno novo i rigoroznije izdanje postojećeg Propisa pod nazivom HRN U.J.5.600. U njemu su ograničene vrijednosti kao i količina toplinskih gubitaka zgrade vjerojatno iz razloga što je u to vrijeme bilo bitno samo zadovoljiti statiku konstrukcije, dok se s druge strane nije vodilo računa o energetske karakteristika zgrade. Zbog navedenog, kuće građene prije 1987. godine nemaju gotovo nikakvu ili samo minimalnu toplinsku izolaciju i po današnjoj kategorizaciji spadaju pod energetske razred E i lošiji od toga te se u istima troši 70% energije za grijanje, hlađenje i pripremu potrošne tople vode [2].

Nimalo drugačija situacija nije bila ni sa višestambenim zgradama koje su također vrlo slabih energetske svojstava i izgrađene prije 1987. godine. Prevladavale su ostakljene površine, dok se nije obraćala pozornost na rješavanje toplinskih mostova na ovojnici zgrade. Izostankom postavljanja izolacije na ovojnici kuće (zidovi, krov, pod), izostaje i izolacija toplinskih mostova te dolazi do kondenzacije vodene pare što rezultira pojavom gljivica i

plijesni kao i vlage na rubovima zidova koji su bili od armiranog betona uz neprimjerenu toplinsku izolaciju. Posljedica svega je da ovako građene zgrade troše 200-250 kWh/m<sup>2</sup> toplinske energije za grijanje. Dakle, mjerama energetske obnove moguće su znatne uštede u energetskim potrebama takvih višestambenih zgrada i obiteljskih kuća, u nekim slučajevima čak i do 70% u usporedbi sa trenutnim stanjem [2].

Većina zemalja, barem formalno, poštuje načela trajno održivog razvoja, čiji je sastavni dio i zelena gradnja, a traženje međunarodne suradnje u rješavanju globalnih ekoloških problema, kao što je promjena klime, postalo je središnjom brigom svjetske diplomacije. Klimatske promjene su najozbiljniji suvremeni globalni ekološki problem, dok su drugi problemi kao što je biološka raznolikost – krčenje šuma i širenje pustinje, preživljavanje i izumiranje raznih vrsta biljnog i životinjskog svijeta sve izraženiji. Popis ekoloških katastrofa – suše, poplave, isticanja nafte, zemljotresi, nuklearne nesreće, tornada, cunamiji, ratovi su sve učestaliji, jači i većih razmjera. Ljudi žele sve više dobara, vezani su za svoje automobile, vezani su za kulturu odbacivanja stvari, koja su dovela do velikih odlagališta otpada na kojima se gomilaju plastične boce ili sl. Danas i dalje vladaju ekonomski i materijalni prioriteti u odnosu na okoliš. Nažalost, u praksi, obično je važniji ekonomski rast nego zaštita okoliša. Čini se da je trajno održivo društvo još uvijek daleki san [3].

## **2.2. Ekološka kriza**

Ekološki problemi koji se u suvremenom društvu i u znanosti očituju u obliku ekološke krize, poprimili su sveopće svjetske dimenzije kao i značenje. Krajem 60-tih godina okoliš je zauzimao relativno beznačajno mjesto u političkoj agendi, a danas je jedna od najizazovnijih, najspornijih i najvažnijih tema u politici. Kako u politici, tako i u graditeljstvu, odnos prema okolišu postao je jedan od najvažnijih segmenata planiranja gradnje. Do ovakvih promjena došlo je zbog opće zabrinutosti javnosti zbog stanja okoliša.

Edgar Gartner smatra da ekološka kriza ima tri stupnja:

1. ekološki problemi,
2. ugrožavanje ekološkog sustava,
3. stupanj ekološka katastrofa.

Gartner također navodi kako smatra da je onečišćenost i ugroženost ekološkog sustava takva da će ga pratiti izumiranje brojnih biljnih i životinjskih vrsta, odnosno da će prirodni

okoliš postati prijatnija daljem opstanku svim živim bićima. U proteklim desetljećima ne samo da je došlo do ugrožavanja čovjekove okoline, nego je dovedena u pitanje i mogućnost opstanka i razvoja budućnosti [4].

Strateška prijatnija ljudske civilizacije globalnom okolišu dovela je do negativnih trendova svih ekoloških pokazatelja. Tako se ubrzavaju trendovi gubitka šuma, odumiranje vrsta, javljaju se klimatske promjene, a s njima i elementarne nepogode, ponestaje vode, a erozija tla čini sve veće štete. Onečišćenje atmosfere i oceana na globalnoj razini poprima zabrinjavajuće dimenzije, a pad proizvodnje hrane i rast genetski modificirane hrane izazivaju glad i zabrinutost. Sve to ukazuje na neravnotežu koja je nastala između ljudskog razvoja i prirodnog okoliša. Golema glad civilizacije za prirodnim resursima i krhke ravnoteže okoliša dovele su do ekološke krize globalnih razmjera [4].

Najvažniji su uzročnici takvog, globalnog pritiska na okoliš: porast stanovništva i urbanizacija, razvitak niza gospodarskih djelatnosti, osobito poljoprivrede, industrije, prometa, turizma, potrošnja fosilnih goriva, povećanje količine i vrsta otpada, itd. [5].

Danas u razvijenim državama 70-80% stanovništva živi u urbanim sredinama. Procjene ukazuju da će se gradovi i u budućnosti razvijati ubrzano, posebno u državama u razvoju, i to do zastrašujućih dimenzija [6]. Svojom aktivnošću, zadovoljavajući svoje potrebe, čovjek zaboravlja na činjenicu da ugrožava biljne i životinjske vrste, onečišćujući zrak, vodu i tlo, a u konačnici narušava i zdravlje samoga sebe. Čovjek onečišćuje kemikalijama sve važnije etape globalne cirkulacije, a to su padaline, stajaća ili tekuća površinska voda na kopnu, poniruća i podzemna voda, mora i oceani i vodena para. Tvari koje onečišćuju mora i oceane dolaze najvećim dijelom sa kopna gdje godišnja proizvodnja kemikalija iznosi 300 milijuna tona. Rijeke, tako, prenose industrijske kemikalije, otpadne vode iz sela i gradova, poljodjelska gnojiva i pesticide u mora i oceane.

Svako onečišćenje okoliša ima određene, dugotrajne ili kratkotrajne posljedice na okolinu koja ga okružuje. Taj se proces odvija preko određenog medija, a najčešće su to zrak i voda.

Eksplozija broja stanovnika, te bitka za visoki standard, dovode u pitanje ravnotežu na Zemlji i upozoravaju na svu ozbiljnost koja prijete čovječanstvu. U posljednjih 50-ak godina odnos prema okolišu temeljito se promijenio, iako većina ljudi toga nije ni svjesna. Propadanje ekosustava, uništavanje šuma i životinjskog svijeta nastaje pod utjecajem onečišćenja izazvanog od strane ljudi. Ekološke katastrofe imaju utjecaj na ljude i okoliš te

moгу dovesti do dugotrajnih posljedica. Sagorijevanje goriva potrebnog za prijevoz, najviše doprinosi onečišćenju zraka u gradovima, jer sadrže brojne otrovne tvari. Njihov štetan utjecaj odražava se na zdravlje ljudi, ali i klimatske poremećaje putem efekta staklenika i globalnog zagrijavanja.

Primjerice, prema istraživanju objavljenom 2000. godine, 6% smrtnih slučajeva u Francuskoj, Austriji i Švicarskoj, posljedica je udisanja onečišćenog zraka. Otpadne čestice u zraku u gradovima izazivaju oko 8% svih smrti od raka pluća, dušnika i bronha, 5% smrti od srčanih i plućnih bolesti, 3% smrti od dišnih infekcija te 1% od akutne respiratorne infekcije. Druge su studije utvrdile da je stopa smrtnosti veća što je veća razina onečišćenja zraka [8]. Ekološke katastrofe nastale djelovanjem čovjeka, njegovim svjesnim ili nesvjesnim djelovanjem, dovele su do velikih šteta, gubitaka ljudskih života, onečišćenja, a posljedice se danas osjećaju.

### **2.3. Utjecaj zgradarstva na ekološku krizu**

Sektor zgradarstva odgovoran je za preko 40% ukupne potrošnje energije u Hrvatskoj. Također, sektor zgradarstva sadrži najveći potencijal za smanjenje emisija stakleničkih plinova pa se tako uz povećanje energetske efikasnosti pažnja mora posvetiti i primjeni obnovljivih izvora energije te visokoučinkovitim tehnologijama za potrebe grijanja i hlađenja [9].

Ljudi polako shvaćaju problematiku te pojedini počinju primjenjivati stare oblike gradnje kao što su zeleni krovovi i zelene fasade. Ekološka svijest pojedincu usađuje ekološko znanje, vrijednosti i ponašanje koji zajedno pridonose spasu i očuvanju okoliša. Prema Hirschu, ekološka svijest obuhvaća: doživljaj prirode i svijest da nas se priroda tiče, ekološko znanje, ekološki usmjeren sustav vrijednosti, namjere da se ponašamo relevantno po okoliš [9].

### 3. ENERGETSKA UČINKOVITOST

Energetska učinkovitost je zbroj isplaniranih i provedenih mjera čiji je cilj korištenje minimalno moguće količine energije tako da razina udobnosti i stopa proizvodnje ostanu sačuvane [10]. Pojednostavljeno, energetska učinkovitost znači uporabiti manju količinu energije (energenata) za obavljanje istog posla (grijanje ili hlađenje prostora, rasvjetu, proizvodnju raznih proizvoda, pogon vozila, i dr.). U domeni zelenih krovova i fasada, energetska učinkovitost je glavni kriterij pri odabiru strategije i izvedbe.

Pod pojmom energetska učinkovitost podrazumijeva se učinkovita uporaba energije u svim sektorima krajnje potrošnje energije: industriji, prometu, uslužnim djelatnostima, poljoprivredi i u kućanstvima. Kada se radi o gospodarenju energijom, dosadašnja građevinska praksa nimalo se ne razlikuje od ostalih sfera ljudske djelatnosti. Najgore razdoblje u tom smislu bilo je u 60-im i 70-im godinama, kada su nove tehnologije građenja i ekonomski bum zapadnih tržišta rezultirali ogromnom količinom stambenih i poslovnih zgrada koje su građene gotovo bez ikakve svijesti o utjecaju na okoliš. Energetski zahtjevi takvih zgrada su ponekad veći od 400 kWh/m<sup>2</sup> godišnje, dok prosječna godišnja potrošnja energije za grijanje u klasično građanim zgradama iznosi 200 kWh/m<sup>2</sup> (100 kWh = 8,5 litara lož-ulja = 10,8 m<sup>3</sup> plina) [11].

Prelaskom na savjesno gospodarenje energijom, u posljednjih se nekoliko godina stvorila podjela na četiri stupnja energetske učinkovite gradnje (slika 1).

#### Četiri stupnja energetske učinkovite gradnje



Slika 1. Podjela na četiri stupnja energetske učinkovite gradnje

Izvor: <https://gradnjakuce.com/energetski-ucinkovite-kuce/vrste-energetski-ucinkovitih-kuca/> , 15. travanj 2021



### 3.1. Niskoenergetske zgrade

Niskoenergetske zgrade su zgrade koje na godišnjoj razini troše manje od 40 kWh/m<sup>2</sup>. Iako možda na prvi pogled nam ostavlja dojam male potrošnje i izgledati kao veliki napredak u odnosu na postojeće zgrade, njihove karakteristike ne bi smjele zadovoljiti iz dva razloga. Potrošnja nije dovoljno mala da bi uklonila opasnost od daljnjeg velikog utjecaja na globalno zatopljenje. Drugo, danas dostupno znanje, tehnologija daje nam mogućnost gradnje s ostvarivanjem boljih rezultata (slika 2) [11].



*Slika 2. Nisko energetska kuća*

Izvor: <https://www.ecos.ba/2017/11/08/niskoenergetska-kuca/>, 15. travanj 2021.

### 3.2. Pasivne zgrade

Pasivne zgrade obuhvaćaju niskoenergetske zgrade čije su glavne karakteristike visoka energetska učinkovitost, niska toplinska prolaznost ovojnice s posljedično višim kontaktnim temperaturama vanjskih građevinskih elemenata, kontinuirana klima u prostorijama, manja potrošnja energije, niži temperaturni režim za grijanje, odlična zrakonepropusnost, te prozračivanje sustavima za učinkovito rekuperaciju odnosno regeneraciju topline.

Različiti tipovi pasivne gradnje su drvena skeletna i montažna gradnja, sustav gradnje oplatnim blokovima, gradnja opekom, gdje se umjesto žbuke koristi posebno ljepilo, primjena konstrukcijskog sustava porobetona/plinobetona, te klasična gradnja s modularnom opekom.

Pasivne zgrade imaju godišnju potrošnju ispod 15 kWh/m<sup>2</sup>. To je potrošnja koju je moguće ostvariti u svim krajevima naše zemlje, na svim tipovima zgrada, s tehnologijom koja je već danas prisutna u zemlji i čija je cijena unutar pet do petnaest godina isplativosti. Vrijednost gradnje takvih zgrada veća je za do 15% u odnosu na konvencionalne (slika 3)

[11]. Gradnjom pasivnih zgrada čuvamo prirodu. U prilog tome govori podatak da pasivna kuća godišnje ispušta 2 kg CO<sub>2</sub> po metru kvadratnom, dok tradicionalna ispušta čak 30 puta više.



*Slika 3. Pasivna kuća*

Izvor: <https://www.mojenterijer.rs/gradnja/pasivne-kuce-cuvaju-okolinu> , 14. travanj 2021.

### **3.3. Zgrade s nultom potrošnjom energije**

Zgrada gotovo nulte potrošnje energije (0-Energy building) je zgrada vrlo visokih energetske svojstava. Koristi vrlo nisku količinu energije, koja se u značajnoj mjeri dobiva energijom iz obnovljivih izvora uključujući onu koja se proizvodi na samoj zgradi ili u njezinoj blizini [12].

Zgrade nulte potrošnje energije postizu još veću učinkovitost u uštedi energije i predstavljaju blisku budućnost gradnje. Osim velike energetske učinkovitosti konstrukcije neizbježno imaju primijenjeno nekoliko sustava za pasivnu i aktivnu proizvodnju više oblika energije. One moraju same proizvoditi energiju, te biti umrežene s komunalnom zajednicom kako bi višak proizvedene energije mogli s njom izmjenjivati.

Smanjenje emisije CO<sub>2</sub> od čak 80-95% do 2050. godine, prema dugoročnoj viziji za klimatski neutralnu Europu do 2050. godine, jedan je od prioritarnih ciljeva EU koji će se etapno provoditi. U skladu s time, usvojeni su propisi prema kojima sve nove zgrade, u svim državama europske unije izgrađene nakon 2020. godine trebaju udovoljavati uvjetima energetske učinkovitosti što uključuje i nultu potrošnju energije. Španjolska arhitektonska tvrtka EZAR i arhitekt Juan Blázquez demonstrirali su potencijalnu ljepotu takvih dizajna kroz zgradu CSI-IDEA u Malagi, Španjolska (slika 4).



*Slika 4. Kuća s nultom potrošnjom energije*

Izvor: <https://inhabitat.com/lush-green-walls-sandwich-pioneering-net-zero-energy-building-in-spain/> , 14. travanj 2021.

### **3.4. Zgrade s viškom proizvedene energije**

Sljedeću generaciju predstavljaju zgrade s viškom proizvedene energije (Energy Plus buildings), a koje proizvode više energije nego što je same troše. One više nisu naučna fantastika. Izgrađene su, ali iako ih za sada postoji tek mali broj, predstavljaju svijetli primjer i model kako bi trebalo graditi u budućnosti (slika 5).



*Slika 5. Zgrade s viškom proizvedene energije*

Izvor <https://www.designboom.com/architecture/vincent-callebaut-mixed-use-eco-neighborhood-brussels-tour-taxis-masterplan-01-13-2017/> , 14. travanj 2021.

## **4. ZELENI KROVOVI**

Sve brojnije stanovništvo i prenapučene gradske četvrti utjecale su na smanjenu kvalitetu i udobnost življenja, osobito u većim gradovima. Kao jedan od načina da moderno društvo prevlada ekološke probleme poput klimatskih promjena i ekoloških katastrofa, stvoren je koncept zelene gradnje koji se u mnogočemu razlikuje od uobičajenog trenda građenja prisutnog desetljećima. Jedan od segmenata zelene gradnje su zeleni krovovi koji se ubrajaju u modernu arhitekturu, a idealni su u pronalaženju održivih rješenja za modernu gradnju.

### **4.1. Ekološka arhitektura**

Zeleni krov je jedan od prvih vizualnih identiteta ekološke arhitekture. Iako arhitektura može biti ekološka i bez zelenog krova, zeleni krov stvara mogućnost da se zgrada bolje uklopi u postojeći okoliš. To je naročito značajno u gusto izgrađenim dijelovima urbanih centara, gdje ionako nedostaje zelenila, pa već i male površine daju veliki doprinos. Zeleni krovovi su kroz povijest oblikovali arhitekturu. Od najosnovnijih oblika u obliku špilje i drevnih građevina do modernih parkova na krovu koji se protežu na tisuće metara. U najosnovnijem smislu, zeleni krovovi slojevita su kombinacija vegetacije i membrane preko zgrade koja može pomoći u izolaciji i pružanju upravljanja vodama. Moderni sustavi pomažu ublažavanju učinaka otoka topline, stvaraju staništa, filtriraju onečišćivače, skupljaju ugljik i čak povećavaju poljoprivredni i uslužni prostor [13].

### **4.2. Vrste zelenih krovova**

Postoje tri osnovne vrste zelenih krovnih sustava koje treba uzeti u obzir prilikom dizajniranja projekta. Važno je definirati nagib krova i njegovu strukturu te buduću uporabu ili vijek trajanja prilikom projektiranja. Vrsta krova je također vezana za vrstu vegetacije (slika 6). Zelene krovove dijelimo u tri različita sustava [13].



*Slika 6. Vrsta krovova vezana uz vegetaciju*

Izvor <http://www.arhiteko.hr/menu.html?http://www.arhiteko.hr/zelenikrovovi.html>, 13. travanj 2021.

#### 4.2.1. Ekstenzivni (opsežni) sustavi

Ova vrsta zelenih krovova se koristi isključivo za područja koja su nepristupačna. Sastoje se od vegetacije koja će ih učiniti postojećim samoodrživim ili s malim ljudskim održavanjem (slika 7). Ekstenzivni sustavi predstavljaju oblik najbliži prirodi, a biljke bi trebale biti otporne na sušu i mraz, dok mogu povremeno preživjeti zbog navodnjavanja i nedostatka hranjivih sastojaka.



*Slika 7. Vrsta krovova koja spada u skupinu Opsežni sustav*

Izvor <https://odu-green-roof.com/ultralight-extensive-green-roof/>, 14. travanj 2021.

#### 4.2.2. Poluintenzivan sustav

Ovaj sustav zahtijeva povremeno održavanje, a po svojim karakteristikama spada u kategoriju između opsežnog i intenzivnog. Takvi krovovi obično uključuju više različitih vrsta biljaka ili samo zelenu površinu koju treba povremeno negovati kao što je prikazano na slici 8.





*Slika 8. Vrsta krovova koja spada u skupinu poluintenzivni sustavi*

Izvor: <https://odu-green-roof.com/ultralight-extensive-green-roof/>, 14. travanj 2021.

#### 4.2.3. Intenzivni sustavi

Intenzivni sustavi (Intensive systems) kao krovni tip zahtijeva često održavanje (slika 9). Intenzivni sustavi mogu se smatrati vrtovima na krovu. Za razliku od opsežnog zelenog krova, postoje gotovo neograničene mogućnosti u odnosu na biljke koje se mogu koristiti u intenzivnom sustavu.



*Slika 9. Vrsta krova koja spada u skupinu Intenzivni sustav*

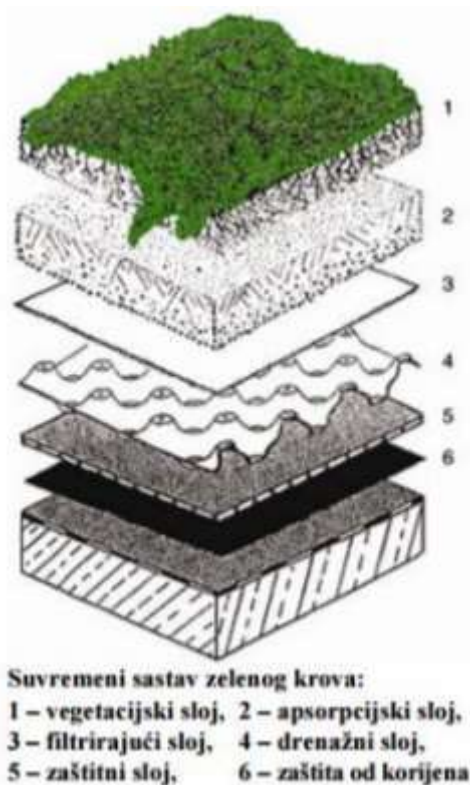
Izvor <https://www.archdaily.com/792472/a-house-in-nha-trang-vo-trong-nghia-architects-plus-icada>, 14. travanj 2021.

### 4.3. Izvedba zelenih krovova

Zeleni krov, uz danas dostupne materijale i proizvode, predstavlja samo još jedan od mogućih krovnih pokrova. Ne iziskuje nužno dodatna ulaganja ili pojačanja, a financijski

može biti i povoljniji. Nema ograničenja niti u oblikovanju krova jer se može primijeniti u rasponu od ravnih krovova do strmih krovnih ploča.

Na slici 10. prikazan je sastav zelenog krova koji ima više slojeva od kojih svaki obavlja svoju funkciju. Vegetacijski sloj jest sloj na kojem rastu biljke. Sloj zemlje ili supstrata daje raslinju uporište te ih opskrbljuje vodom i hranjivim tvarima. Sastav vegetacijskog sloja vrlo je različit: (a) Čisti mineralni vegetacijski slojevi sastavljeni su od ekspanzirane gline, ekspanziranih škriljevaca, perlita, komadića lave, plovuća, pijeska te šljunka s promjerom zrna od 2 do 16 mm i drobljenca od opeke. Takav je sastav pogodan za sađenje mahovina; (b) Vegetacijski slojevi sa zrnatošću od 0 do 16 mm, s 20 posto organskih dodataka u obliku šute i lika primjereni su za rast trava i zeljastih biljaka; (c) Vegetacijske mješavine s 20 posto organskih dodataka možemo pripremiti sami. Lokalno raspoloživom materijalu se dodaju komadići opeke, ekspanzirana glina ili komadići plovuća; (d) Ploče od modificirane pjenaste mase ili mineralnih vlakana imaju slične značajke kao mineralni vegetacijski slojevi s 20 posto organskih dodataka, no ekološki su neprihvatljivije zbog potrebne velike energije pri proizvodnji. Apsorpcijski sloj sprema kišnicu. Filtrirajući sloj sprječava isparavanje finih djelića iz supstrata u drenažni sloj. Drenažni sloj odvaja i zadržava vodu. Vodu koja prodire najprije spremi, a potom višak odvodi. Drenažni je sloj sastavljen od gruboznatoga mineralnog sitniša kao npr. ekspanzirana glina, lava, šljunak i plovuće. Drenaža može biti i u obliku drenažnih blazina ili drenažnih elemenata od umjetnih tvari (posebno su primjerene kod kosih krovova gdje može doći do klizanja drenažnog sitniša). Zaštitni sloj štiti donje slojeve od mehaničkih oštećenja i prodirajućega korijenja (ekstenzivno zelenilo ga ne treba jer krov nije prohodan i mogućnost mehaničkih oštećenja je manja). Uobičajeno se ugradi zaštitna koprena od geotekstila, ali i ploče npr. od recikliranoga gumenog granulata i slojevi od betona i lijevanog asfalta. Ako je pokrov od bitumenske ljepenke, zaštitni sloj može otpasti. Taj sloj nije potreban kada ga proizvođači već ugrade na drenažne elemente. Zaštita od korijenja štiti krovnu izolaciju od oštećenja nastalih zbog rasta korijenja. Uobičajeno za tu namjenu služe krovne trake na bazi bitumena, gume ili umjetnih tvari. Zeleni je sastav postavljen na konstrukciju krova koji je izoliran toplinski i hidroizolacijski. Krovna hidroizolacija mora biti izvedena stručno i s kvalitetnim materijalima kako bi se u potpunosti isključile mogućnosti propuštanja [14].



*Slika 10. Suvremeni sastav zelenog krova*

Izvor <http://casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE-58-2006-04-09.pdf>, 20. svibanj 2021.

Projektiranje zelenih krovova može biti financirano i iz EU fondova. To je praksa prisutna u većini zemalja europske unije, a sredstva za podršku projektiranja zelenih krovova i zelene gradnje dostupna su i za Hrvatsku. Kao dio podrške zelenoj gradnji i zelenim krovovima, EU fondovi predviđaju i mogućnost naknadne ugradnje zelenih krovova bez dodatnih odobrenja. Zeleni krovovi iziskuju više vremena za održavanje, ovisno o vrsti. Iako ekstenzivni zeleni krovovi zahtijevaju manje održavanja od intenzivnih krovova, još uvijek postoje rutinska čišćenja koja je potrebno obaviti. Što se tiče proizvođača, danas na tržištu možemo pronaći mnogo dobavljača i izvođača zelenih krovova. Obično je najbolja praksa iste uključiti u proces projektiranja jer stručnjaci u sektoru mogu savjetovati o specifičnostima toplinske učinkovitosti, odvodnje, opterećenja i drugim čimbenicima.

Razumijevanje željene biološke raznolikosti i staništa glavni je čimbenik u odabiru sustava zelenog krova. Biološka raznolikost je usko povezana s cijelim nizom obilježja krova, od upravljanja vodama do izolacije. Prilikom projektiranja treba uzeti u obzir niz elemenata poput dubine tla, vegetativnog područja, tvrdoće površine, dubine i sastava supstrata.



Kod izvedbe zelenog krova, a s obzirom na nagib krovne plohe, postoje tri skupine:

- ravni krovovi i krovne plohe malog nagiba do 15 stupnjeva
- kose krovne plohe srednjeg nagiba od 15 do 45 stupnjeva
- krovne plohe nagiba većeg od 45 stupnjeva.

Zazelenit se može bilo koji nagib, uključujući okomitu površinu. Nagib iznad 45 stupnjeva smatra se površinom živog zida. Nagibni krov smanjuje rizik od prodora vode na krovnu konstrukciju, a to se omogućuje uporabom hidroizolacijskih i odvodnih materijala. Nagib ispod 10 stupnjeva je uobičajen za zelene krovove.

Također, zeleni krovovi moraju sadržavati pomno projektirane rubne dijelove zbog mehaničkih svojstava, te se treba obratiti pozornost na nosivost za vegetaciju i opremu. U pravilu, ekstenzivni zeleni krovovi obično trebaju nositi 10-25 kilograma vegetacije po četvornom metru, dok intenzivni krovovi trebaju nositi 80-150 kilograma vegetacije po četvornom metru.

Da bi se zaštitio krov često se koristi hidroizolacijska membrana koja je proizvedena za ekstremne uvjete. Ona pomaže u zaštiti od onečišćenja voda i vlage. Svi zeleni krovovi trebaju sloj materijala koji je otporan na korijenje. Korijenska pregrada može biti ugrađena u samu hidroizolaciju ili se može sastojati od dodatne membrane na vrhu hidroizolacije. Zeleni krovovi također mogu smanjiti otjecanje oborinskih voda. Voda se pohranjuje u krovni supstrat, a zatim ju preuzima biljka i isparavanjem vraća u atmosferu. Mnogi su zeleni krovovi postavljeni u skladu s propisima koji se odnose na otjecanje oborinske vode. Ekstenzivni krovovi obično ne zahtijevaju navodnjavanje, iako se nakon postavljanja često zalijevaju prvih 4 do 6 tjedana. Za zelene krovove može se kupiti posebno vegetacijsko sjemenje. Za široke zelene krovove dobro je koristiti mahovinu, bilje i travu. Za poluintenzivne zelene krovove preporuča se trava, grmlje, malo drveće, drvenasto bilje i bilje. Najsvestraniji je intenzivan zeleni krov koji može primiti gotovo sve biljke i pružati im utočište poput vrta.

#### **4.4. Prednosti zelenih krovova**

Zeleni krovovi su atraktivno, korisno, a moguće i povoljno rješenje za pokrivanje zgrada. Ispravno projektiran i pažljivo izveden zeleni krov ima veću trajnost od standardnih

pokrova, zahtjeva minimalnu količinu energije za proizvodnju i izvedbu, a pridonosi kvalitetnijoj klimi, kako u samoj zgradi, tako i u okolišu općenito.

Prednosti zelenog krova u odnosu na tradicionalne krovne pokrove su višestruke [13]:

- doprinosi proizvodnji kisika
- smanjuje količinu ugljičnog dioksida, prašine i ostalog onečišćenja u zraku
- stvara novo prirodno stanište za floru i faunu
- smanjuje buku
- stvara zdraviju klimu u neposrednom okruženju i globalno (temperatura, vlažnost zraka)
- apsorbira negativno zračenje koje poboljšava mikroklimu
- smanjuje vodni udar kod obilnih oborina
- vraća prirodno zelenilo koje je zgrada oduzela od tla
- vraća stanište biljkama, kukcima i pticama
- poboljšava kvalitetu života
- smanjuje upotrebu električne energije

Biljna vegetacija smanjuje onečišćenost zraka i efekte stakleničkih plinova taloženjem i skladištenjem ugljika. Smanjena potražnja za električnom energijom isto tako smanjuje onečišćenje zraka koje je povezano s proizvodnjom energije. Osim toga, budući da se prizemni ozon puno lakše formira kod visokih temperatura, zeleni krovovi utječu na sporije stvaranje prizemnog ozona na način da smanjuju temperaturu zraka.

Zeleni krovovi mogu uklanjati čestice i onečišćivače u plinovitom stanju kao što su dušični oksid, sumporov dioksid, ugljični monoksid i ranije spomenuti prizemni ozon. Istraživanja su pokazala da 93 kvadratna metra zelenog krova u jednoj godini može ukloniti oko 40 kg čestica iz zraka, stvarajući kisik i uklanjajući ugljikov dioksid iz atmosfere. Usporedbe radi, u jednoj godini 15 automobila (koji su, dakako, na cestama) proizvede oko 40 kg istih takvih čestica [15].

#### 4.5. Primjeri zelenih krovova diljem svijeta

U Europi zeleni krovovi su već dugo popularni, a prisutni su u SAD-u i šire. Vlasnici zgrada, obiteljskih stanova, te golemih trgovačkih kompleksa sve više prepoznaju ekonomske i ekološke isplativosti zelenih krovova.

U New York City-u, u ljeto 2006. godine COOKFOX je postavio zeleni krov koji upija oborinske vode, suzbija efekt urbanog „toplotnog otoka“ koji opterećuje gradsku energetska infrastrukturu, a koristi i lokalnom ekosustavu i ljudskom okolišu (slika 11).



*Slika 11. Zeleni krovovi u New Yorku*

Izvor: <https://archinect.com/cookfox/project/green-roof-case-study>, 21.travnja.2021.

Marcel Sembat High School je srednja škola koja se zalaže za očuvanje prirodnog sustava. Zeleni krov je izveden u svrhu istraživanja koje provodi škola (slika 12).



*Slika 12. Zeleni krov u Marcel Sembat High School*

Izvor: <https://www.archdaily.com/154206/marcel-sembat-high-school-archi5-with-b-huidobro>, 21. travnja 2021.

Sky Garden House u Singapuru, djelo je studija Guz Architects. Ova se kuća nalazi na otoku Sentosa u susjedstvu Singapura. Zeleni krov u ovom slučaju pruža efekt vrta (slika 13).



*Slika 13. Privatna kuća Sky Garden, Singapur*

Izvor: <https://architizer.com/projects/sky-garden-house/>, 20. travnja, 2021.

Na primjeru kuće Dani Ridge u Kaliforniji, vidljivo je da je cilj ovog projekta bilo potpuno stapanje zelenog krova obiteljske kuće sa pejzažom (slika 14).



*Slika 14. Zeleni krov obiteljske kuće Dani Ridge u Kaliforniji*

Izvor: [Dani Ridge House | Studio Schicketanz | Media - Foto's en video's | Archello](#), 21. travanj 2021.

Nanyang Technological University, škola za umjetnost i dizajn koja se nalazi u Singapuru prikazana je na slici 15 kao primjer kombiniranja zelenih krovova i u komplekse više zgrada.



*Slika 15. Škola Nanyang u Singapuru*

Izvor: [17 Amazing Green Roofs Around the World \(hgtv.ca\)](#), 20. travanj 2021.

U opisu koji su dali arhitekti za OUTrial kuću u Poljskoj (slika 16), ideja vodilja je bila smjestiti malu kuću na zelenu čistinu okruženu šumom. Od tuda ideja da se „izrezbari“

komad travnjaka, premjesti prema gore i tretira kao krovništvo ispod kojeg su se onda uredile sve ostale potrebne funkcije kuće.



*Slika 16. Zeleni krov kuće OUTrial u Poljskoj*

Izvor: <https://www.archdaily.com/504899/outrial-house-robot-konieczny-kwk-promes>, 20. travanj  
2021

Kulturna zgrada Akademije znanosti u Kaliforniji, prikazana na slici 17, izgrađena je 2008. godine i primjer je najveće javne zgrade u kategoriji LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) platina.



*Slika 17. Zeleni krovovi Akademije znanosti u Kaliforniji*



Izvor: <https://www.lafargeholcim-foundation.org/media/news/projects/new-sustainable-california-academy-of-sciences-san-francisco-usa> , 20. travnja 2021.

Kongresni centar u Vancouveru posjeduje platinasti certifikat za zelenu gradnju. To je jedini kongresni centar u svijetu sa takvim certifikatom izgrađen po najvišim ekološkim standardima, čiji zeleni krov obuhvaća impresivnih 6 hektara, slika 18.



*Slika 18. Zeleni krov – Kongresni centar u Vancouveru*

Izvor: <https://www.vancouverconventioncentre.com/>, 20. travnja 2021.

## 5. ZELENE FASADE

Fasade zgrada su pod stalnim utjecajem okoliša, primjerice sunca i kiselih kiša, koje ostare i mogu u konačnici biti uništene. Povratak u povijest pokazuje da vegetalizirane fasade nisu nova tehnologija, ali mogu ponuditi višestruke prednosti kao sastavni dio aktualnog urbanog dizajna. U 19. stoljeću u mnogim su se europskim i nekim sjevernoameričkim gradovima drvene penjačice često koristili kao pokrivač jednostavnim fasadama. U srednjoj Europi se 1980-ih godina pojačalo zanimanje za pitanja zaštite okoliša u viziji uvođenja prirode u gradove. Od 1980-ih, istraživanja su se bavila pitanjima izolacijskih učinaka biljaka na fasadama, sposobnošću biljaka da ublaže opasnosti od prašine, učincima hlađenja bilja i stvaranjem staništa za gradsku divljinu, uključujući ptice, pauke i bube. Potencijal zelenih fasada za poboljšanje urbane mikroklimе i ekološke stope zgrada je velik, ali oni nisu ostvarili široko prisustvo izvan primjerice Njemačke, jer nisu toliko poznati kao zeleni krovovi i nedostaje smjernica za provedbu i programa poticaja u drugim zemljama.

Zelene fasade, relativno su novo oblikovno rješenje, koje zbog svoje atraktivnosti i ekoloških trendova nalazi sve brojniju primjenu u arhitektonskoj praksi. Treba napomenuti da u ovu kategoriju ne spadaju primjeri zgrada čiji su zidovi obrasli u puzavice i slično bilje, a koje se nekontrolirano i divlje širi po fasadi, ulazi u konstrukciju i oštećuje je. Takvi primjeri su češće posljedica nemara nego želje za kvalitetom (slika 19).



*Slika 11. Zapušteno pročelje*

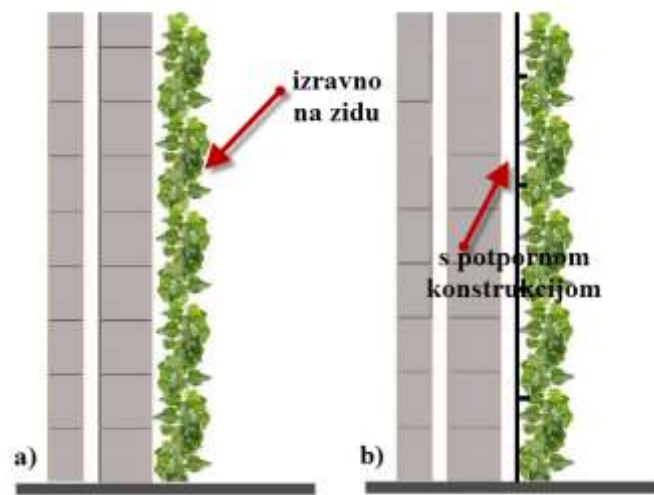
Izvor: [https://www.helpster.de/wie-schnell-waechst-efeu\\_228712](https://www.helpster.de/wie-schnell-waechst-efeu_228712), 20. travnja 2021.



Zelene fasade čine biljke ukorijenjene u tlu pored zgrade i koje nisu pričvršćene za sam zid. Biljke primaju vodu i hranjive tvari iz zemlje ili visećih kutija za sadnju. Puze ili se penju po specijalnoj konstrukciji koja je montirana na zid (najčešće mreža od inoks užadi i nosača), a koja točno odgovara odabranoj biljnoj vrsti. Jednom uspostavljena, zelena fasada treba malo održavanja i može rasti visoko i široko koliko dopušta potporni sustav rešetki. Isto tako ovise i o biljnim vrstama koje se upotrebljavaju za zelenu fasadu. Na slici 20. prikazana je zelena fasada koja koristi samonikle biljke ukorijenjene u tlu.

a) izravno na zidu

b) s potpornom konstrukcijom



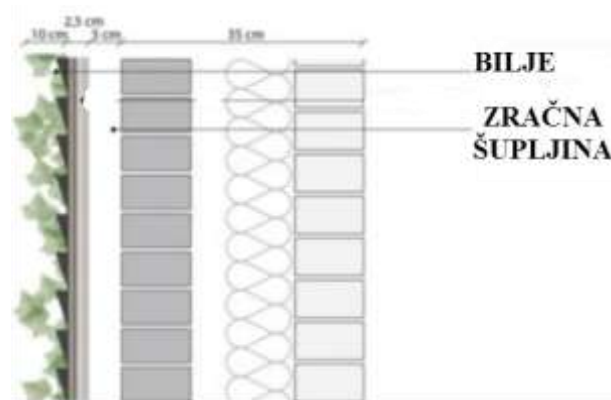
Slika 12. Zelena fasada koja koristi samonikle biljke ukorijenjene u tlu

Izvor: [https://www.researchgate.net/figure/Continuous-living-wall-system-7\\_fig2\\_313852100](https://www.researchgate.net/figure/Continuous-living-wall-system-7_fig2_313852100) , 20. travanj 2021.

Zelene fasade privlače i gube manje topline. Biljke uzrokuju isparavanje, što pomaže održati klimu grada. Trenutačno je zanimljiva vertikalna vegetacija. Stoljećima su se pojedine biljke za penjanje, poput glicinije i virginije, koristile za ukrašavanje fasada zgrada. Prednost vertikalne vegetacije je što zauzima malo prostora, a istovremeno pruža veliku količinu zelenih vertikalnih površina.

Na fasadi se mora postaviti podkonstrukcija na koju se mogu pričvrstiti modularni elementi. Dodatno opterećenje koje bi nastalo ovisi o sustavu, cca. 80 kg / m<sup>2</sup> [16]. Nedostatak vertikalnog vrta je što zahtijeva više održavanja, navodnjavanje i sustav njege, što je znatno skuplje od klasičnog zelenog pročelja koje koristi biljke penjačice. Prednost je što sustav ne treba zemljano tlo i stoga je prikladan za svaku situaciju. Ako je dobro osmišljena i

njegovana, fasada će se brže i ujednačenije zeleniti. Učinci na okoliš poput hvatanja sitnih čestica i ublažavanje toplinskog stresa usporedivi su s utjecajima prizemne vegetacijske vrste fasade (slika 21).



*Slika 13. Sustav Zelene fasade*

Izvor: [https://www.researchgate.net/figure/Continuous-living-wall-system-7\\_fig2\\_313852100](https://www.researchgate.net/figure/Continuous-living-wall-system-7_fig2_313852100), 20. travanj 2021.

Zeleni zidovi razlikuju se od zelenih fasada po tome što imaju medij za rast na okomitom licu zida domaćina, dok zelene fasade imaju medij za rast samo u dnu (bilo spremnik ili kao uzemljena posuda) [17]. Zelene fasade obično podržavaju penjanje biljaka po okomitom licu zida domaćina, dok zeleni zidovi mogu primiti razne biljne vrste.

### **5.1. Vrste zelenih fasada**

Postoje sljedeće dvije vrste zelenih fasada:

- Kabelski sustavi koji se moraju sastaviti na licu mjesta i koji su potencijalno složeniji. Također, moraju biti pričvršćeni izravno na zid i pokriti velika područja. Zeleni fasadni kabelski sustavi najčešće su pričvršćeni s vanjske strane zgrade i zahtijevaju napetost kablova s nizom priključaka na svakom sjecištu između okomitih i vodoravnih kabela (slika 22). Ti su kabeli obično napravljeni od nehrđajućeg čelika, što osigurava dugotrajnost i izdržljivost.
- Instalirani okomiti modularni sustavi rešetki koji se mogu postaviti izravno na zid postojeće građevine ili izveden kao samostojeća struktura (slika 23).



*Slika 14. Sustavi šipki i kablova s rešetkama kabla koji su instalirani okomito*

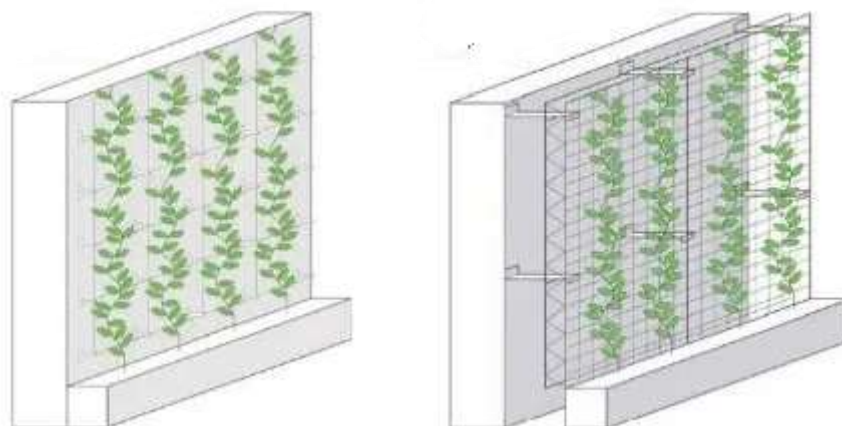
Izvori: <https://extension.umd.edu/sites/extension.umd.edu/files/docs/articles/FS-978%20Green%20Facades-%20Ecological%20Designed%20Vertical%20Vegetation.pdf>, 20. travanj 2021.



*Slika 15. Kabelski sustavi koriste priključke na svakom sjecištu vertikalnih kabela i vodoravne šipke*

Izvori: <https://extension.umd.edu/sites/extension.umd.edu/files/docs/articles/FS-978%20Green%20Facades-%20Ecological%20Designed%20Vertical%20Vegetation.pdf>, 20. travanj 2021.

Kod kabelskih sustava za razliku od visećih biljaka mogu se koristiti i biljke koje rastu prema gore iz posuda pričvršćenih na pročelje. Zbog intenzivne njege i održavanja, uključujući redovito zalijevanje i gnojenje, to su uglavnom skupa i krhka rješenja. Postavlja se pitanje koliko ta rješenja mogu biti održiva. Primjenjuju se samo u slučajevima kada biljke ne mogu biti smještene izravno u zemlju u dnu fasade (slika 24).



*Slika 16. Dvije vrste rešetki na zelenim fasadama, lijevo sustav žica i kabela, desno sustav mreže i rešetki*

Izvori: <https://www.growinggreenguide.org/technical-guide/design-and-planning/plant-selection/construction-and-installation-of-green-facades/>, 20. travanj 2021.

## **5.2. Prednosti i nedostaci zelenih fasada**

Puno se raspravlja o prednostima i nedostacima zelenih fasada. Sada kada su postali jasni pozitivni učinci u pogledu njihove uloge u snižavanju urbanih temperatura, nedostaci na zelenim fasadama u pogledu vlage, oštećenja zgrada i štetnosti od štetočina padaju u drugi plan. Stoga su zelene fasade pametno ekonomsko rješenje koje rješava i ekološke probleme.

Zelene fasade nude brojne prednosti:

- prirodno okruženje
- temperatura zgrade
- hlađenje lokalnog zraka
- filtriranje zraka
- smanjeni odvod oborinskih voda
- ublažavanje onečišćenja bukom,
- uklanjanje ugljika iz zraka i pružanje hlada

Na mnogim građevinama zelena pročelja su estetski ugodna. Dokazano je da zelena boja opušta zbog čega se i preporučuje što češći boravak u prirodi. Stoga, ovakve zgrade imaju i utjecaj na mentalno zdravlje ljudi. Doprinosu smanjenju stresa i poboljšavaju koncentraciju i produktivnost. Zelene fasade predstavljaju privlačnu prirodnu fasadu,

pružajući dodatnu estetsku vrijednost građevini i pozitivno utječu na mentalno i fizičko blagostanje.

Zimzelene biljke mogu zaštititi zgradu od jakih kiša i zadržati zidove zgrade suhima. Međutim, zgrade na koje je već utjecao porast vlage zbog postojećih građevinskih grešaka ili oštećenja mogu se dodatno oštetiti vegetacijom zbog sprečava isparavanje vlage.

Često se postavlja pitanja o građevinskim oštećenjima koja su uzrokovana korijenom biljaka. Stoga je važno da se građevina pregleda te popravi prije sadnje vegetacije. Zgrada se mora pregledavati na godišnjoj razini, neovisno o zelenoj fasadi, a s prozora, oluka i nadstrešnica moraju se ukloniti svi korijeni, tetive, stabljike da se spriječi oštećenje [17].

Neki se ljudi boje pauka i insekata te smatraju da pomoću vegetacije na pročeljima oni mogu lakše ući u njihove domove. Za to postoji rješenje, smanjivanjem ili uklanjanjem vegetacije oko prozora i drugih otvorenih dijelova zgrade. Ptice se uglavnom ne doživljavaju kao smetnja.

Okomita vegetacija štiti zidove od izravnog sunčevog zračenja. Pročelje se zagrijava manje, apsorbira manje topline i emitira manje topline noću. Biljke također ispuštaju vodenu paru isparavanjem, što također pojačava efekt hlađenja u okolini. Ukratko, okomita vegetacija ima umjeren učinak na maksimalne temperature. Slika 25. prikazuje zimzelene penjačice poput bršljana koji štite fasadu od hlađenja u jesen i zimi. Ublažavanje temperatura zimi i ljeti može pridonijeti uštedi energije od grijanja i hlađenja. Za stvaranje prirodnog hlada, biljke penjačice mogu se koristiti i na pergolama. Također, biljke penjačice zahtijevaju visoke standarde u primjeni potpornih penjačkih konstrukcija. Zahtjevi se odnose na smjer konstrukcije, veličinu mrežice, presjek profila, udaljenost zida i udaljenost od razine tla. Biljke u posudama moraju biti u stanju podnijeti veće krajnosti poput smrzavanja zimi, suša ljeti i višak vode u vlažnim razdobljima. Izbor vegetacije također ovisi o smjeru pročelja i stoga ga treba pažljivo odabrati.



*Slika 17. Primjer zimzelene penjačice bršaljiana, American Institute of Architects Portland*

Izvor: <https://www.urbangreenbluegrids.com/measures/green-facades/>, 20. travanj 2021.

Biljke koriste CO<sub>2</sub> iz zraka za fotosintezu i stvaraju kisik kojega emitiraju u zrak. Također, mogu uhvatiti sitne čestice i aerosole iz zraka kao što su teški metali olovo i kadmij. Čestice se uglavnom talože na lišću, ispiru se kišom i završavaju u tlu. Drugi dio ove tvari biljka apsorbira i skladišti. Čini se da je unos veći u blizini glavnih prometnica, gdje je prisutno više onečišćenja. Unos ovisi i o indeksu površine lista (odnos između površine lista i prostora koji zauzimaju listovi na pročelju) i vrsti biljke.

Sadnjom raznolikog bilja fasade izgledaju privlačno i povećava se sposobnost apsorpiranja onečišćenja. Razne vrste biljaka apsorbiraju različite vrste onečišćenja iz različitih količina iz zraka.

U pogledu uštede, zelene fasade ljeti štite zgradu od vrućine sunca, održavajući je hladnijom (slika 26). Zimi vegetacija može zaštititi zgradu od vjetra i smanjiti gubitak topline konvekcijom duž pročelja i zračnog džepa između vegetacije i zgrade.



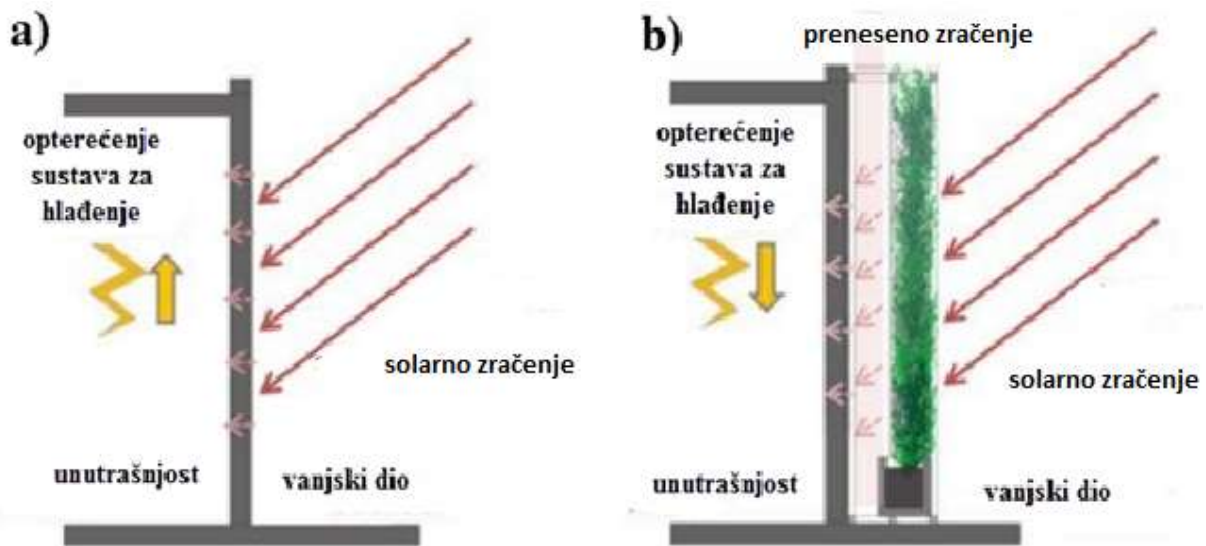
*Slika 18.. Zelena fasada u Arnhemu, Nizozemska*

Izvor: <https://www.urbangreenbluegrids.com/measures/green-facades/> , 20. travanj 2021.

Stacionarni zračni džep od 5 cm između vegetacije i zgrade usporediv je s koeficijentom prijelaza topline od  $2,9 \text{ W} / \text{m}^2\text{K}$ , pa se može usporediti s izolacijom topline pomoću izoliranog ostakljenja [18]. Deblji slojevi zraka ne poboljšavaju značajno izolaciju, jer se povećava konvekcijski gubitak uslijed djelovanja naslaga. To bi se moglo popraviti razdvajanjem vertikalnog rasta pomoću na primjer potporne konstrukcije. Učinak istoga, uzlazni protok zraka između fasade i vegetacije, zapravo može biti ljeti željeni učinak. Moguće je odabrati između zimzelenih ili listopadnih vrsta ovisno o željenom učinku. Listopadna vegetacija ljeti zadržava sunčevu svjetlost, a zimi je pušta.

Na slici 27. je prikaz a) konvencionalne zidne fasade i b) zelene fasade. Vidljiva je razlika u razmaku između zida i zelene fasade. Dokazano je da 4 cm razmaka između strukture zelene fasade i zida debljine 16 cm može podići kvalitetu toplinske izolacije zida i do 30%. Još jedna studija prezentirana od Pacheco-Torgal i suradnika, dokazala je da se izravna sunčeva svjetlost na zelenoj fasadi filtrira i blokira lišćem te se odbija 5-30% energije sunčeve svjetlosti, 5-20% koristi lišće za fotosinteze, 10-50% se pretvara u toplinu, 20-40% se koristi za isparavanje i otprilike samo 5-30% prolazi kroz lišće [18].





Slika 19. Prikaz a) konvencionalne zidne fasade i b) zelene fasade

Izvor: [https://www.researchgate.net/figure/Difference-between-a-conventional-wall-facade-and-a-green-facade-11\\_fig4\\_313852100](https://www.researchgate.net/figure/Difference-between-a-conventional-wall-facade-and-a-green-facade-11_fig4_313852100), 20. travanj 2021.

Kao što je već navedeno, zelene fasade mogu potencijalno smanjiti potrošnju energije. Biljke na fasadi zasjenjuju površinu strukture, kao i hlađenje okoline kroz proces evapotranspiracije. Zelene fasade smanjuju temperaturu na zidu za čak 25 ° F (14 ° C) u usporedbi s izloženim zidom površinama [18]. Zelene fasade također mogu smanjiti prijelaz topline na unutrašnjost građevina. U toplijim mjesecima, s hladnijom temperaturom unutar objekta, automatski se smanjuje potreba za klimatizacijom, smanjuje se potrošnja energije i emisije stakleničkih plinova te dolazi do povećanja uštede energije. Smanjenje površinskih temperatura postojećih konstrukcija, kao i temperatura okolnog zraka, također ublažava učinak urbanog toplinskog otoka. Urbani toplotni otok je gradsko područje koje je mnogo toplije od okolnog ruralnog područja. Više temperature mogu dovesti do negativnih utjecaja na zdravlje, te smanjenja kvalitete zraka i vode. Građevinske površine apsorbiraju značajnu količinu sunčevih zraka koje se oslobađaju kao toplina i povećavaju temperaturu okoline. To je jedan od razloga što su urbana područja toplija. Studije u Marylandu su pokazale da zelene fasade hlade ambijentalni zrak u prosjeku od 2,5 do 3,2 ° F (1,4 do 1,8 ° C) u lipnju, srpnju i kolovozu. Druga studija u Hong Kongu je predvidjela maksimalni pad od 15,1 ° F (8,4 ° C) ako su oba zida i krovovi bili prekriveni vegetacijom [18].

Zelene fasade imaju brojne ekološke prednosti, što ih čini izvrsnim primjerom ekološke tehnologije. Suvremena arhitektura se zapravo sve više fokusira na vertikalne



sustave ozelenjivanja kao sredstvo za obnovu ekološke cjelovitosti urbanih područja, postizanja bioraznolikosti i održivosti. Primjena zelenih fasada, slika 28, je obilježje suvremenog urbanog dizajna, a može ponuditi višestruke koristi za okoliš i na novim i na postojećim zgradama i predstavlja održiv pristup u pogledu uštede energije uzimajući u obzir upotrijebljene materijale, hranjive tvari, vodu i učinkovito očuvanje građevine.

U pogledu apsorpcije zvuka, zelene fasade prigušuju uličnu buku od 2,5 dB do 3dB i osiguravaju smanjivanje unutarnjeg odjeka između fasada sa svake strane ulice.



*Slika 20. Zelena fasada*

Izvor: <https://www.pinterest.com/pin/33003009749235565/>, 20. travanj 2021.

## 6. METODIČKI DIO

### 6.1. Analiza nastavnog programa srednje strukovne škole u sadržaju teme diplomskog rada

Tema diplomskog rada su zeleni krovovi i fasade. Sadržaji koji su vezani uz temu mogu se implementirati u nastavni sadržaj predmeta Tehnička kultura u osnovnoj školi, u predmetima Obnovljivi izvori energije, Energetika, Tehnologija grijanja i hlađenja u srednjim strukovnim školama i u međupredmetnu temu Održivi razvoj na razini osnovnoškolskog i srednjoškolskog obrazovanja. U nastavnom sadržaju nastavnog predmeta Obnovljivi izvori energije navedene su nastavne cjeline i nastavni sadržaji. Nastavni predmet Obnovljivi izvori energije predaje se u višim razredima srednje strukovne škole odnosno u trećem i četvrtom razredu. Obrazovni sektor nastavnog predmeta je strojarstvo, brodogradnja i metalurgija gdje učenik nakon završetka stječe zanimanje „Tehničar za energetiku“. Predmet se izvodi dva sata tjedno što znači 70 sati na godišnjoj razini. Cilj predmeta je stjecanje znanja i vještina koje će učenicima omogućiti samostalno projektiranje, postavljanje i servisiranje obnovljivih izvora energije. Učenike će se upoznati s mogućnošću korištenja obnovljivih izvora energije s obzirom na energetske krize i ekološki prihvatljivijim materijalima za izgradnju.

Tablica 1. Nastavni sadržaji predmeta „Obnovljivi izvori energije“

| Redni broj | Nastavna cjelina                       | Nastavni sadržaj                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.         | Obnovljivi izvori energije u RH        | <ul style="list-style-type: none"><li>- općenito o obnovljivim izvorima energije</li><li>- potreba za obnovljivim izvorima energije</li><li>- vrste obnovljivih izvora i princip rada</li><li>- iskoristivost, prednosti i mane obnovljivih izvora</li><li>- položaj Hrvatske i budućnost obnovljivih izvora energije</li></ul> |
| 2.         | Regulativa obnovljivih izvora energije | <ul style="list-style-type: none"><li>- direktiva EU o obnovljivim izvorima</li><li>- obnovljivi izvori energije u hrvatskim zakonima</li></ul>                                                                                                                                                                                 |

|    |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3. | Energija biomase                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- vrste i osnovne značajke biomase</li> <li>- tehnologija proizvodnje energije iz biomase</li> <li>- potencijal i proizvodnja biomase</li> <li>- termoelektrane na biomasu</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 4. | Energija Sunčeva zračenja               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- potencijal Sunčeva zračenja</li> <li>- geometrija Sunčeva zračenja</li> <li>- proračun Sunčeva zračenja</li> <li>- proizvodnja toplinske energije</li> <li>- solarni toplinski sustavi</li> <li>- solarni kolektori</li> <li>- solarni spremnici</li> <li>- pasivni solarni sustavi</li> <li>- proizvodnja električne energije</li> <li>- solarni fotonaponski sustavi</li> <li>- fotonaponske ćelije</li> <li>- solarne elektrane</li> <li>- sigurnosna zaštita fotonaponskih sustava</li> <li>- stanje i očekivani razvoj fotonaponske tehnologije</li> </ul> |
| 5. | Energija okoliša (geotermalna energija) | <ul style="list-style-type: none"> <li>- porijeklo i priroda geotermalne energije</li> <li>- geotermalni resursi</li> <li>- korištenje geotermalne energije za grijanje</li> <li>- korištenje geotermalne energije za proizvodnju električne energije</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

Izvor: „Nastavni program za predmet obnovljivi izvori energije“, Ministarstvo znanosti i obrazovanja RH

Za ostvarivanje ciljeva i zadataka predmeta predlaže se obrađivanje sadržaja popraćeno praktičnim vježbama. Teorijsku nastavu bi trebalo izvoditi u specijaliziranoj učionici opremljenoj raznim priborom i alatom te modelima zelenih građevina i uzorcima obnovljivih izvora energije. Također se predlaže posjet zgradama sa zelenim krovovima i fasadama te energetske sustavima obnovljivih izvora energije [19].

## 6.2. Priprema za nastavu

# S V E U Č I L I Š T E U R I J E C I STUDIJ POLITEHNIKE

Ime i prezime: Domagoj Batur

## PRIPREMA ZA IZVOĐENJE NASTAVE

Škola: Strojarska tehnička škola Frana Bošnjakovića

Mjesto: Zagreb

Razred: 4.C

Nastavni predmet: Obnovljivi izvori energije

Kompleks: Obnovljivi izvori energije u RH

Metodička (nastavna) jedinica: Potreba za obnovljivim izvorima energije

## SADRŽAJNI PLAN

### **Podjela kompleksa na teme (vježbe, operacije)**

(Uz svaku temu /vježbu, operaciju/ navedite broj nastavnih sati i podvučite onu koja se u pripremi obrađuje)

| Redni broj | Naziv tema u kompleksu                                   | Broj sati |        |
|------------|----------------------------------------------------------|-----------|--------|
|            |                                                          | teorija   | vježbe |
| 1.         | Općenito o obnovljivim izvorima energije                 | 1         | 1      |
| 2.         | <u>Potreba za obnovljivim izvorima energije</u>          | 2         | -      |
| 3.         | Vrste obnovljivih izvora i princip rada                  | 1         | 1      |
| 4.         | Iskoristivost, prednosti i mane obnovljivih izvora       | 1         | 1      |
| 5.         | Položaj Hrvatske i budućnost obnovljivih izvora energije | 2         | -      |

### **Karakter teme (vježbe, operacije) – metodičke jedinice**

Formativno – obrada novih nastavnih sadržaja svrhu razvijanja svijesti o korištenju obnovljivih izvora energije u zelenoj gradnji i tehnološkog razvoja na život čovjeka

## PLAN VOĐENJA ORGANIZACIJE NASTAVNOG PROCESA

### **Cilj (svrha) obrade metodičke jedinice:**

(Navedite ŠTO OD UČENIKA OČEKUJETE na kraju, nakon obrade nastavne građe, zbog čega se građa obrađuje)

Upoznati učenike s pojmovima i prednostima zelene gradnje, vrstama zelenih krovova i fasada te njihovom uštedom energije.

### **Ishodi učenja (postignuća koja učenik treba ostvariti za postizanje cilja):**

(Posebno upišite koja znanja; koje vještine i umijeća, te koju razinu samostalnosti i odgovornosti učenik treba steći nakon obrade nastavne teme. Ishode formulirati jasno i jednoznačno kako bi se mogli nedvojbeno provjeriti evaluacijom.)

#### ZNANJE I RAZUMIJEVANJE:

- Objasniti pojam zelene gradnje
- Razlikovati zeleni krov i zelenu fasadu od klasičnog krova i fasade
- Nabrojati vrste zelenih krovova i fasada
- Nabrojati prednosti zelenih krovova i fasada

#### VJEŠTINE I UMIJEĆA:

- Argumentirati važnost zelene gradnje
- Prepoznati važnost racionalnog korištenja energije i potrebe za očuvanjem okoliša
- Objasniti značaj iskorištavanja obnovljivih izvora energije u zelenoj gradnji

#### SAMOSTALNOST I ODGOVORNOST:

- Osvijestiti se o važnosti obnovljivih izvora energije i novih tehnologija u budućnosti
- Raspravljati zbog čega je zelena gradnja bolji način gradnje od klasičnog načina gradnje
- Razvijati svijest o zaštiti okoliša

### **Organizacija nastavnog rada – artikulacija metodičke jedinice:**

(Pregledno u tablicu upišite, zasebno za uvodni, glavni i završni dio u obliku teza: ŠTO se obrađuje – sadržaj, KAKO se obrađuje – metodičko oblikovanje i KOLIKO se obrađuje – trajanje nastavnog rada)

| Dio sata    | Faze rada i sadržaj                                                                                                                                                                                                                             | Metodičko oblikovanje                              | Vrijeme (min) |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------|
| UVODNI DIO  | - ponavljanje gradiva prošlog sata<br>- motivacija učenika popularnim predavanjem – uvođenje u novo nastavno gradivo                                                                                                                            | Ponavljjanje, Dijalog sa učenicima                 | 10 min        |
| GLAVNI DIO  | <b>Teorijski dio</b><br>- definicija zelene gradnje<br>- pojmovi zeleni krovovi i zelene fasade<br>- vrste zelenih krovova i fasada<br>- prednosti zelene gradnje, zelenih krovova i fasade<br>- uvođenje učenika u sljedeći dio nastavnog sata | Dijalog sa učenicima, Frontalni rad, Demonstracija | 30 min        |
| ZAVRŠNI DIO | - ponavljanje obrađenog sadržaja<br>- samorefleksija učenika pomoću nastavnog listića i povratna informacija nastavniku                                                                                                                         | Ponavljjanje, Evaluacija                           | 5 min         |

### **Posebna nastavna sredstva, pomagala i ostali materijalni uvjeti rada:**

(Navedite što je konkretno potrebno i količine koje su potrebne. Izdvojite zasebno sredstva, pomagala i ostalo.)

Nastavna sredstva

- PPT prezentacija sa medijskim sadržajem

Nastavna pomagala

- računalo
- Projektor

### **Korelativne veze metodičke jedinice s ostalim predmetima i područjima:**

(Navedite nastavni predmet i konkretno područje – temu.)

- Termodinamika
- Energetika
- Regulacija i upravljanje

### **Metodički oblici koji će se primjenjivati tijekom rada:**

(Upišite na koji način ćete prezentirati sadržaj u pojedinom dijelu sata ili nastavnog rada)

Uvodni dio:

- dijalogom sa učenicima ponavljamo prethodno naučene pojmove
- popularnim predavanjem i prikazom video materijala uvodim učenike u novu nastavnu jedinicu

Glavni dio:

- frontalnim radom objašnjavam definiciju, pojmove, primjenu i vrste zelene gradnje, zelenih krovova i fasada
- dijalog sa učenicima
- demonstracija, metoda prikazivanja slika i video materijala
- zapisivanje, dokumentacijska metoda kojom učenici pojmove s ploče zapisuju u svoje bilježnice

Završni dio:

- ponavljanje kroz dijalog sa učenicima
- samorefleksija učenika

### **Izvori za pripremanje nastavnika:**

(Literatura s potpunim bibliografskim podacima, prikupljenim podacima, uvidom u konkretnu praksu i drugo.)

- Obnovljivi izvori energije: energetske tehnologije koje će obilježiti 21. stoljeće: mudra i razumna uporaba energije / Ljubomir Majdandžić, Zagreb: Graphis, 2008

### **Izvori za pripremanje učenika:**

(Udžbenik ili/i pomoćna literatura s potpunim bibliografskim podacima i sl.)

- Obnovljivi izvori energije: energetske tehnologije koje će obilježiti 21. stoljeće: mudra i razumna uporaba energije / Ljubomir Majdandžić, Zagreb: Graphis, 2008
- bilješke sa sata

## **TIJEK IZVOĐENJA NASTAVE – NASTAVNI RAD**

(Detaljna razrada faza rada i sadržaja iz tablice artikulacije – napisati onako kako će se izvoditi pred učenicima – "scenarij" nastavnog procesa; razraditi metodičku, komunikacijsku i sadržajnu komponentu)

### UVODNI DIO

Na početku sata pozdravljam učenike. Najavljujem novu nastavnu jedinicu te zapisujem naslov i datum na ploču.

#### ***Ponavljanje gradiva***

Razgovorom sa učenicima ponavljam gradivo prethodnog sata o obnovljivim izvorima energije.

Koji su neobnovljivi izvori energije? Koji su obnovljivi izvori energije?

#### ***Motivacija učenika***

Među učenicima potičem raspravu pitanjem Što misle kako zeleni krovovi i fasade utječu na okoliš? Jesu li materijali za izradu zelenih krovova i fasada kvalitetni materijali i od čega se izrađuju? Koja im je primarna zadaća?

### GLAVNI DIO

#### ***Definicija zelene gradnje***

Učenicima prikazujem slajd sa primjerima zelenih građevina i klasičnih građevina. Želim ih potaknuti na razmišljanje koji su sve pojmovi uključeni u definiciji zelene gradnje. Nakon njihovih razmišljanja i iznošenja stavova, izgovaram definiciju zelene gradnje te ju učenici zapisuju u bilježnicu.

Zelena gradnja je cjelokupni proces osmišljavanja, projektiranja, uporabe i održavanja temeljen na principu održivosti odnosno možemo reći da su to građevine koje su građene tako da štede novac koristeći minimalnu količinu energije i koje poštuju prirodu, čovjeka i okoliš.

#### ***Pojmovi zeleni krovovi i fasade***

Zeleni krov je svaki otvoreni, biljem zasijan, prostor od tla odvojen građevinskom ili drugom strukturom, a slojevi od kojih su napravljeni mogu biti organski ili anorganski. Zeleni krovovi su projektirani u slojevima, kojima je klasična površina krova prekrivena supstratom za rast biljaka. Ovisno o tipu zelenog krova, primjenjuju se specifični materijali i slojevi. Svaki takav krov ima iste komponente – krovni temelj (metalni ili betonski), izolaciju, vodonepropusnu membranu, protukorijensku zaštitu, drenažni i vodonosni sloj, supstrat i vegetaciju. Zelene fasade su sustavi koji se sastoje od biljaka penjačica koje imaju korijenje u specijalno za njih napravljenim posudama na zidu, ili jednostavno rastu iz tla. Puze ili se penju po specijalnoj konstrukciji koja je montirana na zid (najčešće mreža od inoks užadi i nosača), a koja točno odgovara odabranoj biljnoj vrsti.

---

\* Uložite nove stranice papira, odnosno onoliko koliko zahtijeva tekst "scenarija".



### *Vrste zelenih krovova i fasada*

Zelene krovove dijelimo na ekstenzivne, intenzivne i poluintenzivne krovove. Ekstenzivni zeleni krovovi su najlakša vrsta zelenog krova, koja ne zahtijeva puno njege i obično nisu namijenjeni aktivnom korištenju. Koriste se isključivo za područja koja su nepristupačna, a sastoje se od vegetacije koja će ih učiniti samoodrživom ili s malim ljudskim održavanjem. Primjer ekstenzivnog zelenog krova:



Intenzivni zeleni krovovi često zahtijevaju održavanje. Primjer intenzivnog zelenog krova:

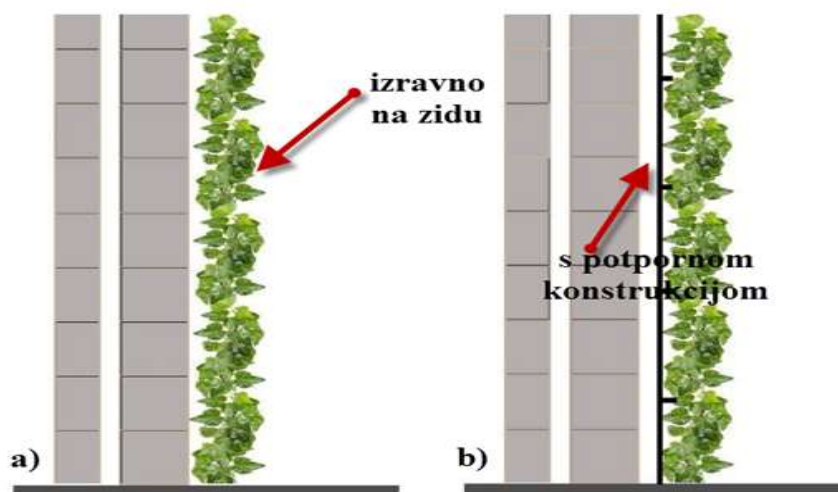


Intenzivni sustavi mogu se smatrati vrtovima na krovu. Za razliku od ekstenzivnog zelenog krova, postoje gotovo neograničene mogućnosti u odnosu na biljke koje se mogu koristiti u intenzivnom sustavu.

Poluintenzivni krovovi zahtijevaju povremeno održavanje, a po svojim karakteristikama spadaju u kategoriju između opsežnog i intenzivnog. Takvi krovovi obično uključuju više različitih vrsta biljaka ili samo zelenu površinu koju treba povremeno njegovati kao što je prikazano na slici u nastavku:



Zelene fasade se razlikuju od ostalih zelenih zidova po tome što su biljke ukorijenjene u tlu pored zgrade, a ne pričvršćene za sam zid i dijelimo ih na: a) izravno na zidu i b) s potpornom konstrukcijom.



### ***Prednosti zelenih krovova i fasada***

Prednosti zelenih krovova su sljedeće: biljna vegetacija smanjuje onečišćenost zraka i efekte stakleničkih plinova taloženjem i skladištenjem ugljika, smanjenje utjecaja urbanog toplinskog otoka, zadržavanje i čišćenje kišnice, smanjenje CO<sub>2</sub>, čišći zrak, prirodno stanište, produljeni životni vijek krova, učinkovita upotreba energije, smanjenje buke i jeftiniji su.

Prednosti zelenih fasada su sljedeće: okruženje, hlađenje lokalnog zraka, osiguravanje filtriranja zraka, smanjeni odvod oborinskih voda, ublažavanje onečišćenja bukom, uklanjanje ugljika iz zraka, bolja toplinska izolacija prostora (zimi grije, ljeti hladi), smanjenje buke, doprinos proizvodnji kisika i stvaranje zdrave klime za stanovanje, doprinos smanjenju stresa i poboljšavanje koncentracije i produktivnosti.

## ZAVRŠNI DIO

### Ponavljanje obrađenog nastavnog sadržaja

Sa učenicima ponavljam gradivo današnjeg sata.

### Samorefleksija učenika pomoću listića i povratna informacija nastavniku

Učenicima dijelim po jedan listić za samorefleksiju na koji pišu svoje mišljenje o današnjem satu, tj. što im se svidjelo, što im se nije svidjelo, što su naučili i o kojem pojmu bi htjeli naučiti više. Na samom kraju sata pozdravljam učenike, pohvaljujem ih za izvrsnu suradnju te im zahvaljujem na istoj.

## Izgled ploče

(Skicirati potpuni izgled ploče nakon obrađene teme /naslov, skice, crteži, tekst/ .)

### Potreba za obnovljivim izvorima energije

Zelena gradnja je cjelokupni proces osmišljanja, projektiranja, uporabe i održavanja temeljen na principu održivosti odnosno možemo reći da su to građevine koje su građene tako da štede novac koristeći minimalnu količinu energije i poštuju prirodu, čovjeka i okoliš.

Zeleni krov je svaki otvoreni, biljem zasijan, prostor od tla odvojen građevinskom ili drugom strukturom, a slojevi od kojih su napravljeni mogu biti organski ili anorganski.

Zelene fasade su sustavi koji se sastoje od biljaka penjačica koje imaju korijenje u specijalno za njih napravljenim posudama na zidu, ili jednostavno rastu iz tla.

Zelene krovove dijelimo na ekstenzivne, intenzivne i poluintenzivne krovove.

Zelene fasade se razlikuju od ostalih zelenih zidova po tome što su biljke ukorijenjene u tlu pored zgrade, a ne pričvršćene za sam zid i dijelimo ih na:



Prednosti zelenih krovova i fasada: biljna vegetacija smanjuje onečišćenje zraka i efekte stakleničkih plinove te smanjuje CO<sub>2</sub>.

\_\_\_\_\_ (potpis studenta)

\*Pregledao: \_\_\_\_\_

\*Datum: \_\_\_\_\_

### **Osvrt na izvođenje:**

(Sažet kritički osvrt na sadržajnu, stručno – teorijsku, organizacijsko – tehničku i subjektivnu komponentu vođenja nastavnog procesa.)

\*Ocjena: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (Potpis ocjenjivača)

\_\_\_\_\_ (Datum)

\* Popunjava se ako se obrazac koristi za nastavnu praksu studenata.

## 7. ZAKLJUČAK

Svijet su oduvijek, u većoj ili manjoj mjeri, pogađale ekološke katastrofe, a zadnjih nekoliko desetljeća uvelike se povećao njihov broj kao i nastale štete koje ne samo da pogađaju stanovništvo i gospodarstvo dotične zemlje već i sve one koji su na bilo koji način povezane s njima.

Kako bi unaprijedili svoj budući život odnosno ekologiju životnog okoliša, potrebno je sagledati i shvatiti današnje ekološke implikacije na budući razvoj. Globalno zagrijavanje, trošenje ozona, nestanak živih vrsta, te nestanak šuma, mora nas uvjeriti u činjenicu da je naša moć da se naškodi Zemlji zaista golema i da ima dugoročan učinak.

Zeleni krovovi i fasade koje možemo nazvati jednom riječju *zgradarstvo* čine važan dio zelene gradnje. Cilj zelene gradnje je primjena ekoloških i energetski prihvatljivih rješenja, što je ujedno i glavna funkcija zelenih krovova i fasada. Jedna od glavnih prednosti zelene gradnje te zelenih krovova i fasada je i kratko vrijeme povrata investicije u energetske učinkovitost. Obzirom na činjenicu da značajna potrošnja energije i emisije CO<sub>2</sub> dolaze iz građevinskog sektora, točnije 40% svjetske potrošnje energije, zelena gradnja je jedan od načina primjene strategije održivog razvoja.

Zeleni krovovi su slojevita kombinacija vegetacije i membrane preko zgrade koja može pomoći u izolaciji i pružanju upravljanja vodama, kao i ublažavanju učinaka otoka topline. Postoje različite vrste zelenih krovovih sustava koje su determinirane nagibom krova i njegovom strukturom, budućom uporabom ili vijekom trajanja, te vrstom vegetacije. Ispravno projektiran i pažljivo izveden zeleni krov ima veću trajnost od standardnih pokrova, zahtjeva minimalnu količinu energije za proizvodnju i izvedbu, a pridonosi kvalitetnijoj klimi, kako u samoj zgradi, tako i u okolišu općenito. Također, prednosti zelenog krova u odnosu na tradicionalne krovne pokrove su višestruke jer oni doprinose proizvodnji kisika, smanjuju količinu ugljičnog dioksida, prašine i ostalog onečišćenja u zraku, stvaraju novo prirodno stanište za floru i faunu, smanjuju buku, stvaraju zdraviju klimu u neposrednom okruženju i globalno (temperatura, vlažnost zraka), apsorbiraju negativno zračenje koje poboljšava mikroklimu, smanjuju vodni udar kod obilnih oborina, vraćaju stanište biljkama, kukcima i pticama te poboljšavaju opću kvalitetu života

Zelene fasade, relativno su novo oblikovno rješenje, koje zbog svoje atraktivnosti i ekoloških trendova nalazi sve brojniju primjenu u arhitektonskoj praksi. Zelene fasade se sastoje od biljaka penjačica koje imaju korijenje u specijalno za njih napravljenim posudama

na zidu, ili jednostavno rasti iz tla. Puze ili se penju po specijalnoj konstrukciji koja je montirana na zid (najčešće mreža od inoks užadi i nosača), a koja točno odgovara odabranoj biljnoj vrsti. Zelene fasade nude brojne prednosti poput korigiranja temperature zgrade, hlađenja lokalnog zraka, osiguravanja filtriranja zraka, smanjenja odvoda oborinskih voda, ublažavanje onečišćenja bukom, uklanjanje ugljika iz zraka i pružanja hlada.

Na mnogim građevinama zelena pročelja su estetski ugodna. Istraživanja pokazuju da ugodna estetska rješenja ljude čini opuštenijima, produktivnijima, i mentalno zdravima. Zelene fasade stvaraju privlačnu prirodnu fasadu, dodajući estetsku vrijednost građevini i pozitivno utječu na mentalno i fizičko blagostanje.

Nužno je društvo više educirati o dobrobitima obnovljivih izvora energije, održivoj gradnji, zelenoj gradnji i konkretnim prednostima zelenih krovova i fasada, kao i o pametnim tehnologijama koje se razvijaju iz dana u dan i koje su zasigurno budućnost građenja. U Republici Hrvatskoj lokalna vlast u odnosu na sektor zgradarstva treba poticati unaprjeđenja kroz razvoj financijskih te edukativnih mjera i mjera podizanja svijesti o energetske uštedama dok državna vlast treba subvencionirati mjere energetske učinkovitosti kao što su zamjena stolarije, ugradnja termostatskih ventila i prelazak s jednog energenta na drugi. Na taj način bi se sprečavalo neracionalno rasipanje energije, smanjili bi se troškovi za održavanje, poboljšala bi se kvaliteta prostora u kojem se svakodnevno boravi i doprinijelo konceptu održivog razvoja na globalnoj razini.

## LITERATURA

- [1] [http://powerlab.fsb.hr/enerpedia/index.php?title=FINALNA\\_POTROŠNJA\\_I\\_ENERGETSKA\\_EFIKASNOST#I.\\_ZGRADE\\_I\\_OKU.C4.86NICE](http://powerlab.fsb.hr/enerpedia/index.php?title=FINALNA_POTROŠNJA_I_ENERGETSKA_EFIKASNOST#I._ZGRADE_I_OKU.C4.86NICE), s Interneta, 23. travnja 2021.
- [2] „Narodne novine“, s interneta, <https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/dodatni/431066.pdf>, 21. travnja 2021.
- [3] Stojaković, A.: „Ekološka svijest i održivi razvoj“, Paneuropski fakultet Apeiron, Banja Luka, 2009.
- [4] Črnjar, M.; Črnjar, K.: „Menadžment održivog razvoja“, Fakultet za menadžment u turizmu i ugostiteljstvu u Opatiji Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2009.
- [5] Afrić, K.: „Ekološka svijest – pretpostavka rješavanja ekoloških problema“, Ekonomski pregled, br 5-6, str. 578, Zagreb, 2002.
- [6] Gvozdić, V.: „An Analysis of the Pollution Problem in Slavonski Brod“, Department of Chemistry, Osijek, 2011.
- [7] Cvitković, A. et al (2015.) Studija procjene mogućeg utjecaja ekoloških čimbenika na zdravstveno stanje stanovništva brodsko-posavske županije. Slavonski Brod: ZZJZ Brodsko-posavske županije, str. 17
- [8] Podnar, O.: „U raljam globalnog onečišćenja“, s Interneta <http://www.vasezdravlje.com/izdanje/clanak/2252/>, 6. travnja 2021.
- [9] HEP ESCO d.o.o, „Zgradarstvo“ s Interneta, <https://www.hep.hr/esco/esco-projekti/zgradarstvo/zgradarstvo-3093/3093>, 25. travnja 2021.
- [10] Energetska učinkovitost u zgradarstvu", HEP Toplinarstvo d.o.o, s Interneta [https://hr.wikipedia.org/wiki/Energetska\\_u%C4%8Dinkovitost](https://hr.wikipedia.org/wiki/Energetska_u%C4%8Dinkovitost), 6. travnja 2021.
- [11] Cmrečki, G.: „Zeleni krovovi“, s Interneta [http://www.arhitekto.hr/menu.html?http://www.arhitekto.hr/\\_zelenikrovovi.html](http://www.arhitekto.hr/menu.html?http://www.arhitekto.hr/_zelenikrovovi.html), 15. travnja 2021.
- [12] Ministarstvo prostornoga uređenja, graditeljstva i državne imovine - Zgrade gotovo nulte energije nZEB (gov.hr)
- [13] Baldwin, E.: „An Architect’s Guide To: Green Roofs“, s Interneta <https://architizer.com/blog/product-guides/product-guide/green-roofs/>, 15. travnja 2021.
- [14] „Građevne konstrukcije“ s interneta, <http://casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE-58-2006-04-09.pdf>, 21. travnja 2021.
- [15] Draco.hr : „Zeleni krovovi“, s Interneta <https://www.dracopro.com/zeleni-krovovi/#sto-su>, 18. travnja 2021.

- [16] Groenblau, Nl: „Green facades“, s Interneta  
<https://www.urbangreenbluegrids.com/measures/green-facades/>, 20. travnja 2021.
- [17] Clapp, L. ; Klotz, H.: „Green wall“, s Interneta  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Green\\_wall](https://en.wikipedia.org/wiki/Green_wall) , 20. travnja 2021.
- [18] Corna, J. : „Vertical greenery systems for energy savings in buildings: A comparative study between green walls and green facades“, s Interneta  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132316304383>, 20. travnja 2021.
- [19] „Nastavni program za predmet obnovljivi izvori energije“, Ministarstvo znanosti i obrazovanja RH, s interneta,  
[https://mzo.gov.hr/UserDocsImages//dokumenti/Obrazovanje/StrukovnoObrazovanje/NastavniPlanovi-Strukovno/StrojarstvoBrodogradnjaMetalurgija//2-oie\\_teh\\_za\\_energetiku-lektor-29-12-16.pdf](https://mzo.gov.hr/UserDocsImages//dokumenti/Obrazovanje/StrukovnoObrazovanje/NastavniPlanovi-Strukovno/StrojarstvoBrodogradnjaMetalurgija//2-oie_teh_za_energetiku-lektor-29-12-16.pdf), 15. travnja 2021.
- [20] Gradimo.hr, „Zgrade građene u razdoblju od 1970. do 1987. godine“ s Interneta,  
<https://www.gradimo.hr/arhitektura-i-projektiranje/zgrade-gradene-u-razdoblju-od-1970-do-1987-godine/>, 23. travnja 2021.
- [21] Cmrečki, G.: „Zeleni zidovi“, s Interneta  
[http://www.arhiteko.hr/menu.html?http://www.arhiteko.hr/\\_zelenizidovi.html](http://www.arhiteko.hr/menu.html?http://www.arhiteko.hr/_zelenizidovi.html), 15. travnja 2021.