

# Zeleni krovovi i zelene fasade

---

**Marić, Antea**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2023**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:957974>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-14**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,  
University of Zagreb](#)





SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GRAĐEVINSKI FAKULTET

Antea Marić

**ZELENI KROVOVI I ZELENE FASADE**  
ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GRAĐEVINSKI FAKULTET

Antea Marić

**ZELENI KROVOVI I ZELENE FASADE**  
ZAVRŠNI RAD

Ime i prezime mentorice:  
prof. dr. sc. Nina Štirmer

Ime i prezime studentice:  
Antea Marić

Zagreb, 2023.

## SAŽETAK

Danas u svijetu ima sve manje i manje zelenih površina. Kao posljedica toga javljaju se mnogi problemi. Moderna arhitektura i drugačiji način života uvode potrebe za izgradnjom zelenih krovova, zelenih zidova i fasada. Postoji niz prednosti korištenja istih. Razlikuju se različite vrste zelenih krovova i zelenih zidova. Svaki od njih koristi odgovarajuće vrste bilja koje je pogodno za uvjete u kojima se nalazi. Zeleni krovovi predstavljaju vrstu krova na zgradama koji su djelomično ili potpuno prekriveni vegetacijom i medijem za uzgoj, zasađenim preko hidroizolacijske membrane. Uz zelene krovove postoje i zelene fasade koje kao i zeleni krovovi doprinose smanjenju urbanog toplinskog otoka, poboljšanju mikroklimе, ugodnosti prostora i bioraznolikosti. Zeleni krovovi mogu obuhvaćati i namjene kao što su prikupljanje i skladištenje energije i vode te pristupačnost za javnu i privatnu upotrebu. U radu su opisane vrste zelenih krovova i fasada te unutarnjih zelenih zidova, njihova svrha te način projektiranja i održavanja. Također su prikazani primjeri zelenih krovova i zelenih fasada na postojećim građevinama.

**Ključne riječi:** zelene površine; zeleni krovovi, zelene fasade i zidovi; prednosti; vrste zelenih krovova i zelenih zidova; vrste bilja; svrha, projektiranje i održavanje

## SUMMARY

Today in the world there are less and less green areas. Many problems are arriving as result of it. Modern architecture and different way of life introduce the need for the construction of green roofs, green walls and facades. There are lot advantages tu using them. There are few different types of green roofs and green walls. Every type uses appropriate types of plants that are suitable for the conditions in which is located. Green roofs are a type of roofs on buildings that are partially or completely covered with vegetation and growing medium, planted over a waterproofing membrane. In addition to green roofs, there are also green facades that like green roofs contribute to the reduction of the urban heat island, the improvement of the microclimate, the comfort of the space and biodiversity. Green roofs can also include uses such as energy and water collection and storage and accessibility for public and private use. The paper describes the types of green roofs and facades and internal green walls, their

purpose, and the method of design and maintenance. Examples of green roofs and green facades on existing buildings are also shown.

**Key words:** green areas; green roofs, green walls and green facades; advantages; types of green roofs, green facades and walls; types of plants; maintenance; purpose, design and mainten

# SADRŽAJ

1. UVOD.....	6
2. ZELENI KROV .....	7
2.1. Vrste zelenih krovova.....	7
2.2. Slojevi zelenih krovova.....	9
2.3. Vrste multifunkcionalnih zelenih krovova, fasada i elemenata interijera .....	10
2.4. Solarni paneli.....	13
2.5. Prednosti postavljanja zelenih krovova.....	15
2.6. Nedostaci zelenih krovova .....	17
2.7. Namjena zelenih krovova.....	17
2.7.1. Krov za smanjenje volumena i brzine otjecanja površinske vode s krova .....	17
2.7.2. Projektiranje za udobnost .....	17
2.7.3. Projektiranje za maksimiziranje biološke raznolikosti .....	17
2.8. Projektiranje.....	18
2.9. Cijena i održavanje.....	19
3. ZELENE FASADE I ZIDOVI.....	20
3.1. Povijest vertikalnih zidova.....	20
3.2. Sustavi zelenih zidova .....	22
3.3. Vrste zelenih zidova .....	24
3.4. Sustavi upravljanja vodama.....	27
3.5. Vrste biljaka koje se koriste za žive zidove .....	28
3.6. Prednosti zelenih zidova .....	30
3.7. Nedostaci zelenih zidova.....	32
3.8. Održavanje zelenog zida .....	32
3.9. Cijena zelenog zida .....	34
4. VERTIKALNE ŠUME .....	35
5. ZAKLJUČAK.....	38
LITERATURA .....	40
POPIS SLIKA .....	43
POPIS TABLICA .....	47

## 1. UVOD

Zeleni krov ili živi krov je krov zgrade koji je djelomično ili potpuno prekriven vegetacijom i medijem za uzgoj, zasađenim preko hidroizolacijske membrane. Obuhvaća zelene krovove, fasade i elemente interijera koji mogu uključivati nekoliko drugih namjena kao što su prikupljanje i skladištenje energije i vode te pristupačnost za javnu i privatnu upotrebu. Zeleni krovovi imaju niz prednosti. Postaju sve važniji kao mehanizam za ublažavanje oborinskog otjecanja. Jedna od najvažnijih prednosti je smanjenje efekta urbanog toplinskog otoka [1].

Moderna arhitektura i drugačiji način života doveli su do promjena u gradnji krovova. Iako zeleni krovovi datiraju iz antičkih vremena, posljednjih nekoliko desetljeća ponovno imaju tendenciju primjene u svijetu, pa tako i u Hrvatskoj. Veliki majstori moderne arhitekture zaslužni su za povratak zelenih krovova u projektiranju. Jedan od najvažnijih je Le Corbusier [2]. Postupak ozelenjavanja krova je stručno zahtjevan zadatak i potrebno je izraditi projekt sa svim detaljima, opisima i proračunima [3]. Cijena zelenog krova po kvadratnom metru ovisi o vrsti zelenog krova, njegovoj namjeni i kvaliteti [1].

Zeleni zidovi su vertikalne strukture na koje su postavljene različite vrste bilja i zelenila. U zidovima se koriste žive biljke i zbog toga se ugrađuju sustavi za navodnjavanje. Razlikuju se zeleni zidovi i zelene fasade. Kod zelenih zidova medij za rast nalazi se na površini zida, dok je kod zelenih fasada ukorijenjen u tlo. Zelenilu na fasadama potrebno je dosta vremena da dovoljno naraste da prekrije cijeli zid, a zeleni zidovi mogu biti unaprijed uzgojeni [4]. Postoji zeleni zid prikladan za svaki prostor. Svaki zid je posebno projektiran koristeći različite vrste biljaka koje se razlikuju po boji, rastu, cvjetovima i time se stvara živa umjetnost [5]. Zelene fasade koriste se kod stambenih i poslovnih zgrada, a mogu se koristiti i na drugim objektima kao npr. garažama [6]. Cijena zelenog zida ovisi o željama i raspoloživim financijama naručitelja.

Sindrom bolesne zgrade problem je modernog vremena. U zgradama i uredima prisutna su otrovna isparavanja koja negativno utječu na zdravlje ljudi. Sve veći broj ljudi radi u zatvorenim prostorima i nešto se treba poduzeti. Zato se sve više izvode zeleni zidovi, fasade i zeleni krovovi [5].

## 2. ZELENI KROV

### 2.1. Vrste zelenih krovova

Razlikuju se dvije osnovne vrste zelenih krovova. To su intenzivni i ekstenzivni krovovi.

Intenzivni zeleni krovovi ili krovni vrtovi su kao mali urbani parkovi. Imaju duboki sloj zemlje koji može podržati različite biljke, drveće i grmlje. Autohtone vrste (biljke koje bi prirodno rasle u lokalnom području) mogu pružiti stanište za životinje. Intenzivni zeleni krovovi su projektirani tako da je omogućen pristup ljudima. Zahtijevaju redovito održavanje [1]. Prema [7], intenzivno zelenilo za normalan rast treba sloj zemlje debljine približno 120 cm, a opterećenje na nosivu konstrukciju iznosi 300 do 500 kg/m<sup>2</sup>. Najčešće se koriste na poslovnim zgradama gdje služe kao mjesto za opuštanje ili rad u okruženju prirode [8].

Primjer intenzivnog zelenog krova prikazan je na slici 1.



*Slika 1. Intenzivni zeleni krov [9]*

Ekstenzivni zeleni krovovi su lakši s plitkim slojem zemlje i najčešće nisu projektirani za pristup ljudima. Zahtijevaju malo održavanja, a opskrba vodom i hranjivim tvarima uglavnom se provodi prirodnim procesima. Razlikuju se tri glavne vrste ekstenzivnih zelenih krovova. Prva vrsta je sedum ili prostirke s vegetacijom. Prostirke su tkanine koje se pripremaju prije izgradnje zelenog krova. Te podloge se posipaju reznicama seduma, ostavljaju se u odgovarajućim uvjetima da izrastu u tkaninu. Kada su tepisi spremni, smotaju se i dostavljaju



na gradilište te na kraju polažu na krov.

Drugu vrstu čini sloj zemlje na kojem se izravno sade male biljke. Ove biljke, često sedum, uzgajaju se u malim posudama.

Treću vrstu čini sloj tla koji se posadi sjemenom koje je prikladno za lokalnu sredinu. Ova vrsta krova je još poznata kao bioraznoliki ili smeđi krov [1]. Prema [7], Ekstenzivno zelenilo treba sloj zemlje debljine 5 do 15 cm i opterećenje na konstrukciju iznosi 50 do 500 kg/m<sup>2</sup>. Najčešće se nalaze u obiteljskim i stambenim zgradama te na garažama. Za vrijeme sušnih razdoblja postanu smeđi, ali s kišom ponovno ožive [8]. Primjer ekstenzivnog zelenog krova prikazan je na slici 2. Presjek intenzivnog i ekstenzivnog zelenog krova prikazan je na slici 3.

Postoje i poluintenzivni zeleni krovovi koji zahtijevaju povremeno održavanje i uključuju mješovitu vegetaciju. Nalaze se između intenzivnih i ekstenzivnih zelenih krovova [9].

U tablici 1 prikazane su opće značajke ovih vrsta zelenih krovova.

Prilikom odabira vrste zelenog krova potrebno je razgovarati s konzultantima, ekolozima i stručnjacima kako bi oni odlučili koji je zeleni krov najbolji za zadani projekt - važno je poznavati nagib krova, vrstu konstrukcije, vrstu hidroizolacije, predviđeno opterećenje, kakva se struktura i buduća upotreba te životni vijek želi postići [1].



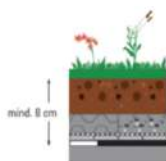
*Slika 2. Ekstenzivni zeleni krov [9]*

Tablica 1. Vrste zelenih krovova [10]

**Vrste zelenih krovova**



Vrsta	Ekstenzivni	Poluintenzivni	Intenzivni
Održavanje	malo	periodično	veliko
Navodnjavanje	nema	periodično	redovito
Biljne zajednice	mahovina-sedum-bilje i trave	trava-začinsko bilje i grmlje	travnjak ili trajnice, grmlje i drveće
Visina nadogradnje sustava	60 – 20 mm	120 – 250 mm	150 – 400 mm na podzemnim garažama > 1000 mm
Težina	60 – 150 kg/m <sup>2</sup>	120 – 200 kg/m <sup>2</sup>	180 – 500 kg/m <sup>2</sup>
Cijena	mala	srednja	velika
Korištenje	ekološki zaštitni sloj	dizajnirani zeleni krov	park kao vrt



Ekstenzivni – prirodno malo održavanje zelenog krova



Intenzivni – parkovi i vrtovi

Slika 4. Presjek ekstenzivnog i intenzivnog zelenog krova [11]

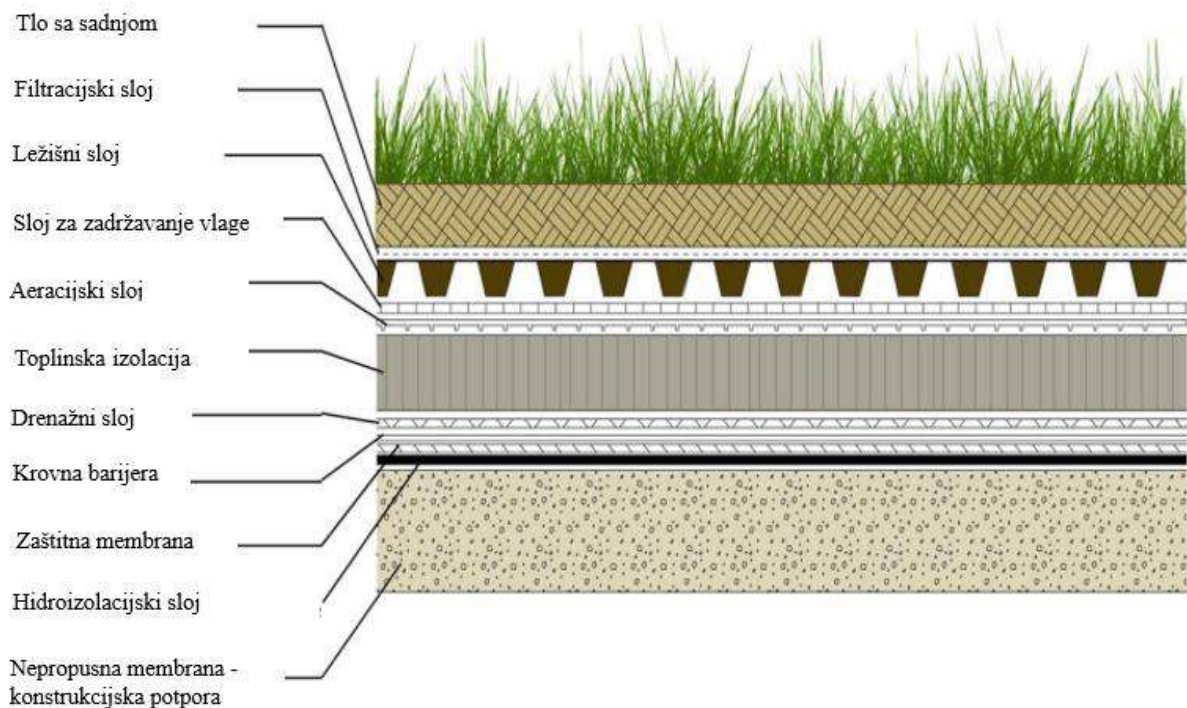
## 2.2. Slojevi zelenih krovova

Zeleni krovovi su slojevita kombinacija vegetacije i membrana.

Zeleni krovovi na dnu imaju nepropusnu membranu za zaštitu građevinskih dijelova zgrade. Zatim slijedi izolacijski sloj i još jedan zaštitni sloj koji će spriječiti oštećenja od korijenja ili bilo kojeg drugog djelovanja. Izolacijski sloj može biti dio zaštitnog sloja ili se postavlja iznad zaštitnog sloja. Preko izolacijskog i zaštitnog sloja postavlja se drenažni sloj. Drenažni sloj je od laganog šljunka ili lagane granulirane gline. Njime se zadržava zrak u zelenom krovu i upija se sva dodatna voda te se skladišti voda koju kasnije koriste biljke. U svrhu

održavanja drenažnog sloja važno je osigurati da se točkama odvodnje može pristupiti odozgo. Na vrhu drenažnog sloja postavlja se filtarska podloga za upijanje vode, njome se sprječava erodiranje sitnije zemlje. Gornje slojeve sustava zelenog krova čine zemlja ili supstrat, biljke i zaštita od vjetra. Sloj zemlje sastoji se od laganog materijala (granule gline, drobljene opeke) i pomaže u drenaži i opskrbi biljaka hranjivim tvarima. Zaštitom od vjetra štiti se sloj zemlje dok se ne primi korijenje [1].

Slojevi zelenog krova su prikazani na slici 4.



Slika 4. Slojevi zelenog krova [9]

### 2.3. Vrste multifunkcionalnih zelenih krovova, fasada i elemenata interijera

Uz zelene krovove razlikuju se još i plavi, crveni, žuti i sivi krovovi. Plavi krovovi služe za zadržavanje i prikupljanje vode; crveni za društvene funkcije; žuti za generiranje održive energije – struje ili topline; sivi za tehničke funkcije. Najčešće se ove vrste krovova međusobno kombiniraju u različitim oblicima.

Primjer kombinacije zelenog i crvenog krova je projekt realiziran na Vierhavenstripu u Rotterdamu. Na mjestu nekadašnjeg ranžirnog kolodvora izgrađene su komercijalne i poslovne površine, a iznad njih na krovu je izveden veliki park koji je najveći park na krovu u Europi. Park je otvoren 2013. i zauzima 80.000 m<sup>2</sup>. Najveći dio parka napravljen je koristeći

Nophadrainov sustav intenzivnih zelenih krovova. Privlači veliki broj posjetitelja. Lako je dostupan i do njega se može doći brojnim stepenicama i liftovima. Na njemu se može popiti i pojesti, ima sadržaja za djecu, tematskih vrtova. Kao takav odlično je mjesto za opuštanje. Krovna konstrukcija zaštićena je principom obrnutog krova gdje je toplinska izolacija iznad završnog pokriva umjesto ispod njega. Vodonepropusna izolacija ima dovoljnu tlačnu čvrstoću da podnese opterećenje svih elemenata koji su iznad nje [12]. Nophadrain je jedna od vodećih svjetskih kompanija na području razvoja sustava zelenih krovova. Rijetko se koja tvrtka bavi isključivo zelenim krovovima [13]. Park na krovu u Rotterdamu prikazan je na slici 5.



*Slika 5. Primjer kombinacije zelenog i crvenog krova na Vierhavenstripu u Rotterdamu [12]*

Kod kombinacije plavog i zelenog krova, zeleni krov koristi drenažni sloj za bočnu drenažu i navodnjavanje, a tehnologija plavog krova želi povećati volumen pohranjene vode i kontrolirati količinu ispuštene vode. Ovom kombinacijom povećavaju se ukupne prednosti ozelenjivanja. Plavi krovovi služe za skladištenje kišnice i imaju neke prednosti kao što su privremeno skladištenje oborina, smanjenje protoka s krova, skladištenje za ponovnu upotrebu kao npr. navodnjavanje, mogućnost rekreacije. Plavi krovovi mogu biti otvorene vodene površine ili mogu biti postavljeni ispod popločenja ili šindre te mogu činiti drenažni i potporni sloj. Pametnom tehnologijom može se upravljati načinom na koji se voda skladišti i ispušta.

Kombinacija plavog, zelenog i žutog krova daje širok raspon prednosti i jedan je od najpametnijih zelenih krovova. Često se na plavo zelenim krovovima postavljaju solarne panele [14]. Na slici 6. prikazan je plavo zeleni krov.



*Slika 6. Kombinacija zelenog i plavog krova [14]*

Primjer kombinacija zelenih krovova sa sivim i crvenim su vodeni parkovi. Na slici 7. prikazan je vodeni park u Singapuru.



*Slika 7. Vodeni park u Tampinesu u Singapuru [15]*

U novije vrijeme krovovi postaju mjesto za uzgoj hrane. U Chicagu je jedan zeleni krov pretvoren u krovnu farmu s 20.000 četvornih stopa. U postojeći medij dodavano je puno dodataka i hranjivih tvari. Trebalo je provesti provjere kako bi se utvrdilo je li krov dovoljno čvrst da izdrži dodatnu težinu tla za proizvodnju te obučiti ljude da ne bi oštetili krovnu membranu. Farma se nalazi na vrhu McCormick Placea, najvećeg kongresnog centra u Sjevernoj Americi. Na farmi se uzgajaju kelj, mrkva, rotkvica, paprika, grah, cikla, cherry rajčica itd. [16]. Na slici 8. prikazana je krovna farma na vrhu McCormick Placea.



*Slika 8. Krovna farma na vrhu McCormic Placea u Chicagu [17]*

Krovovi se sve više koriste za povećanje urbane poljoprivrede. Još jedan primjer krovne farme je certificirani zeleni restoran Uncommon Ground prikazan na slici 9. [16]

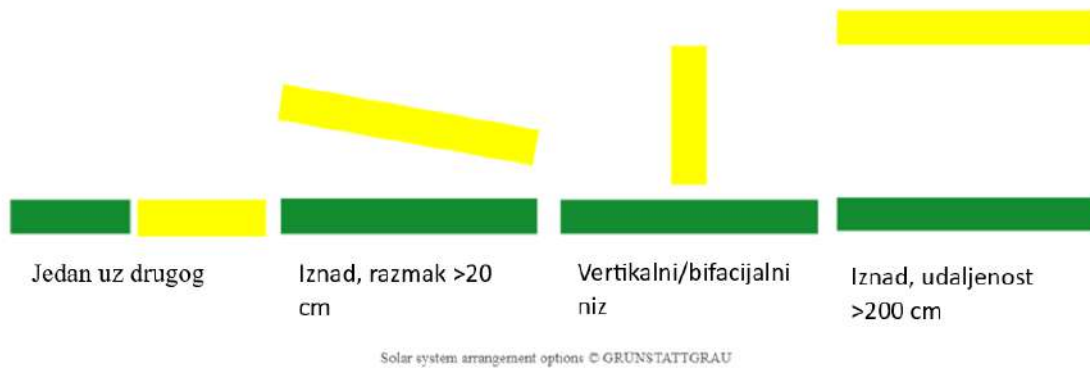


*Slika 9. Krovna farma restorana Uncommon Ground [16]*

#### **2.4. Solarni paneli**

Zeleni su krovovi idealni za montažu solarnih kolektora, pogotovo u područjima s velikim brojem sunčanih sati [18]. Solarnim kolektorima sunčeva se energija pretvara u toplinsku energiju vode. Solarni kolektori su uz spremnik vode i regulacije dio solarnog sustava [19]. Solarni paneli su dio solarnog sustava uz transformator i priključak na kućnu električnu mrežu. Kod solarnih panela ključne su dvije stvari: sunčeva svjetlost koja potiče kemijske elemente (fosfor, silicij, bor) da otpuštaju elektrone i mehanizam koji novonastalu energiju može transformirati u električnu energiju. Transformator je ključan za pretvorbu stvorene energije u izmjeničnu [20]. Uz zelenilo se mogu postaviti fotonaponske ćelije kojima se ostvaruju velike uštede energije uz pravilno projektiranje. Bitno je napomenuti da se sunčeva energija može prikupljati i tijekom oblačnih i maglovitih dana [18]. Solarne panele moguće je složiti u različitim kombinacijama čime je omogućeno višenamjensko korištenje raspoložive površine. Ovisno o raspoloživoj površini i željenoj funkciji zelene površine, raspored panela

može biti kako je prikazano na slici 10. [11]



*Slika 10. Položaj solarnih panela [11]*

Prilikom postavljanja solarnih panela iznad zelene površine, treba biti dobro izmjerena udaljenost. Mora biti osigurana distribucija vode ispod panela i kroz zeleni krov. Nizovi okomito postavljenih bifacijalnih (apsorbiraju sunčevu svjetlost i s prednje i sa zadnje strane [21]) solarnih panela omogućavaju vegetaciji slobodan rast. U slučaju da su solarni paneli postavljeni više od 2 m iznad zelenog krova, stvara se zasjenjeni prostor ispod solarnog sustava što omogućava višenamjensko korištenje solarnog zelenog krova [11]. Ako se žele postaviti solarne panele potrebno je prikupiti sve račune za struju u posljednjih godinu dana kako bi se izračunala godišnja potrošnja električne energije. Sva energija koju proizvode paneli treba se i potrošiti. Glavni projektant će pomoću GPS lokacije kuće odrediti na kojoj se strani svijeta kuća nalazi, kakav je nagib krova, koliko panela stane na krov i druge informacije [22]. Primjeri solarnih panela prikazani su na slici 11.



*Slika 11. Solarni paneli [20]*

Solarni paneli sve su popularnije i u Hrvatskoj. Na slikama ispod prikazani su klinika za psihijatriju Sveti Ivan u Zagrebu i solarna stabla u Požegi.



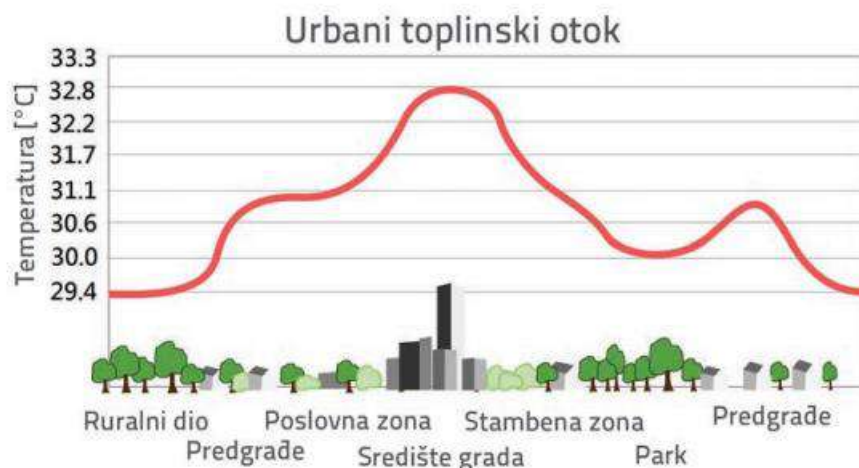
*Slika 12. Klinika za psihijatriju Sveti Ivan u Zagrebu [23] i solarna stabla u Požegi [24]*

## **2.5. Prednosti postavljanja zelenih krovova**

Zeleni krovovi imaju mnogobrojne prednosti kao što su:

- smanjenje količine površinske vode koja otječe s krova čime je smanjen rizik pojave poplava, mogu pomoći u smanjenju iznenadnih poplava koje su posljedica intenzivnih padalina; kod nekih projekata pokazalo se godišnje smanjenje otjecanja od najmanje 40 % (obično 60 %-70 %), za intenzivne zelene krovove zadržavanje vode može biti i do 90 % [1]
- smanjenje efekta urbanog toplinskog otoka [11]  
Urbani toplinski otok je fenomen zbog kojeg su temperature u gradovima više za nekoliko stupnjeva nego u okolnim ruralnim područjima. Zbog ovog fenomena veća je potrošnja energije, zagađenje u urbanom području itd. Učinak urbanog toplinskog otoka može se smanjiti izgradnjom zelenih krovova na gradskim zgradama. Zeleni krovovi sprječavaju apsorbiranje topline i hlade zrak oko sebe. Postavljanjem prskalica na krovu smanjuje se efekt urbanog toplinskog otoka, prskalice vlaže površinu i zrak se hladi isparavanjem [25].





Slika 13. Usporedba temperatura u gradovima i okolnim područjima [26]

- doprinose održivim sustavima odvodnje i poboljšavaju kvalitetu vode [1], pomažu u smanjenju iznenadnih poplava kao posljedica intenzivnih padalina [11]
- pružanje staništa, skloništa i mjesta prehrane životinja [1]; neka istraživanja su pokazala da su sklonište za rijetke vrste beskralježnjaka [11], promiču bioraznolikost u urbanim područjima [27]
- iskoristiva zelena površina - ugodniji životni prostori, prostor za opuštanje [1]
- smanjenje količine prašine i zagađivača u zraku [1]
- smanjenje emisija CO<sub>2</sub> tj. efekta staklenika [2]
- poboljšanje izgleda građevine i okolnog prostora [1]
- pružanje dodatne toplinske i zvučne izolacije [1]; zvučni valovi se apsorbiraju, odbijaju ili skreću, mediji za uzgoj nastoje blokirati niže frekvencije zvuka, a biljke blokiraju više frekvencije [11]. Buka se u unutarnjim prostorima zgrade može smanjiti za 40 dB. Preporučuje se da se zeleni krov izvodi u okolici zračnih luka, tvornica, garaža, bolnica, škola, dječjih vrtića itd. [3]
- poboljšanje energetske učinkovitosti, biljke apsorbiraju sunčevu energiju i smanjuju temperaturu krova ljeti, a zimi zadržavaju toplinu unutra [28]
- povećanje vijeka trajanja krovne membrane [1], udvostručuje se pa čak i utrostručuje vijek trajanja hidroizolacijskih membrana [11]
- povećanje učinkovitosti fotonaponskih sustava i posljedično daju maksimalnu energiju [2].

## 2.6. Nedostaci zelenih krovova

Kod zelenog krova postoji mali broj nedostataka. Jedan od njih je cijena – skuplji su od tradicionalnih krovova zbog povećanog opterećenja i zahtijevaju veću strukturnu podršku. Potrebna su redovita održavanja i zahtijevaju zalijevanje i hranjenje. Ipak, unatoč velikom početnom ulaganju, s vremenom ti krovovi nadoknađuju utrošeno. Kada se razmisli o nizu prednosti zelenog krova, nema razloga da cijena odigra ulogu u odluci [28].

## 2.7. Namjena zelenih krovova

### 2.7.1. Krov za smanjenje volumena i brzine otjecanja površinske vode s krova

Sve vrste zelenih krovova smanjit će količinu površinske vode koja otječe s krova. Kišnica se kratkotrajno zadrži na zelenim krovovima, a prilikom otpuštanja veliki dio se zadrži na biljkama i zemlji, a manji dio ispari u atmosferu. Ovisno o godišnjem dobu (biljke i tlo će zadržati više vode tijekom ljetnih mjeseci), veličini i dubini zelenog krova te vrsti bilja, krov će zadržati određenu količinu vode. Intenzivni će krovovi vjerojatno zadržati više vode zbog svoje veličine i dubine tla [1].

### 2.7.2. Projektiranje za udobnost

I intenzivni i ekstenzivni zeleni krovovi djeluju na karakter i izgled područja. Intenzivni zeleni krovovi projektirani su kao prostor za opuštanje ljudi. Pružaju otvoren prostor ugodan za boravljenje i opuštanje. Posebno su važni u urbanim izgrađenim područjima [1].

### 2.7.3. Projektiranje za maksimiziranje biološke raznolikosti

Svi zeleni krovovi podržavaju bioraznolikost, ali neki mogu biti posebno projektirani za maksimiziranje bioraznolikosti. Zeleni krovovi bioraznolikošću pružaju stanište za životinje i osiguravaju im neometan prostor, nadoknađuju staništa koja su izgubljena urbanim razvojem. Učinkovitost zelenih krovova za bioraznolikost ovisit će o njihovoj veličini i strukturi tla te dubini tla, mediju za uzgoj, hidrologiji, topografiji itd. Zeleni krov izgrađen u svrhu bioraznolikosti najčešće je ekstenzivan. Razlog tomu je što ih ne koriste ljudi i mogu pružiti neometana staništa za biljke, ptice i insekte. Dubina tla kod ekstenzivnog zelenog krova je plitka i iznosi između 5 i 20 cm, podržava zajednice seduma/mahovine ili poljsko cvijeće. Naravno, i intenzivan zeleni krov može omogućiti bioraznolikost ako se ometanja svedu na

minimum. Što je područje zelenog krova veće, time je više staništa i veći je njegov značaj za životinje. Zajednice seduma uspijevaju u plitkim tlima od 0 do 5 cm. Na potencijal bioraznolikosti zelenog krova uvelike utječe uzgojni medij. Važno je odabrati biljke koje će se koristiti u odnosu na postojeći lokalni okoliš. Više će pridonijeti autohtone biljne vrste koje su karakteristične za lokalno područje. Alohtone vrste (biljke ili životinje koje ne pripadaju području, donesene iz nekog drugog mjesta [29]) koje imaju potencijal postati invazivne i proširiti se, moraju se izbjegavati zbog mogućnosti proširenja na postojeća lokalna staništa i zelene površine. Prilikom odabira bilja, mora se i paziti koje će vrste uspjeti preživjeti na zadanoj visini krova [1].

## **2.8. Projektiranje**

Prilikom projektiranja zelenog krova, potrebna je suglasnost/dozvola za projektiranje. Treba se osigurati pristup zbog održavanja. Svi zeleni krovovi zahtijevaju određeni stupanj održavanja. Ekstenzivni zeleni krovovi zahtijevaju manje održavanja od intenzivnih krovova, potrebna su im rutinska čišćenja i raščišćavanja. Pristup krovu ostvaruje se u obliku ljestvi i otvora. Postoji mnogo dobavljača i proizvođača zelenih krovova koji se mogu odabrati prilikom projektiranja i trebaju biti uključeni u taj proces. Razumijevanje bioraznolikosti i staništa glavni je uvjet pri odabiru zelenog krova. Bioraznolikost je usko povezana sa svime - od upravljanja vodom do izolacije. Postoji opasnost od požara zbog suhe vegetacije na zelenim krovovima. Kako bi smanjili opasnost od požara, potrebno je rutinsko održavanje i pokušati osigurati da supstrat zelenog krova ne sadrži veliku količinu organskog sadržaja. Tijekom projektiranja potrebno je odrediti raspored održavanja. Potrebno održavanje ovisi o rezultatu kojeg klijent želi. Dobro je prilikom projektiranja odrediti i troškove održavanja [9]. Pri projektiranju potrebno je proračunati nosivost konstrukcije, projektirati nagib površine za odvod vode s razine hidroizolacije, osmisliti odvodne putove, kod intenzivnog zelenog krova projektirati ručno ili automatsko zalijevanje, pri većim ili intenzivno prohodnim površinama planirati prohodne putove, prilagoditi sigurnosne zahtjeve na području jakog vjetra ili viših zgrada, uzeti u obzir pravila sigurnosnih ograda pri prohodnim ili voznim površinama itd. Postupak ozelenjivanja krova je stručno zahtjevan zadatak i potrebno je izraditi projekt sa svim detaljima, opisima i proračunima [3].

## 2.9. Cijena i održavanje

Cijena zelenog krova po kvadratnom metru ovisi o vrsti zelenog krova, njegovoj namjeni i kvaliteti. Intenzivni zeleni krovovi bit će skuplji od ekstenzivnih zelenih krovova. Cijena zelenog krova će varirati ovisno i o dizajnu i značajkama koje treba imati (npr. drveće i jezerca). Zeleni krovovi mogu i uštedjeti novac jer pružaju izolaciju i zimi (smanjeni troškovi grijanja) i ljeti (nije potrebna ventilacija) [1].

Intenzivni zeleni krovovi zahtijevaju redovito održavanje. Travnjaci zahtijevaju košenje jedanput ili dvaput tjedno, gredice s biljkama zahtijevaju polijevanje jednom ili dvaput tijekom vegetacijske sezone. Obično ekstenzivni zeleni krovovi zahtijevaju jednogodišnje ili dvogodišnje posjete radi uklanjanja smeća, provjere odvoda, protupožarnih prolaza, uklanjanja neželjenog bilja. Najviše održavanja zahtijevaju u prve tri godine i to je odgovornost pružatelja usluga zelenog krova. Intenzivne zelene krovove potrebno je zalijevati i čistiti od korova. Veće biljke, drveće treba obrezati kako bi bili sigurni tijekom djelovanja vjetra. Kako bi izbjegli začepjenja, potrebno je provjeravati odvode i žlijebove [1].

### **3. ZELENE FASADE I ZIDOVI**

Moderno graditeljstvo sve veću pažnju daje zelenim zidovima koji se postavljaju u unutarnjim i vanjskim prostorima te na zidovima i fasadama [6]. Zbog klimatskih promjena i energetske zahtjeva projektanti su počeli razvijati nove pristupe poboljšanja kvalitete okoliša u urbanim područjima. Jedan od tih pristupa je izvedba vertikalnih vrtova [30]. Zeleni zid je vertikalni zid koji je djelomično ili potpuno prekriven vegetacijom. Okosnica svakog zelenog zida je pažljivo planiran i izveden uzgojni medij [31]. Zelene se fasade najčešće koriste kod stambenih i poslovnih zgrada [6]. Vanjski zeleni zidovi su vizualni elementi koji mogu biti isplativi jer smanjuju ukupne temperature, skupljaju kišnicu, izoliraju zgrade. Ti zidovi trebaju izdržati vremenske okolnosti u kojima se mogu naći što nekad može rezultirati negativnim posljedicama. Unutarnji zeleni zidovi imaju dosta ograničenja jer moraju odgovarati prostoru u kojem se nalaze i zbog tih ograničenja jednostavnije ih je održavati. Pametni i aktivni zeleni zidovi koriste se u zatvorenim prostorima, koriste umjetnu inteligenciju i tehnologiju kojom se nadziru i poboljšavaju značajke živog zida [4].

Kod zelenih fasada potrebno je nekoliko godina dok se u potpunosti zazelene, a to će ovisiti i o izboru bilja i klimatskim uvjetima [6]. Zeleni zidovi su izgrađeni od skeletne konstrukcije na kojoj su obješeni elementi s biljkama i cvijećem koji će činiti živi zeleni zid. Na koji će način zeleni zid funkcionirati, ovisi o sustavu koji će se koristiti. Neki imaju skrivene cijevi za samonavodnjavanje, a druge treba ručno zalijevati [5].

#### **3.1. Povijest vertikalnih zidova**

Zeleni zidovi datiraju iz daleke prošlosti. Ideju o stvaranju živog zelenog zida prvi je patentirao Stanley Hart White 1938. godine, tada ih je nazvao „botaničke cigle“, a kasnije ju je popularizirao francuski botaničar Patrick Blanc [31]. Jedan od Blancovih zelenih zidova u akvariju u Genovi, kojeg je dizajnirao Renzo Piano, prikazan je na slici 14.



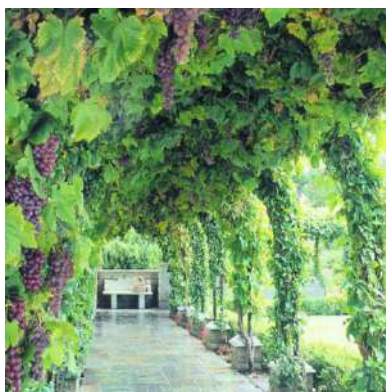
*Slika 14. Blancov zeleni zid, 1998. [32]*

Vertikalni vrtovi uspijevaju već stoljećima na zidovima diljem svijeta. Jedan od sedam svjetskih čuda antičkog svijeta su babilonski viseći vrtovi koje je 600. godine prije Krista izgradio Nabukodonosor za svoju ženu Amitis. Jedan su od prvih i najpoznatijih primjera kreativnog pristupa zidnom vrtlarstvu [33]. Viseći vrtovi u Babilonu prikazani su na slici 15.



*Slika 15. Babilonski viseći vrtovi [33]*

Drevna Grčka imala je razvijenu vinsku industriju. Vinova loza imala je višestruku namjenu i često se sadila tako da stvara hlad i da je estetski privlačna. Vertikalni vrtovi mogu imati mnogo namjena i praktičnu i estetsku, a često je to dvoje kombinirano [33]. Na slici 8. prikazano je kako se sadila vinova loza.



*Slika 16. Vinova loza [33]*

Bršljan, ruže i druge biljke stoljećima rastu nad starim britanskim dvorcima. Iako to nije ono što bi se danas smatralo vertikalnim vrtom, jer tehnički vertikalni vrt treba imati medij za uzgoj na kojem raste, a ne samo tlo u podnožju. Na slici 9. prikazana je kuća Llanwenarth, palača koja je izgrađena u 16. stoljeću i koja je zahvaljujući bršljanu očuvana [33].



*Slika 17. Llanwenarth palača [33]*

### **3.2. Sustavi zelenih zidova**

Postoji zeleni zid prikladan za svaki prostor. Danas se zeleni zidovi mogu podijeliti u tri vrste uobičajenih sustava: panelni/modularni sustavi, sustavi ladica i samostojeći zidovi. Trebaju se dobro razumjeti sve tri vrste kako bi se odabrao najprikladniji sustav za projekt [31].

U panelnom modularnom sustavu, biljke su unaprijed uzgojene (6 - 8 tjedana prije datuma sadnje) u panele koji se mogu koristiti unutra ili vani i u bilo kojoj vrsti klime [31].



*Slika 18. Panelni modularni sustav zelenih zidova [34]*

Kod sustava ladica, biljke su unaprijed uzgojene izvan gradilišta i postavljene u zid. Ladice imaju velik stupanj fleksibilnosti - mogu se jednostavno ukloniti i zamijeniti. Obično su jeftinije od panelnih sustava i najčešće se koriste u interijerima. Svaka ladica je projektirana za držanje određene količine vode, što znači da se biljke ne moraju natjecati za hidrataciju. Zbog nagiba ladica, niti zemlja niti voda ne cure prema naprijed, zato su prikladne za unutarnje prostore. Sustav ladica nosi sa sobom i različite izazove. Biljke su ukorijenjene u tlu, sustav ladica može uzrokovati pojavu gljivica, buba, plijesni. Zbog toga se moraju često mijenjati, čak svaki mjesec, što može biti dosta skupo i neučinkovito [31].



Samostojeći zidovi su manji pomični živi zidovi koji se mogu postaviti u unutarnje ili vanjske prostore. Mogu biti postavljeni uz zid ili usred sobe. Idealni su za privremene prostore ili tlocrte koji se mijenjaju tijekom vremena. Koriste se i kao prostorne pregrade [31].

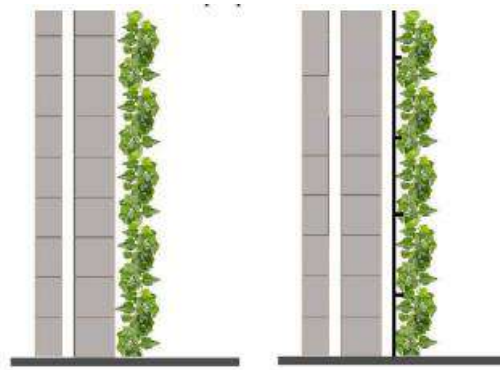


*Slika 19. Samostojeći zeleni zid [35]*



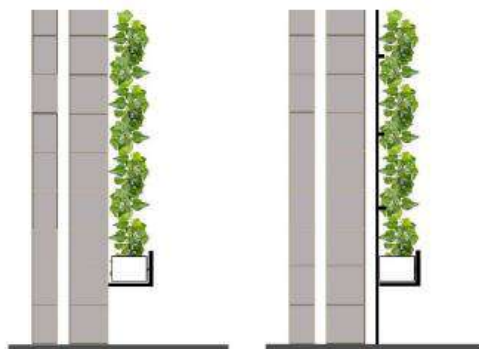
### 3.3.Vrste zelenih zidova

Zelene fasade temelje se na biljkama penjačicama koje se mogu pričvrstiti na fasadu izravno ili neizravno na potpornoj konstrukciji. Razlikuju se zelene fasade čije biljke imaju korijenje izravno iz zemlje i biljke posađene u tlo. Na slici 20. lijevo su prikazane biljke koje prijanjaju izravno na površinu zida i nije im potrebna potporna struktura. Tim biljkama trebaju godine da pokriju cijelu fasadu, moguće je ozeleniti samo djelomične površine, stvoriti šare na pročeljima. Nemaju sustav za navodnjavanje te se koriste prirodni izvori. Na slici 20. desno su prikazane biljke kojima je potrebna potporna konstrukcija da prekriju fasade. Ovaj slučaj ima prednost da se prostor između zida i konstrukcije koristi za izolaciju i održavanje [30], [36] Pomoć za penjanje (rešetka) je čvrsta konstrukcija od metala, drva ili plastike. Krute konstrukcije koriste se za biljke penjačice koje imaju jak rast u obujmu i dovode do velikog opterećenja konstrukcija. Fleksibilne konstrukcije su za biljke penjačice niskog opsega [36].



*Slika 20. Zelena fasada s biljkama penjačicama ukorijenjenim u tlu; lijeva slika prikazuje izravno na zid, a desna s potpornom konstrukcijom [30]*

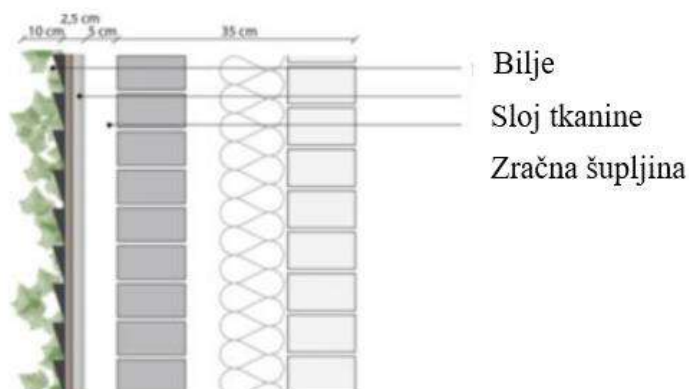
Biljke se mogu posaditi i u sanduke ispunjene zemljom. Razlozi za to su nedostatak prostora ispod zgrade, kako bi se prekrila cijela zgrada – procjenjuje se da penjačice dosežu visinu do 25 m, u praksi je to 10 m. Ovo rješenje zahtijeva veće troškove održavanja ako sanduci nisu postavljeni na balkone i druga lako pristupačna mjesta. Razlikuje se postavljanje biljaka izravno ili neizravno - potpornom konstrukcijom [30]. Na slici 21. prikazana je fasada s biljkama u posudi postavljenim izravno na zid i pomoću potporne konstrukcije.



*Slika 21. Zelena fasada s biljkama u posudi; na slici lijevo prikazana je posuda za sadnju s biljkama postavljenu izravno na zid, a na desnoj s biljkama na potpornoj konstrukciji [30]*

Sustavi živih zidova predstavljaju pristup sustava ozelenjivanja izrađen od modularnih ploča koje sadrže zemlju ili druge umjetne medije za uzgoj i druge vrste biljaka uz penjačice. Sustav živih zidova može se podijeliti u kontinuirane i modularne.

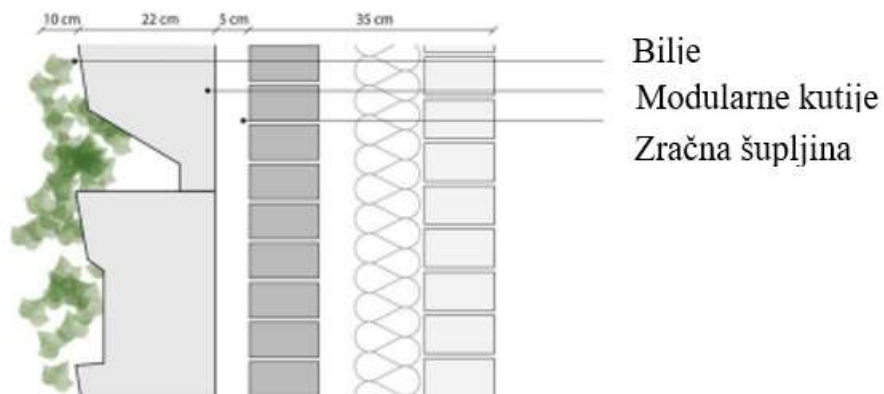
Sustav kontinuiranog živog zida ne zahtijeva upotrebu zemlje jer ovisi o tkanini, sloju koji služi kao medij za uzgoj u koje se mogu ukorijeniti biljke. Biljke dobivaju hranjive tvari kroz vodu za navodnjavanje. Sloj tkanine obično je povezan s nekim slojevima vodootporne membrane i pričvršćen na nosač [30]. Na slici 22. prikazan je kontinuirani sustav živih zidova.



*Slika 22. Kontinuirani sustav živih zidova [30]*

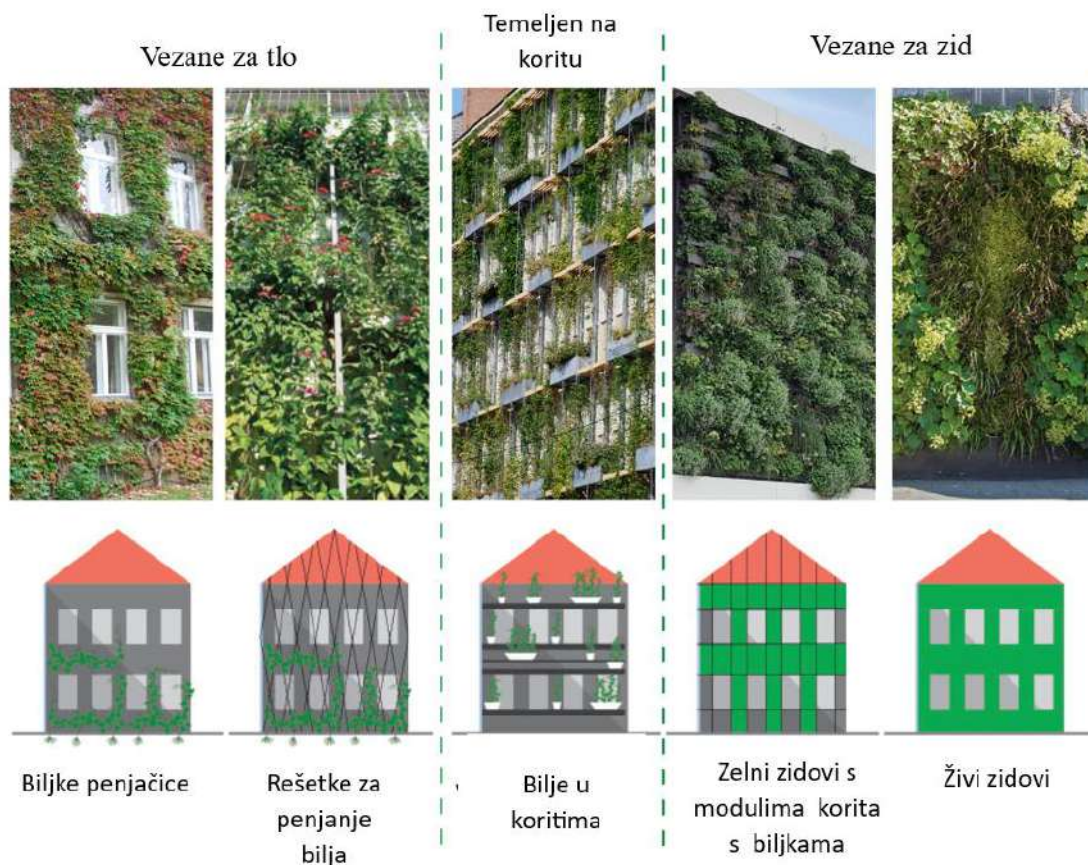
Modularni sustav živih zidova sastoji se od prethodno obraslih ploča koje se postavljaju na konstrukcijski zid. Modularne ploče postavljaju se okomito ili pod kutom. Navodnjavanje se obično nalazi između ploča i voda se odvodi kroz cijelu fasadu i skuplja na dnu. Prednost

ovog sustava u odnosu na kontinuirani sustav je pružanje dodatne dubine sadnje i jednostavna zamjena mrtvog bilja [30]. Modularni sustav živih zidova prikazan je na slici 23.



Slika 23. Modularni sustav živih zidova [30]

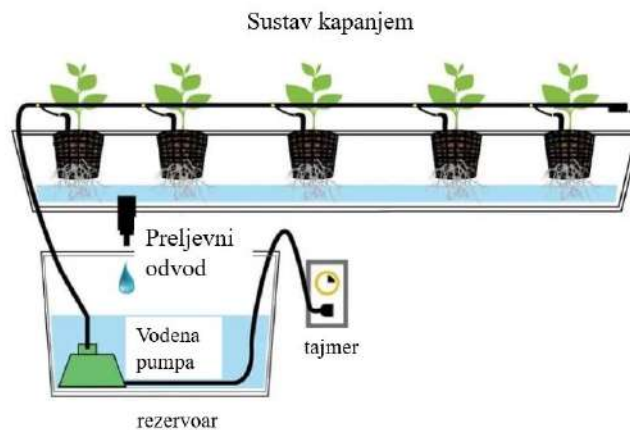
Primjeri vrsta zelenih zidova prikazani su na slici 24.



Slika 24. Vrste zelenih zidova [36]

### 3.4. Sustavi upravljanja vodama

Sustav navodnjavanja kapanjem je metoda kojom se navodnjava većina zelenih zidova. Ovi sustavi povezuju kontrolni dio za navodnjavanje izravno u vodovodni sustav zgrade. Sustavi navodnjavanja kapanjem sami se zalijevaju koristeći horizontalne cijevi i mogu se postaviti s vremenskim rasporedom otpuštanja. Imaju 85 % učinkovitiju potrošnju vode od sustava spremnika za vodu. Biljke dobivaju pravu količinu vode i moguća je kontrola koliko vode dobije svaka biljka [31].



Slika 25. Sustav navodnjavanja kapanjem [37]

Sustav spremnika za vodu čine ladice i samostojeći zidovi. Njih je potrebno ručno puniti. Sustavi ladica najčešće se ne spajaju na izvor vode u zgradi i zbog toga zahtijevaju više rada. Manje su učinkoviti zato što ne recikliraju neiskorištenu vodu. Spremnici su izrađeni od različitog materijala. Ne smiju se koristiti materijali koji se raspadaju (npr. čelik) ili materijali koji su otrovni za biljke (aluminij, pocinčani metal) [31], [38].

Na slici 26. prikazan je sustav spremnika za vodu u obliku ukrasnog smeđeg vrča koji drži vodu za ovaj zeleni zid. Odvodna posuda u podnožju skuplja otjecajnu vodu. Pumpa u posudi recirkulira vodu do vrha živog zida i kontrolira ju tajmer. Vodu je potrebno dodati u posudu svakih nekoliko tjedana [38].



*Slika 26. Vertikalni vrt s recirkulacijskim sustavom s posudom [38]*

### **3.5. Vrste biljaka koje se koriste za žive zidove**

Biljne vrste koje će se koristiti za žive zidove ovise o estetskim preferencijama, klimi i okolišu u kojem se želi postaviti zeleni zid. Prilikom odabira biljnih vrsta, trebaju sudjelovati arhitekti i dizajneri rasvjete kako bi se utvrdilo hoće li uspjeti odabrane biljne vrste. Sukulente (skupina biljaka mesnatih, sočnih listova ili stabljika, rjeđe korijena; mogu skupiti veliku pričuvu vode koju koriste u sušnom razdoblju [39]) su zbog svojih estetskih kvaliteta jako poželjne, ali rijetko uključene u zelene zidove jer su vrlo teške i slabo se ukorjenjuju [31]. Zelene fasade su najčešće prekrivene biljkama puzavicama koje se posade u podnožju same zgrade te se površinom penju direktno ili unaprijed postavljenom konstrukcijom koja im služi kao potpora [6]. Sukulente zahtijevaju suhe uvjete poput pustinje, a paprati sjenovite, vlažne uvjete koji oponašaju one u prašumi [40].

Prije nabave biljaka za zeleni zid, treba znati gdje će se zeleni zid nalaziti - hoće li biti na otvorenom ili zatvorenom, hoće li dobivati prirodnu sunčevu svjetlost i dobru cirkulaciju zraka ili umjetnu rasvjetu i klimatizaciju [40]. Prilikom odabira biljaka, treba osmisliti kako spojiti boje i teksture biljaka čime se stvara živo umjetničko djelo [40].

Vanjski zidovi imaju puno veći izbor biljaka za korištenje od unutarnjih. Najuspješnije sobne biljke su one iz tropskih šuma koje mogu preživjeti u slabo osvijetljenim prostorima s malom razinom vlažnosti. Najbolji izbor za sobne biljke je vinova loza koja ne zahtijeva održavanje [40]. Ključ za održavanje zdravlja biljaka je stvaranje za njih stabilnog okruženja [4].

Na slikama od 27. do 31. prikazani su primjeri zelenih zidova.



*Slika 27. Vertikalni vrt Patrica Blanca, Madrid [38]*



*Slika 28. Oaza Aboukir, pogled prije i nakon instalacije zelenila [38]*



*Slika 29. One Central Park, zeleni zid Patricka Blanca i Junglefya [31]*



*Slika 30. Sveučilište Windsor, centar za inženjerske inovacije [31] i Ty Warner Mansion Las Ventanas al Paraiso [41]*



*Slika 31. 535 Carlton [41]*

### **3.6. Prednosti zelenih zidova**

Postoji niz prednosti zelenih zidova, neke od njih su:

- Zeleni zidovi pomažu oživjeti arhitekturu, stvaraju dinamične fasade koje se na vjetru pokreću i mijenjaju s godišnjim dobima. Ovi gusti fasadni pokrovi pretvaraju površine u botanička remek-djela, stvaraju visoko učinkovite ovojnice zgrada, smanjuju gubitke topline i rashladna opterećenja, smanjuju otjecanje kišnice i filtriraju zagađivače iz zraka [31].

- Zeleni zidovi smanjuju površinsko otjecanje i time rasterećuju kanalizacijsku mrežu [36].
- Biljke u živom zidu apsorbiraju i uklanjaju hlapive organske spojeve (engl. volatile organic compounds VOC). Uklanjaju i CO<sub>2</sub> iz zraka i ispuštaju kisik. Soba ispunjena biljkama može imati do 60 % manje mikroba u zraku nego ona bez njih. Otpuštanje hlapivih organskih spojeva događa se u domovima, školama, trgovinama itd. Hlapivi organski spojevi dolaze iz tepiha, boja, izolacije, strojeva za kopiranje, skenera i mnogih drugih uređaja i proizvoda. Zna se da stalna izloženost lošoj kvaliteti zraka može uzrokovati niz zdravstvenih problema [42].
- Uspostavljanjem unutarnjeg krajolika zelenim zidovima smanjuje se stres i povećava produktivnost ljudi, ubrzava se oporavak pacijenata u bolnicama [42].
- Imaju sposobnost samoočišćenja kroz opadanje lišća u jesen i predstavljaju prototip „čiste fasade“ [36].
- Živi zeleni zidovi pomažu u rješavanju problema efekta urbanog toplinskog otoka. Zidovi pružaju sjenu od izravnog utjecaja sunčeve svjetlosti i reflektiraju sunčevu energiju. I unutarnji i vanjski zeleni zidovi procesom evapotranspiracije (gubitak vode sa Zemljine površine isparavanjem vlažnih površina i transpiracijom kroz biljne pore [43]) pomažu u hlađenju zraka ljeti pa su manji troškovi hlađenja. Zimi je smanjena potreba za grijanjem zbog toga što zeleni zid djeluje kao izolirajući sloj [5].
- Mogu omogućiti opskrbljivanje nutritivnom organskom hranom tijekom cijele godine – uključujući biljke, voće, povrće te čak i ribe kada je u živi zid integriran akvarij. Vertikalno vrtlarstvo može neproduktivni zidni prostor pretvoriti u živu smočnicu prirode [42].
- Biljke se koriste za smanjenje razine buke, vegetacija prirodno blokira zvukove visoke frekvencije, a potporna struktura, tj. medij za uzgoj nastoji blokirati niske frekvencije. Zelenim zidovima dolazi do smanjenja buke i vreve oko nas [5], [36].
- Zeleni zidovi pružaju staništa za životinje u urbanim područjima, za različite vrste kukaca i ptica [36].
- Biljke prirodno unose ugljikov dioksid i druge zagađivače i izbacuju svježi, čisti kisik [5].
- Značajno smanjuju potrebu za klimatizacijom ljeti i pružaju određeni stupanj izolacije zimi. Dosta se mogu smanjiti troškovi grijanja, tj. hlađenja [36]. Ako su pravilno postavljene zelene fasade pružaju jako dobru izolaciju. Studija [30] je pokazala da



razmak od 4 cm između zida i zelenog zida debljine 16 cm može podići kvalitetu izolacije zida do 30 %. Druga studija [30] je pokazala da se izravna sunčeva svjetlost na fasadi filtrira i blokira lišćem jer se 5 - 30% sunčeve svjetlosti reflektira, 5 - 20% koristi lišće za fotosintezu, 10 - 50% pretvara se u toplinu, 20 - 40% ode na isparavanje i samo 5 - 30% prolazi kroz listove.

- Pacijenti okruženi zelenim zidovima pokazali su brže vrijeme ozdravljenja, smanjenu potrebu za lijekovima i povećanu razinu zadovoljstva svojom njegom [44].
- Živi zidovi u uredskom okruženju pomažu u povezivanju zaposlenika s prirodom. To pridonosi poboljšanom učinku zaposlenika, jačem fokusu i povećanoj kreativnosti. U ljudima postoji urođena potreba da budu u prirodi – biofilija [44].
- Priroda može smanjiti negativna ponašanja kao što su agresija i tjeskoba. Povezanost s prirodom smanjuje stres i popravljiva mentalni umor [4].
- Zeleni zidovi produljuju vijek trajanja građevine, sprječavaju zamor materijala. Drenažni učinak korijenja pridonosi održavanju temelja suhim [36]. Promjene temperatura negativno djeluju uzrokujući širenje i skupljanje materijala što dovodi do propadanja i stvaranja pukotina [5].

### **3.7. Nedostaci zelenih zidova**

Zeleni zidovi zahtijevaju redovito održavanje. Jedan od izazova kod primjene zelenih zidova je zadržavanje zemlje u zidu. Biljke rastom izbacuju zemlju, s vremenom toliko narastu da ne stanu u posudu i potrebno ih je zamijeniti. Sljedeći izazov je odvodnja. Ako se ne postave odgovarajući sustavi odvodnje biljke mogu dobiti prevelike količine vode što dovodi do stvaranja plijesni ili truljenja korijenja. Ako sustav za navodnjavanje nije ispravno postavljen na zid, može doći do oštećenja zida [34].

### **3.8. Održavanje zelenog zida**

Zeleni zid treba se negovati i paziti kako ne bi s vremenom propao. Plan za održavanje treba odrediti u fazi projektiranja [45].

Prema [45], prvi korak je postavljanje zelene konstrukcije, a ključno je kontinuirano održavanje za osiguranje njenog zdravlja i dugovječnosti.

Održavanje uključuje:

- kontrolu korova i njegovo uklanjanje, obrezivanje
- uklanjanje otpada (otpad od lišća i ostatci od rezanja)
- provjeru znakova bolesti na biljkama i poduzimanje koraka uklanjanja istih
- zamjenu ili dodavanje biljaka za održavanje gustoće zida
- potrebno je osigurati da biljke ne upadaju u elemente kao što su prozori ili odvodi
- rizik od požara smanjuje se uklanjanjem suhe vegetacije i osiguranjem odgovarajućeg navodnjavanja

Neki zadaci održavanja bit će redoviti i rutinski. Drugi mogu biti preventivni, reaktivni (odgovor na kvar) ili u svrhu obnove [45].

U planu održavanja mora se uključiti određivanje rasporeda održavanja, obuku osoblja i odgovornosti, potrebu za nadzorom osoblja, osiguravanje sigurnih radnih uvjeta i sigurnog premještanja opreme za održavanje te troškove. Metode održavanja ovise o nizu čimbenika, uključujući veličinu zgrade i zelenog zida. Prema [45], metode uključuju krovne sustave za visoke zgrade, dizalice sa škarama, sustave užadi, ljestve, radne platforme.

Vanjske biljke na fasadama biraju se tako da se mogu nositi s vremenskim uvjetima u kojima se nalaze. Zimi su biljke u stanju mirovanja, ali i dalje su estetski dio zgrade o čemu se razmišlja odmah tijekom faze projektiranja [5].

Većina zelenih zidova projektirana je sa sustavom navodnjavanja kap po kap i pomoću automatiziranog sustava kojim se mjeri vrijeme pri čemu se gubitak vode svodi na minimum. Najučinkovitiji sustav je recirkulacijski kojim se voda koristi više puta, pumpajući vodu od dna prema vrhu sve dok nestane vode, a onda se ponovo napuni spremnik [5].

Nije jednostavno odrediti životni vijek zelenog zida. Ploče, hardver i mediji za rast mogu trajati do 25 godina, no najviše ovisi o tome koliko će dugo preživjeti biljke. Biljke će živjeti sve dok ima dovoljno prostora za njihovo korijenje. Kod sustava posuda biljke će potrajati samo oko godinu dana i onda ih je potrebno zamijeniti [5].

### **3.9. Cijena zelenog zida**

Sustav zelenog zida nije jeftin, ovisi o raspoloživim mogućnostima i željama naručitelja. Najjeftinija opcija su zidovi na kojima se sade biljke na licu mjesta čime je smanjen trošak prethodnog uzgoja biljaka, no biljke neće u potpunosti prekriti zid i potrebno je više godina dok one procvjetaju. Zeleni zidovi koji su unaprijed pripremljeni nakon postavljanja zahtijevaju prethodni uzgoj biljaka i sa sobom nose veće troškove. Potrebno je platiti rasadniku, za gnojiva, održavanje i prijevoz do mjesta na kojem se postavljaju [5]. Mnogi stručnjaci vjeruju da njihove ukupne prednosti nadmašuju početne troškove ugradnje [46].

Vrijednost nekretnine može se povećati ako su postavljeni zeleni zidovi i fasade. U SAD-u se razvio program LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) koji je međunarodno priznat sustav certificiranja zelene gradnje. Zadovoljavajući određene kriterije, građevina može prikupiti LEED bodove [5].

## 4. VERTIKALNE ŠUME

Sve je više betona u okruženju ljudi, grade se nove zgrade, a sve je manje zelenih površina. Kao rješenje, danas se grade vertikalne šume. Jedan od prvih primjera vertikalne šume su tornjevi Bosco Verticale (2014.) u milanskoj četvrti Porta Nuova za koje je zaslužan Stefano Boeri i njegov tim. Sastoji se od dva tornja koja su visoka 80 i 112 m. Na zgradi je smješten jedan hektar šumskih stabala – oko 800 stabala, 5 000 grmova i 11 000 raznih biljaka. Postavljena je tolika količina vegetacije koja je jednaka 30 000 četvornih metara šume i šikare koja je koncentrirana na 3 000 četvornih metara urbane površine. Milano je jedan od najzagađenijih gradova u Europi i upravo zato su njega odabrali za gradnju prve vertikalne šume [47], [48]. Prema [49], vertikalna šuma je model za održivu stambenu zgradu – projekt za pošumljavanje gradova koji pridonosi regeneraciji okoliša i urbane biološke raznolikosti, bez štetnog utjecaja gradnje na okoliš. Milanska vertikalna šuma je projekt za ekološki opstanak suvremenih gradova. Njome se umnaža broj stabala u gradovima. Terasa su dom više različitih stabala visine 3 - 9 m. Uspostavljen je suživot između ljudi i drveća unutar izgrađenog okoliša. Smanjuje toplinski otok i zagađenja koji se javlja u urbanim sredinama. Poboljšava kvalitetu zraka u cijelom gradu, apsorbira CO<sub>2</sub> i fine čestice proizvedene gradskim prometom, smanjuje potrošnju energije, štiti od buke, dom je brojnim insektima, bubama i dr. životinjama. Vertikalna šuma neprestano se mijenja zbog raznolikosti biljnih vrsta koje su korištene. Fasada mijenja svoj izgled ovisno o godišnjim dobima i vremenskim uvjetima [50]. Zgrada se održava uz pomoć „letećih vrtlara“ koji se jednom godišnje spuštaju s krovova i provjeravaju stanje biljaka i uklanjaju ih ili zamjenjuju ako je potrebno. Što se tiče navodnjavanja, potrebe biljaka nadziru se digitalno i daljinskim upravljanjem instalacija, a potrebna voda crpi se iz filtriranih otpadnih voda [47].



*Slika 32. Vertikalna šuma u Milanu [48]*



*Slika 33. Vertikalna šuma u Milanu [47]*

Kako se ovaj projekt pokazao uspješnim, vertikalna šuma replicirana je diljem svijeta. Neki od primjera su Trudo Vertical Forest u Nizozemskoj, Eindhoven; Palazzo Verde Antwerp; Easyhome Vertical Forest Huanggang, Kina prikazani na slikama od 34. do 36.



*Slika 34. Vertikalna šuma Easyhome u Huanggangu [51]*



*Slika 35. Trudo Vertical Forest Eindhoven [52]*



*Slika 36. Palazzo Verde Antwerp [53]*

## 5. ZAKLJUČAK

Broj stanovnika u svijetu sve je veći, velik dio ljudi iseljava iz ruralnog područja u gradove. Posljedica toga je da se gradovi urbanizacijom i industrijalizacijom šire i količine betonskih građevina sve su veće, a manje je zelenila. To sa sobom nosi različite probleme, negativne posljedice koje utječu na čovjeka i društvo te živi svijet oko nas. Potrebne su neke promjene kako bi se spriječili ti negativni učinci. Održivim razvojem se želi postići ravnoteža između društva, okoliša i gospodarstva. Jedna od mjera održivog razvoja je izgradnja zelenih krovova, zelenih fasada i zidova. Oni su dio zelene gradnje kojom se žele poboljšati karakteristike života.

Zeleni krovovi postavljaju se na različite stambene objekte diljem svijeta. Postoje još i od antičkih vremena, ali su se tek nedavno počeli intenzivnije koristiti. Postupak ozelenjivanja krovova nije jednostavan zadatak i zato je potrebno izraditi projekt sa svim detaljima, opisima i proračunima. Zeleni krov mora biti pravilno izveden kako bi bio učinkovit. Njegova je trajnost dosta veća od standardnih krovova. Postoje različite vrste zelenih krovova i prilikom odabira najbolje je razgovarati sa stručnom osobom. Veliki je broj razloga za izgradnju zelenog krova, neki od njih su smanjenje efekta urbanog toplinskog otoka, smanjenje emisije CO<sub>2</sub>, količine prašine i zagađivača u zraku, poboljšavanje izgleda građevine i okolnog prostora, smanjenje buke, pružanja staništa životinjama, ublažavanja oborinskog otjecanja i poboljšavanje kvalitete života.

U modernom graditeljstvu arhitekti sve češće izvode zelene fasade i zidove zbog klimatskih promjena i energetskehtih zahtijeva te zbog estetskih razloga. Zeleni zid je vertikalni zid koji je djelomično ili potpuno prekriven vegetacijom. Najčešće je postavljen na stambenim i poslovnim zgradama. Postoji zeleni zid prikladan za svaki prostor, a koja je vrsta optimalna odrediti će za to stručna osoba. Zelene fasade temelje se na biljkama penjačicama koje mogu biti pričvršćene na fasadu izravno ili na potpornoj konstrukciji. Koje će se biljke koristiti za živi zid, ovisi o estetskim željama, klimi i okolišu u kojem se postavlja živi zid. Vanjski zidovi imaju puno veći izbor biljaka za upotrebu nego unutarnji. Živi zidovi zahtijevaju redovito održavanje. Prednosti koje se nude prilikom postavljanja zelenih zidova ima dosta: uklanjanje ugljika iz zraka, ispuštanje kisika, uklanjanje hlapivih organskih spojeva, smanjenje površinskog otjecanja, smanjenje stresa i povećanje produktivnosti ljudi, utječu na temperaturu zgrade, smanjuju buku, produljuju vijek trajanja građevine itd.

Danas se susrećemo i s vertikalnim šumama koje poboljšavaju kvalitetu života, obnavljaju okoliš, poboljšavaju bioraznolikost. Postoji nekoliko primjera vertikalnih šuma u svijetu. Prva je izvedena u Milanu, Bosco Verticale. Njihova učinkovitost još se treba utvrditi.

U čovjeku postoji iskonska potreba za zelenilom i prirodom. Zelenilom se žele vratiti prirodni elementi u urbano okruženje i zato se izvode zeleni krovovi, zeleni zidovi i fasade. Kako bi se poboljšao život čovjeka, ljudi trebaju postati svjesni da nešto treba poduzeti. Potrebno je ljude educirati o učinkovitosti zelenih krovova, zelenih zidova i fasada i njihovim pozitivnim djelovanjima. Izvedba zelenih krovova i fasada može tražiti veća početna ulaganja, ali se brzo pokažu isplativim. S vremenom zeleni krovovi, zelene fasade i zidovi nadoknađuju utrošeno.



## LITERATURA

- [1] Appendix 16: Green Roofs, Guidance Document, preuzeto s interneta URL: <https://www.dlrcoco.ie/sites/default/files/atoms/files/appendix16.pdf> [2016.]
- [2] Korak u prostor, Zeleni krovovi, web stranica <https://korak.com.hr/zeleni-krovovi/> [28.10.2018.]
- [3] Tanja Vrančić, Građevinar, Građevne tehnologije, Zeleni krovovi, preuzeto s interneta URL: <http://www.casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE-63-2011-03-09.pdf> [2011.]
- [4] Naava. What are Green Walls – the Definition, Benefits, Design, and Greenery, web stranica <https://www.naava.io/editorial/what-are-green-walls#benefits> [24.7.2017.]
- [5] Ambius, Ultimate guide to terrariums, web stranica <https://www.ambius.com/resources/plant-care/ultimate-guides/green-walls>
- [6] Ekologija, Zelene fasade, web stranica <https://www.ekologija.com.hr/zelene-fasade/>
- [7] Tanja Vrančić, Građevinar 9/2014, Isplativo i estetsko rješenje, , Građevne tehnologije, preuzeto s interneta URL: [http://www.casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE\\_66\\_2014\\_9\\_10\\_Zeleni-krov.pdf](http://www.casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE_66_2014_9_10_Zeleni-krov.pdf)
- [8] Draco, Zeleni krovovi, web stranica <https://dracostore.hr/zeleni-krovovi/>
- [9] Eric Baldwin, An Arhitect`s Guide To Green Roofs, web stranica Architizer <https://architizer.com/blog/product-guides/product-guide/green-roofs/>
- [10] Zelena gradnja, Uvod, Vrste zelenih krovova, preuzeto s prezentacije Građevinskog fakulteta, Zagreb [https://www.grad.unizg.hr/\\_download/repository/01\\_Uvod%5B3%5D.pdf](https://www.grad.unizg.hr/_download/repository/01_Uvod%5B3%5D.pdf)
- [11] European Federation Green Roofs & Walls, Types of Green Roofs, web stranica <https://efb-greenroof.eu/green-roof-basics/>
- [12] Nophadrain smart green roof systems, 'Vierhavenstrip', web stranica <https://www.nophadrain.hr/projekti/vierhavenstrip>
- [13] Kristina Deranja, Intervju s krajobraznim arhitektom koji kreira urbanu džunglu, Bojan Balen: „Zelene krovove bih volio vidjeti posvuda“, web stranica Greenhr <https://green.hr/bojan-balen-zelene-krovove-bih-volio-vidjeti-posvuda/> [8.6.2020.]
- [14] The blue green roof – helping cities cope with stormwater, web stranica livingroofs <https://livingroofs.org/introduction-types-green-roof/blue-green-roof-cities-stormwater/#:~:text=The%20blue%20green%20roof%20combines,the%20amount%20of%20water%20released.>
- [15] Selina Altomonte, Free water play in Singapore: Fountains, splash pads and wading pools for kids, web stranica <https://honeykidsasia.com/free-water-play-areas-singapore/> [26.5.2023.]

- [16] Eliza Barday, Rooftop Farming Is Getting Off The Ground, web stranica npr <https://www.npr.org/sections/thesalt/2013/09/24/225745012/why-aren-t-there-more-rooftop-farms> [25.9.2013.]
- [17] Open House Chicago, McCormick Place Rooftop Farm <https://openhousechicago.org/sites/site/mccormick-place-rooftop-farm/>
- [18] Ekologija, Zeleni krovovi, web stranica <https://www.ekologija.com.hr/zeleni-krovovi/>
- [19] Eko.Zagreb.hr, Obnovljivi izvori energije, Energija sunca, Solarni kolektori, web stranica <https://eko.zagreb.hr/solarni-kolektori/86>
- [20] Solarni paneli i 6 stvari koje trebate znati prije ulaganja, web stranica zaštita-prirode.hr <https://zastita-prirode.hr/clanci/solarni-paneli/>
- [11] European Federation Green Roofs & Walls, Types of Green Roofs, web stranica <https://efb-greenroof.eu/green-roof-basics/>
- [21] Prana, Bifacijalni solarni paneli, web stranica <https://www.snagasunca.ba/blog/bifacijalni-solarni-paneli> [16.5.2023.]
- [22] Ekologija, Solarna elektrana na krovu, web stranica <https://www.ekologija.com.hr/solarna-elektrana-na-krovu/>
- [23] Indexhr, Zagrebačka bolnica dobila solarne panele, web stranica <https://www.index.hr/vijesti/clanak/foto-i-video-zagrebacka-bolnica-dobila-solarne-panele/2491982.aspx> [1.9.2023.]
- [24] Solvis, Novi dizajn solarnih stabala, web stranica <https://solvis.hr/blog/2023/07/13/novi-dizajn-solarnih-stabala/> [13.7.2023.]
- [25] Jane McGrath, What is the urban heat island effect?, web stranica howstuffworks [https://science.howstuffworks.com/environmental/green-science/urban-heat-island.htm?utm\\_source=howstuffworks&utm\\_medium=recirc](https://science.howstuffworks.com/environmental/green-science/urban-heat-island.htm?utm_source=howstuffworks&utm_medium=recirc)
- [26] Anđela Bogdan, Građevinar 9/2019, Zaštita okoliša, Učinak urbanog toplinskog otoka, preuzeto s interneta URL: <http://www.casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE-71-2019-9-7-ZO.pdf>
- [27] Green Conceptors, Rooftop garden, web stranica <https://www.greenconceptors.com/products-and-services/rooftop-garden/>
- [28] Green Roofers, Advantages and disadvantages of green roofs, web stranica <https://www.greenroofers.co.uk/green-roofing-guides/advantages-disadvantages-green-roofs/>
- [28] Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje, Alohtona vrsta, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Kragić, B. (ur.), 2023., URL: <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=1928>

- [30] Lujain Hadba, Ligia Silva, Paulo Mendonça, Green Walls and Efficient Solution for Hygrothermal, Noise and Air Pollution Control in the Buildings, preuzeto s interneta ResearchGate URL:  
<file:///C:/Users/antea/Downloads/GreenWallsanEfficientSolutionforHygrothermalNoiseandAirPollutionControlintheBuildings.pdf> [veljača, 2017.]
- [31] Architizer Editors, An Architect's Guide To: Green Walls, web stranica Architzerr  
<https://architizer.com/blog/product-guides/product-guide/eantka-green-walls>
- [32] Riccardo Bianchini, Patrick Blanc – vertical gardens, preuzeto s interneta URL:  
<file:///C:/Users/antea/Downloads/wwwinexhibitcom-18-aug-2016-vertical-garden-patrick-blanc.pdf> [18.8.2016.]
- [33] Grant Leishman, The historic origins of vertical gardens, web stranica GrowUp  
<https://growupgreenwalls.com/blogs/growupdates/the-historic-origins-of-vertical-gardens-gallery> [12.4.2018.]
- [34] slika Let's talk science, Green Walls, web stranica  
<https://letstalkscience.ca/educational-resources/stem-explained/green-walls> [23.7.2019.]
- [35] Naava One Green Wall Freestanding Planter gives your indoor environment an outdoor touch <https://thegadgetflow.com/portfolio/freestanding-planter/> [11.6.2019.]
- [36] European Federation Green Roofs & Walls, Types of Green Walls, web stranica  
<https://efb-greenroof.eu/green-wall-basics/>
- [37] Oysoco, Drip system, web stranica <https://www.oysoco.com/hydroponics/10-hydroponics/45-drip-system>
- [38] Plants on Walls, Recirculating irrigation for living walls, web stranica  
<https://www.plantsonwalls.com/guides/recirculating-irrigation-living-walls/>
- [39] Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje, Sukulente, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Kragić, B. (ur.), 2023., <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=58703>
- [40] Damon Vinje, Guide to picking the right plants for your decorative green wall, web stranica GrowUp <https://growupgreenwalls.com/blogs/growupdates/guide-to-picking-the-right-plants-for-your-decorative-green-wall> [29.4.2018.]
- [41] Keith Flamer, 12 Spectacular Garden Walls and Atriums Worth Contemplating, web stranica <https://www.forbes.com/sites/keithflamer/2017/06/30/12-spectacular-garden-walls-atriums-worth-contemplating/?sh=7102b035e773> [30.6.2017.]
- [42] Vertical oxygen, Discover the benefits of our Living Walls, web stranica URL:  
<https://verticaloxygen.com/living-walls/benefits/>

- [43] Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje, Evapotranspiracija, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Kragić, B. (ur.), 2023, URL:  
<https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=18696>
- [44] Live Wall, Living Wall Benefits, web stranica URL:  
<https://livewall.com/benefits/#community>
- [45] Tensile, A Guide to Maintaining Green Walls, web stranica URL:  
<https://www.tensile.com.au/a-guide-to-maintaining-green-walls/>
- [46] Live Wall, Frequently Asked Questions, Cost, web stranica  
<https://livewall.com/frequently-asked-questions/#cost>
- [47] Boeri, Stefano Boeri Architetti, Vertical Forest Milan, web stranica  
<https://www.stefanoboeriarchitetti.net/en/project/vertical-forest/>
- [48] Jutarnji list, D&D, Stambene zgrade, Impresivna vertikalna šuma u Milanu visoka 27 katova na kojoj je jedan hektar šumskih stabala, web stranica  
<https://www.jutarnji.hr/domidizajn/d-d-vrt/impresivna-vertikalna-suma-u-milanu-visoka-27-katova-na-kojoj-je-jedan-hektar-sumskih-stabala-15041348> [8.1.2021.]
- [49] Ekovjesnik, Energetska učinkovitost, Milanska Vertikalna šuma danas slavi osmi rođendan, web stranica URL: <https://www.ekovjesnik.hr/clanak/5617/milanska-vertikalna-suma-danas-slavi-osmi-rodendan> [14.10.2022.]
- [50] Boeri, Stefano Boeri Architetti, Learning from the first Vertical Forest, web stranica  
<https://www.stefanoboeriarchitetti.net/en/vertical-foresting/?location=Milano%2C+MI%2C+Italia&radius=9000>
- [51] Boeri, Stefano Boeri Atchitteti, Easyhome Vertical Forest Huanggang, web stranica  
<https://www.stefanoboeriarchitetti.net/en/project/easyhome-huanggang-vertical-forest-city-complex/>
- [52] Boeri, Stefano Boeri Atchitteti, Trudo Vertical Forest Eindhoven, web stranica  
<https://www.stefanoboeriarchitetti.net/en/project/trudo-vertical-forest/>
- [53] Boeri, Stefano Boeri Atchitteti, Palazzo Verde Antwerp, web stranica  
<https://www.stefanoboeriarchitetti.net/en/project/palazzo-verde-in-antwerp/>

## POPIS SLIKA

Slika 1. Intenzivni zeleni krov

URL: <https://architizer.com/blog/product-guides/product-guide/green-roofs/>

Slika 2. Ekstanezivni zeleni krov

URL: <https://architizer.com/blog/product-guides/product-guide/green-roofs/>

Slika 3. Presjek ekstenzivnog i intezivnog zelenog krova

URL: <https://efb-greenroof.eu/green-roof-basics/>

Slika 4. slojevi zelenog krova

<https://architizer.com/blog/product-guides/product-guide/green-roofs/>

Slika 5. Primjer kombinacije zelenog i crvenog krova na Vierhavenstripu u Rotterdamu

URL: <https://www.nophadrain.hr/projekti/vierhavenstrip>

Slika 6. Kombinacija zelenog i plavog krova

URL: <https://livingroofs.org/introduction-types-green-roof/blue-green-roof-cities-stormwater/#:~:text=The%20blue%20green%20roof%20combines,the%20amount%20of%20water%20released.>

Slika 7. Vodeni park u Tampinesu u Singapuru

URL: <https://honeykidsasia.com/free-water-play-areas-singapore/>

Slika 8. Krovna farma na vrhu McCormic Placea u Chicagu

URL: <https://openhousechicago.org/sites/site/mccormick-place-rooftop-farm/>

Slika 9. Krovna farma restorana Uncommon Ground

URL: <https://www.npr.org/sections/thesalt/2013/09/24/225745012/why-aren-t-there-more-rooftop-farms>

Slika 10. Položaj solarnih panela

URL: <https://efb-greenroof.eu/green-roof-basics/>

Slika 11. Solarni paneli

URL: <https://zastita-priode.hr/clanci/solarni-paneli/>

Slika 12. Klinika za psihijatriju Sveti Ivan u Zagrebu i solarna stabla u Požegi

URL: <https://www.index.hr/vijesti/clanak/foto-i-video-zagrebacka-bolnica-dobila-solarne-panele/2491982.aspx> i <https://solvis.hr/blog/2023/07/13/novi-dizajn-solarnih-stabala/>

Slika 13. Usporedba temperatura u gradovima i okolnim područjima

URL: <http://www.casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE-71-2019-9-7-ZO.pdf>

Slika 14. Blancov zeleni zid, 1998

URL: <file:///C:/Users/antea/Downloads/wwwinexhibitcom-18-aug-2016-vertical-garden-patrick-blanc.pdf>

slika 15. Babilonski viseći vrtovi

URL: <https://growupgreenwalls.com/blogs/growupdates/the-historic-origins-of-vertical-gardens-gallery>

Slika 16. Vinova loza

URL: <https://growupgreenwalls.com/blogs/growupdates/the-historic-origins-of-vertical-gardens-gallery>

Slika 17. Llanwenarth palača

URL: <https://growupgreenwalls.com/blogs/growupdates/the-historic-origins-of-vertical-gardens-gallery>

Slika 18. Panel modularni sustav zelenih zidova

URL: <https://letstalkscience.ca/educational-resources/stem-explained/green-walls>

Slika 19. Samostojeći zeleni zid

URL: <https://thegadgetflow.com/portfolio/freestanding-planter/>

Slika 20. Zelena fasada s biljkama penjačicama ukorijenjenih u tlu; lijeva slika prikazuje izravno na zid, a desna s potpornom konstrukcijom

URL: [https://www.researchgate.net/publication/313852100\\_Green\\_Walls\\_an\\_Efficient\\_Solution\\_for\\_Hygrothermal\\_Noise\\_and\\_Air\\_Pollution\\_Control\\_in\\_the\\_Buildings](https://www.researchgate.net/publication/313852100_Green_Walls_an_Efficient_Solution_for_Hygrothermal_Noise_and_Air_Pollution_Control_in_the_Buildings)

Slika 21. Zelena fasada s biljkama u posudi; na slici lijevo prikazana je posuda za sadnju s biljkama postavljenim izravno na zid, a na desnoj s biljkama na potpornoj strukturi

URL: [https://www.researchgate.net/publication/313852100\\_Green\\_Walls\\_an\\_Efficient\\_Solution\\_for\\_Hygrothermal\\_Noise\\_and\\_Air\\_Pollution\\_Control\\_in\\_the\\_Buildings](https://www.researchgate.net/publication/313852100_Green_Walls_an_Efficient_Solution_for_Hygrothermal_Noise_and_Air_Pollution_Control_in_the_Buildings)

Slika 22. Kontinuirani sustav živih zidova

URL: [https://www.researchgate.net/publication/313852100\\_Green\\_Walls\\_an\\_Efficient\\_Solution\\_for\\_Hygrothermal\\_Noise\\_and\\_Air\\_Pollution\\_Control\\_in\\_the\\_Buildings](https://www.researchgate.net/publication/313852100_Green_Walls_an_Efficient_Solution_for_Hygrothermal_Noise_and_Air_Pollution_Control_in_the_Buildings)

Slika 23. Modularni sustav živih zidova

URL: [https://www.researchgate.net/publication/313852100\\_Green\\_Walls\\_an\\_Efficient\\_Solution\\_for\\_Hygrothermal\\_Noise\\_and\\_Air\\_Pollution\\_Control\\_in\\_the\\_Buildings](https://www.researchgate.net/publication/313852100_Green_Walls_an_Efficient_Solution_for_Hygrothermal_Noise_and_Air_Pollution_Control_in_the_Buildings)

Slika 24. Vrste zelenih zidova

URL: <https://efb-greenroof.eu/green-wall-basics/>

Slika 25. Sustav navodnjavanja kapanjem

URL: <https://www.oysoco.com/hydroponics/10-hydroponics/45-drip-system>

Slika 26. Vertikalni vrt sa recirkulacijskim sustavom s posudom

URL: <https://www.plantsonwalls.com/guides/recirculating-irrigation-living-walls/>

Slika 27. Vertikalni vrt Patrica Blanca, Madrid

URL: <file:///C:/Users/antea/Downloads/wwwinexhibitcom-18-aug-2016-vertical-garden-patrick-blanc.pdf>

Slika 28. Oaza Aboukir, pogled prije i nakon instalacije zelenila

URL: <file:///C:/Users/antea/Downloads/wwwinexhibitcom-18-aug-2016-vertical-garden-patrick-blanc.pdf>

Slika 29. One Central Park, zeleni zid Patricka Blanca i Junglefya

URL: <https://architizer.com/blog/product-guides/product-guide/eantka-green-walls/>

Slika 30. Sveučilište Windsor, centar za inženjerske inovacije i Ty Warner Mansion Las Ventanas al Paraiso

URL: <https://architizer.com/blog/product-guides/product-guide/eantka-green-walls/> i <https://www.forbes.com/sites/keithflamer/2017/06/30/12-spectacular-garden-walls-atriums-worth-contemplating/?sh=7102b035e773>

Slika 31. 535 Carlton

URL: <https://www.forbes.com/sites/keithflamer/2017/06/30/12-spectacular-garden-walls-atriums-worth-contemplating/?sh=7102b035e773>

Slika 32. Vertikalna šuma u Milanu

URL: <https://www.jutarnji.hr/domidizajn/d-d-vrt/impresivna-vertikalna-suma-u-milanu-visoka-27-katova-na-kojoj-je-jedan-hektar-sumskih-stabala-15041348>

slika 33. Vertikalna šuma u Milanu

URL: <https://www.stefano-boeriarchitetti.net/en/project/vertical-forest/>

Slika 34. Vertikalna šuma Easyhome u Huanggangu

URL: <https://www.stefano-boeriarchitetti.net/en/project/easyhome-huanggang-vertical-forest-city-complex/>

Slika 35. Trudo Vertical Forest Eindhoven

URL: <https://www.stefano-boeriarchitetti.net/en/project/trudo-vertical-forest/>

Slika 36. Palazzo Verde Antwerp

URL: <https://www.stefano-boeriarchitetti.net/en/project/palazzo-verde-in-antwerp/>

## **POPIS TABLICA**

Tablica 1. Vrste zelenih krovova

URL: [https://www.grad.unizg.hr/download/repository/01\\_Uvod%5B3%5D.pdf](https://www.grad.unizg.hr/download/repository/01_Uvod%5B3%5D.pdf)